



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ
им. П.П. ШИРШОВА
ФГУНПП «СЕВМОРГЕО»
ФГУП ВНИИОкеангеология



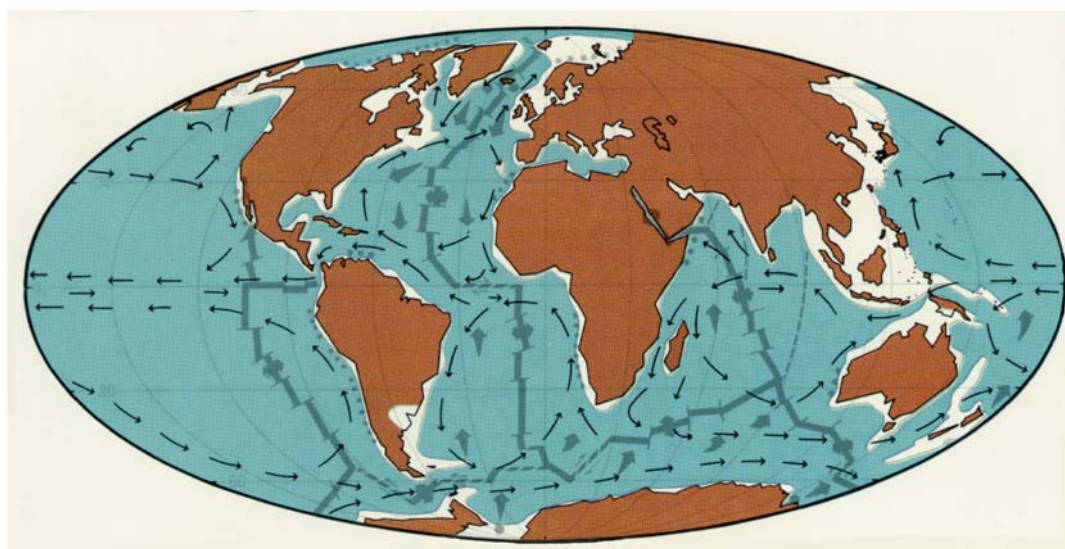
Материалы
XVII
Международной
научной
конференции
(Школы)
по морской
геологии

Москва

2007

ГЕОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

ТОМ II



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА
ФГУНПП «СЕВМОРГЕО»
ФГУП ВНИИОкеангеология

ГЕОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

**Материалы XVII Международной научной конференции
(Школы) по морской геологии**

Москва, 12-16 ноября 2007 г.

Том II

Москва
ГЕОС
2007

ББК 26.221

Г35

УДК 551.35

Геология морей и океанов: Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. II. – М.: 2007. – 324 с.

В настоящем издании представлены доклады морских геологов, геофизиков, геохимиков и других специалистов на XVII Международной научной конференции (Школе) по морской геологии, опубликованные в четырех томах.

В томе II рассмотрены проблемы изучения гидротерм, руд, полезных ископаемых океанов и морей, проблемы геоэкологии, загрязнения Мирового океана, использования новых методов четырехмерного мониторинга.

Материалы опубликованы при финансовой поддержке Отделения наук о Земле РАН, Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант 07-05-06024), ФГУНПП «Севморгео», ФГУП ВНИИОкеангеология, издательства ГЕОС.

Ответственный редактор

Академик А.П. Лисицын

Редакторы к.г.-м.н. В.П. Шевченко, Н.В. Политова

The reports of marine geologists, geophysics, geochemists and other specialists of marine science at XVII International Conference on Marine Geology in Moscow are published in four volumes.

Volume II includes reports devoted to the problems of research of hydrotherms, ores, mineral resources in the seas and oceans, problems of geoecology, World Ocean pollution, using new methods of 4-D monitoring.

Chief Editor

Academician A.P. Lisitzin

Editors Dr. V.P. Shevchenko, N.V. Politova

ISBN 978-5-89118-403-9

ББК 26.221

© ИО РАН 2007

***ГИДРОТЕРМЫ И РУДЫ НА ДНЕ
ОКЕАНОВ И МОРЕЙ***

Д.А. Артемьев

(Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, artemyevd@rambler.ru)

**Условия образования карбонатных жил и офикальцитов
в ультрамафитах колчеданосных полей в зоне Главного
Уральского разлома**

D.A. Artemyev

(Institute of Mineralogy, UB RAS, Miass)

**Forming conditions of carbonate veins and ophicalcites
in ultramafites in massive sulfide ore fields in the Main Urals
Fault zone**

В зоне Главного Уральского разлома (ГУР) на колчеданосных полях, расположенных на ультрамафитах, известны офикальциты и связанные с ними карбонатные жилы. Офикальциты представляют собой серпентинит-карбонатные брекчии с угловатыми обломками серпентинитов, сцементированные карбонатным матриксом. Они известны в офиолитовых разрезах многих складчатых поясов и приурочены к районам гидротермальной активности, где занимают определенное стратиграфическое положение в разрезе офиолитовой серии. Наиболее подробно среди мировых аналогов задокументированы и изучены офикальциты Квебекских Аппалач [1] и Лигурийских Альп [2], где они приурочены к рудным полям никель-медноколчеданных месторождений.

Офикальциты и подстилающие их карбонатные жилы на территории ГУРа установлены на Дергамышском (Байгускаровский и Казанский участки) и Ишкининском рудных полях. На Байгускаровском участке офикальциты представляют собой сдвинутый блок (олистоцит?), залегающий на пластинах пиллоу-базальтов, мощностью до 15 м. На Казанском участке офикальциты вскрыты разведочной скважиной на глубине 130 м, где представлены в виде небольших блоков размером первые метры среди тектонических пластин серпентинитов и базальтов. На Ишкининском рудном поле имеется несколько задокументированных тел офикальцитов, представляющих собой олистоциты, достигающие в поперечнике 5 м и залегающие в олистостроме, расположенной на серпентинитах с блоками карбонатных жил мощностью до 2–3 м.

Офикальциты ГУРа сложены обломками апогарцбургитовых и аподунитовых серпентинитов, тальк-карбонатных метасоматитов, карбоната и офикальцитов более раннего генезиса. Размер обломков от долей миллиметра до 5–6 см. Из аксессуарных минералов присутствуют гранат, ильменит, хромшпинелиды, магнетит, реже сульфиды. К обломкам тальк-карбонатных метасоматитов в офикальцитах приурочен гранат, также отмечено его отсутствие в рудовмещающих тальк-карбонатных метасоматитах. Он представлен округлыми изометричными зернами и ромбододекаэдрическими

кристаллами и сростками с размером зерен от 0,03 мм до 0,3 мм. Рентгено-структурный анализ выявил спессартин, гидрогроссуляр и шорломит. Цементирующая масса состоит из кальцита, окрашенного тонкодисперсным гематитом в красно-бурые цвета, с подчиненным количеством арагонита, сидерита, магнезита и кварца.

Впервые на важную роль и значение офикальцитов при интерпретации тектонических и геодинамических условий обратил внимание А.Л. Книппер, который предложил несколько гипотез, объясняющих генезис офикальцитов [3]. Вопрос остается дискуссионным до сих пор, так как исследователи придерживаются разных точек зрения на их происхождение – карбонатитовой, осадочно-седиментационной, механической, гидротермальной и др.

Исследования хромшпинелидов из офикальцитов ГУРа показали, что их состав схож с составом хромшпинелидов из серпентинитов рудных зон и характеризуется повышенными концентрациями Al_2O_3 . На диаграмме соотношения алюминий–титан, хромшпинелиды из офикальцитов попадают в поле надсубдукционных перидотитов островодужных окраин, что характеризует геодинамическую позицию формирования.

Для понимания генезиса офикальцитов и карбонатных жил из рудовмещающих тальк-карбонатных метасоматитов проведены изотопные исследования углерода и кислорода, которые показали родство гнезд кальцита из массивных руд, жил в тальк-карбонатных метасоматитах и матрикса офикальцитов. Значения характеризуются соотношениями изотопов $\delta^{13}C/^{12}C$ в интервале от -6 до -14 ‰ (PDB) и значениями соотношений изотопов $\delta^{18}O/^{16}O$ в интервале от $+8$ до $+14$ ‰ (SMOW), что соответствует значениям карбонатов, имеющих гидротермальный генезис. Атомно-абсорбционный анализ карбоната офикальцитов показал превышенные в пять раз содержания кларка кобальта по отношению к среднему кларку карбонатов осадочного генезиса.

Термобарогеохимические исследования карбонатных жил в серпентинитах и тальк-карбонатных метасоматитах Ишкининского месторождения показали, что формирование первых происходило в высококонцентрированных (18,3–19,8 мас. %) растворах состава $NaCl-H_2O$, обогащенных углекислотой при температуре $140-170^{\circ}C$ и давлении 300–350 бар. Вторые были образованы также в солевой системе $NaCl-H_2O$, но при меньшей солёности растворов (1,2–4,5 мас. %) и в более низкотемпературном интервале $120-160^{\circ}C$ [4]. Термобарогеохимические исследования офикальцитов Квебекских Аппалач показали солёность растворов, превышающую среднюю солёность морской воды (3,5–10 мас. %) и температуры гомогенизации $94-150^{\circ}C$, что говорит об их происхождении из концентрированных растворов, источником которых являлась морская вода [1].

Образование офикальцитов на ультрамафитах ГУРа происходило на поздних стадиях гидротермального рудоотложения в устьях гидротермальных источников, выходявших на морское дно, с последующей их дезинте-

грацией. Трещины, в настоящее время представленные карбонатными жилами, являлись подводными каналами. Источником карбоната служили гидротермальные растворы, основным компонентом которых была морская вода. Схожие процессы наблюдаются на склонах современных глубоководных желобов и в срединно-океанических хребтах. В фронтальной части Марианской островной дуги выявлены серпентинитовые грязевые вулканы, в которых присутствуют низкотемпературные гидротермальные постройки, представленные «трубами» из арагонита, кальцита и аморфного кремнезема [5]. В Срединно-Атлантическом хребте на гидротермальном поле Лост-Сити известны гидротермальные постройки карбонатного состава на гипербазитах [6].

Автор благодарен В.В. Зайкову и А.М. Юминову за ценные советы и консультации в ходе работы.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Правительства Челябинской области.

1. *Chi G., Lavoie D.* A combined fluid-inclusion and stable isotope study of Ordovician ophicalcite units from Southern Quebec Appalachians, Quebec // Geological Survey of Canada, 2000. 9 p.

2. *Treves B.E., Harper G.D.* Exposure of serpentinites on ocean floor: sequence of faulting and hydrofracturing in the Northern Apennine ophicalcites // *Ofioliti*, 1994. Vol 19b.

3. *Книппер А.Л.* Офикальциты и некоторые другие типы брекчий, сопровождающие доороженное становление офиолитового комплекса // *Геотектоника*. 1978. № 2. С. 50–66.

4. *Юминов А.М., Симонов В.А.* Термобарогеохимические исследования флюидных включений в кальците карбонатных жил Ишкининского кобальт-медноколчеданного месторождения (Южный Урал) // *Металлогения древних и современных океанов-2003*. Миасс: Институт минералогии УрО РАН, 2003. С. 128–132.

5. *Фрайер П.* Грязевые вулканы в районе Марианских островов // *В мире науки*, 1992. № 4. С. 14–21.

6. *Леин А.Ю., Богданов Ю.А., Сагалевич А.М., Ульянова Н.В.* Лост Сити (30° с. ш. САХ) – новый тип гидротермального поля // *Геология морей и океанов: тез. докл. XV Междунар. школы морской геологии*. М.: ИО РАН, 2003. Т. II. С. 30–31.

Ophicalcite blocks and carbonate veins are known on the Dergamysh and Ishkinino ore field areas of the Main Urals Fault zone. According to new data these ophicalcites formed on the seafloor in hydrothermal source mouths on ultramafites. Carbonate vein blocks in serpentinites are feeder channel relics. Stable isotopic and fluid-inclusion studies have shown they formed due to low temperature hydrothermal fluids close to seawater.

**В.Е. Бельтнев¹, В.Н. Иванов¹, И.И. Рождественская¹,
В.В. Шилов¹, Т.В. Степанова², Г.А. Черкашёв², А.Н. Перцев³,
В.В. Игнатов¹**

(¹Полярная морская геолого-разведочная экспедиция, Санкт-Петербург, e-mail: ocean-party@peterlink.ru, ²ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, e-mail: cherkashov@vniio.ru, ³Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, e-mail: anpertsev@rambler.ru)

**Новые гидротермальные рудопрооявления в районе
13°31' с.ш., Срединно-Атлантический хребет**

**V.Ye. Bel'tenev¹, V.N. Ivanov¹, I.I. Rozhdestvenskaya¹,
V.V. Shilov¹, T.V. Stepanova², G.A. Cherkashov², A.N. Pertsev³,
V.V. Ignatov¹**

(¹Polar Marine Geosurvey Expedition, St. Petersburg, ²ВНИИОкеангеология, St. Petersburg, ³IGEM RAS, Moscow)

A new hydrothermal sites at 13°31' N on the Mid-Atlantic Ridge

В период с ноября 2006 г. по июнь 2007 г. в 30 рейсе НИС «Профессор Логачев» Полярной морской геологоразведочной экспедицией (ПМГРЭ) совместно с ВНИИОкеанологией на отрезке САХ от 13° до 14° с.ш., в пределах рифтовой долины проводились комплексные геолого-геофизические исследования с целью выявления признаков современной и древней гидротермальной деятельности и выделения районов, перспективных на обнаружение глубоководных полиметаллических сульфидов.

В результате проведенных комплексных исследований, как наиболее перспективный на обнаружение глубоководных сульфидов в западном борту рифтовой долины был выделен район подводной горы на 13°31' с.ш. Здесь в осадках у западного подножья горы были установлены аномальные концентрации минералов-индикаторов гидротермального привноса – барита и оксигидроксидов железа. При дальнейшем изучении данного района сульфидные руды были обнаружены на четырех участках и получили предварительные названия – гидротермальное рудопрооявления «Западное», «Северо-Западное», «Северо-Восточное» и «Восточное». На настоящий момент за центр гидротермального рудопрооявления «Западного» принимаются координаты – 13°30.87' с.ш., 44°59.24' з.д.; рудопрооявления «Северо-Западного» – 13°31.13' с.ш., 44°59.03' з.д.; рудопрооявления «Северо-Восточного» – 13°30.70' с.ш., 44°55.00' з.д.; «Восточного» – 13°30.24' с.ш., 44°54.07' з.д. Гидрофизическими исследованиями современной гидротермальной активности в районе установлено не было.

Структура, с которой связаны открытые гидротермальные рудопрооявления, представляет собой подводную гору, возвышающуюся над поверхностью террасы на 850 м и вытянутую в широтном направлении примерно на 10 км, при ширине около 4,5 км. Подводная гора имеет сложное геологиче-

ское строение, здесь присутствуют серпентинизированные перидотиты, габброиды, базальты, metabазальты и плагиограниты. Часто породы различных комплексов встречаются в одной и той же станции опробования, что свидетельствует о активных тектонических процесса. Гидротермальное рудопроявление «Западное» пространственно связано с серпентинизированными перидотитами, рудопроявления «Северо-Западное», «Северо-Восточное» и «Восточное» с базальтами.

Гидротермальное рудопроявление «Западное» расположено в подножье горы в интервале глубин 2570–2620 м, по данным теленаблюдений представляет собой единый холм или серию рудных холмов и продуктов их разрушения. Максимальная наблюдаемая протяженность рудных образований составляет около 175х200 м. Южная граница рудопроявления не оконтурена. Сульфидный материал, поднятый на четырех станциях, представлен пиритом и марказитом, замещающими первичные пирротиновые руды. Сульфидные руды характеризуются высокими содержаниями барита (до 20%), как рассеянного, так и образующего прожилки.

Гидротермальное рудопроявление «Северо-Западное», (строение рудопроявления не установлено) опробовано одной драгой на склоне горы в интервале глубин 2480–2750 м. Подняты массивные сфалерит-халькопиритовые руды с большим количеством опала (35-40%), как пропитывающего руду, так и выделяющегося в каналовидных зонах. Примерно половина материала представлена мелкими, преимущественно халькопиритовыми обломками в рыхлом опаловом цементе.

Гидротермальное рудопроявление «Северо-Восточное», (строение рудопроявления не установлено) опробовано на склоне горы одной драгой в интервале глубин 2400–2600 м. Поднято большое количество сульфидных брекчий в опаловом цементе. Рудокласты, размером до 15 см имеют различные текстурно-структурные особенности; сложены пиритом и марказитом. Количество плотного, темного опалового цемента варьирует от 5 до 40%. Брекчия разбита сетью баритовых прожилков.

На гидротермальном рудопроявлении «Восточном» по данным теленаблюдений сульфидные руды наблюдались в интервале глубин 2580–2950 м, как на склоне, так и в подножье горы. Представляют собой протяженные рудные тела и продукты их разрушений, условно подразделяемые на северную и южную группы, разделенные между собой выходами коренных пород. Северная группа состоит из трех рудных тел (?) размерами 210х100 м, 525х200 м, 100х200 м. Южная группа представлена четырьмя телами (?), размером 200х100 м, 700х75 м, 150х150 м и 50 м. На двух телепрофилях сульфидные постройки непрерывно наблюдались на протяжении более 1500 м! Границы рудопроявления окончательно не оконтурены. Сульфидные руды, поднятые на двух станциях, представлены двумя морфологическими типами: прожилково-вкрапленными в измененных базальтах и массивными рудами. И в том и в другом случае практически единственным сульфидным

минералом является пирит. Руды пористые, древние, сильно окисленные. Барит в рудах поля присутствует, но его количество редко превышает 5%.

Таким образом, впервые в Атлантическом океане обнаружена подобная рудоконтролирующая и рудовмещающая структура – подводная гора, имеющая сложное геологическое строение. Открытые рудопроявления пространственно связаны, как с глубинными породами – серпентинизированными перидотитами, так и с базальтами. Полученные данные свидетельствуют, что сульфидное оруденение открытых гидротермальных рудопроявлений преимущественно представлено пирит-марказитовыми рудами. Так, рудопроявление «Западное», приуроченное к перидотитам, имеет выраженный колчеданный состав руд, в отличие от известных гидротермальных полей с медной специализацией руд, таких как «Логачев», «Рейнбоу» и «Ашадзе-1», также связанных с глубинными породами. Тогда как, рудопроявление «Северо-западное», расположенное в поле развития базальтов, представлено цинково-медно-колчеданными рудами. Несомненно, требуется дальнейшее изучение геологического строения данного района и открытых гидротермальных рудопроявлений.

Рейс НИС «Профессор Логачёв» был организован ПМГРЭ, и финансировался Федеральным агентством по недропользованию Министерства природных ресурсов РФ.

Four inactive hydrothermal sites with massive sulfides on the Mid-Atlantic Ridge (MAR) were discovered in 2007 during the 30th cruise of R/V Professor Logatchev (PMGE&VNIOkeangeologia, Russia). New hydrothermal sites are located around the seamount at 13°30.87' N, 44°59.24' W; 13°31.13' N, 44°59.03' W; 13°30.70' N, 44°55.00' W; 13°30.24' N, 44°54.07' W.

Л.А. Головина¹, М.Е. Былинская¹, Ю.В. Вернигорова²

(¹Геологический институт РАН, Москва, e-mail: golovina@ginras.ru,

²Институт геологических наук НАН Украины, Киев, e-mail: vernigoroff@yandex.ru)

Опыт датирования проявлений гидротермальной активности в зоне рифтогенеза Центральной Атлантики

L.A. Golovina¹, M.E. Bylinskaya¹, Yu.V. Vernigorova²

(¹Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, ²Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev)

Dating of Hydrothermal Activity Events in the Central Atlantic Riftogenic Zone

Геологическим институтом РАН в течение ряда лет проводились комплексные литолого-биостратиграфические исследования в зоне рифтогенеза экваториальной Атлантики, частью которых являлось микропалеонтологическое изучение осадочного покрова. Одним из объектов изучения стала глубоководная впадина Маркова, открытая в 2000 году во время 22-го рейса НИС «Академик Николай Страхов» [1].

Впадина Маркова расположена в осевой депрессии (рифтовой долине) Срединно-Атлантического хребта и вытянута в меридиональном направлении примерно на 20 км, ее ширина колеблется от 8 до 11 км. Координаты центра впадины 5°54.14' с.ш. и 33°08.24' з.д. Максимальная глубина – 4975 м. Впадина принадлежит к глубоководной рифтогенной структуре. Превышение бортов над основанием составляет более 2500 м. В пределах дна отмечены лавовые потоки подводных извержений и присутствуют следы гидротермальной активности [1, 2].

Детальное изучение планктонных и бентосных фораминифер и наннопланктона было призвано определить возраст вскрытой толщи отложений, провести реконструкцию условий формирования осадков и датировать этапы местного осадкообразования, в том числе зафиксированные литологами проявления гидротермальной активности. Материалом для исследований послужили четыре колонки, полученные глубоководными гравитационными трубками в 17-м рейсе НИС «Академик Вавилов». Разрезы колонок составляют профиль впадины Маркова от ее дна вверх по склону и вскрывают 4–5 м осадков.

Единственным инструментом определения возраста чехла глубоководных отложений является зональная стратиграфия, а также, там, где это возможно, корреляция ее подразделений с датированными изотопно-кислородными стадиями.

Для детальной биостратиграфии молодых осадков по известковому наннопланктону используется субглобальная шкала С. Гартнера [3]. По результатам изучения наннопланктона впадины Маркова установлены следующие зоны шкалы Гартнера и биогоризонты: зона *Gephyrocapsa oceanica*, зона

Emiliana huxleyi, биогоризонт (LO) *Helicosphaera inversa* и акме-зона *Emiliana huxleyi*. Нашим целям определения возраста послужило установление в разрезах появления (FO) *Emiliana huxleyi*, которое считается субглобальным синхронным событием возрастом 0,26 млн лет (изотопно-кислородная стадия 8) [4]. Дополнительным возрастным репером в изученных осадках является исчезновение (LO) *Helicosphaera inversa*, которое фиксируется в средней части зоны *Emiliana huxleyi* и оценивается около 150 тыс. лет назад [5].

Образцы изученных колонок содержат богатый тропический комплекс фораминифер, как правило, не затронутых растворением и переотложением. С точки зрения зональной стратиграфии в изученных осадках выделяются три подзоны субглобальной зональной шкалы [6]. Большая часть вскрытых отложений коррелируется с верхней половиной подзоны *Globigerina calida calida*, основание которой датируется 1 млн. лет назад [7]. В составе единого экваториально-тропического комплекса планктонных фораминифер заметны циклические изменения соотношения очень тепловодных тропических и более холодноводных субтропических и бореальных видов. На основании количественного подсчета видов планктонных фораминифер для одной из колонок построена палеотемпературная кривая, отражающая колебания поверхностной среднегодовой температуры воды. Она показывает, что в районе исследований в течение последних 400 тыс. лет температуры поверхностных вод колебались от 24° до 27°C. Используя точные возрастные маркеры по наннопланктону, мы скоррелировали палеотемпературные пики с изотопно-кислородной кривой. Как оказалось, вскрытые отложения соответствуют 10 верхним изотопно-кислородным стадиям, и возраст осадков составляет около 400 тыс. лет.

В изученных осадках впадины Маркова было определено более 50 видов бентосных фораминифер. Для всех колонок характерна неравномерность распределения бентоса. Установлено чередование интервалов со скудными комплексами и интервалов с максимумами видового и количественного разнообразия фораминифер. Увеличение числа видов почти всегда совпадает с увеличением количества их раковин. В образцах с максимальным видовым разнообразием бентосных фораминифер содержатся раковины всех возрастных генераций: от ювенильных до взрослых, что говорит о нормальном развитии комплекса при благоприятных условиях. Мелкие размеры раковин наблюдаются при минимальном видовом разнообразии. Неравномерность вертикального распределения видового разнообразия фораминифер свидетельствует о периодической смене окружающей обстановки.

При сопоставлении палеотемпературной кривой с интервалами пиковой численности и разнообразия бентосных фораминифер прямой корреляции не выявлено. Учитывая особенности района исследований, а именно изолированность, большие глубины, удаленность от источников сноса, относительно стабильные гидрологические параметры, отсутствие корреляции с изменением палеотемператур поверхностных вод, можно предположить,

что вспышки видового разнообразия бентоса обусловлены местными факторами – в данном случае периодически проявлявшейся гидротермальной активностью. Вынос гидротермами большого количества питательных веществ способствовал качественному и количественному расцвету бентоса. Периоды усиления гидротермальных проявлений скоррелированы по возрастным реперам в двух колонках с наименьшими скоростями осадконакопления. В течение последних 400 тыс. лет выделено четыре таких эпизода, датированных примерно 5–10, 70–120, 150–230 и 300–360 тыс. лет назад.

1. Пуцаровский Ю.М., Сколотнев С.Г., Пейве А.А. и др. Геология и металлогения Срединно-Атлантического хребта: 5–7° с.ш. М.: ГЕОС, 2004. 152 с.

2. Лелягина Е.А., Петрова В.В. Состав и строение осадочного чехла глубоководной впадины Маркова (приэкваториальная часть Срединно-Атлантического хребта) // Литология и полезн. ископаемые. В печати.

3. Gartner S. Calcareous nannofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene // Marine Micropaleontol. 1977. V. 2. P. 1–25.

4. Berggren W.A., Hilgen F.J., Langereis C.G., Kent D.V., Obradovich E.D., Raffi I., Raymo M.E., Shackleton N.J. Late Neogene chronology: New perspectives in high-resolution stratigraphy // Bull. Geol. Soc. America. 1995. V. 107. № 11. P. 1272–1287.

5. Takayama T., Sato T. Coccolith biostratigraphy of the North Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94 // Init. Repts. DSDP, Wash. 1987. V. 94. P. 651–702.

6. Bolli H.M., Saunders J.B. Oligocene to Holocene lowlatitude planktic foraminifera // Plankton Stratigraphy. Cambr. Univ. Press, 1985. P. 155–262.

7. Былинская М.Е., Головина Л.А., Крашенинников В.А. Зональная стратиграфия плиоцен-четвертичных отложений северной половины Атлантического океана по известковому планктону. М.: Научный мир, 2002. 176 с.

Several 5-m long piston cores recovered Pleistocene–Holocene sediments in the rift valley of the Mid-Atlantic Ridge. Studies of planktonic and benthic foraminifers and nannofossils provided the age estimation of the sediments that bear traces of hydrothermal activity. The hydrothermal events were recorded in the intervals of 5–10, 70–120, 150–230 and 300–360 ka.

Д.В. Гричук

(Московский Государственный Университет)

Геохимические особенности гидротермальных систем в островных дугах: прогноз по данным термодинамического моделирования

D.V. Grichuk

(Moscow State University)

Geochemical features of arc hydrothermal systems: evaluation on the basis of thermodynamic simulations

Поиски гидротермальных систем (ГС) в островных дугах активно проводятся в последнее десятилетие. Они привели к открытию ряда таких объектов, в том числе представляющих экономический интерес. При общей геохимической близости этих объектов к более изученным ГС срединно-океанических хребтов (СОХ), в них явно имеются и определенные отличия. Интерпретация природы этих отличий по наблюдательному материалу трудна и не всегда однозначна. Дополнительные данные для такой интерпретации может дать термодинамическое моделирование процессов в ГС островных дуг.

Исходя из общих геологических соображений, можно ожидать, что отличия процессов рудообразования в островных дугах от СОХ связаны в первую очередь с: (1) иным составом субстрата коры (породы основного – кислого состава вместо базальтов и серпентинитов); (2) значительным участием магматических газов в питании гидротермальных систем и рудоотложении; (3) меньшей глубиной как магматического источника, так и уровня рудоотложения; (4) большим временем жизни теплового источника. Для оценки влияния этих факторов выполнено термодинамическое моделирование рудообразующих процессов в подводной ГС для условий островной дуги. Расчеты проводились для системы H-O-K-Na-Ca-Mg-Fe-Al-Si-C-S-Cl-Cu-Zn-Pb-As-Sb-Ag-Au в интервалах температур 25–370°C и давлений 10–500 бар с помощью программного пакета HCh по ранее разработанной методике [1].

Результаты моделирования показали, что формирование гидротермальных растворов при конвекции морской воды в нагретых породах в целом сходно с процессами в СОХ. По островодужным породам образуются практически те же ассоциации породообразующих минералов, и, соответственно, составы растворов по макрокомпонентам различаются незначительно при одинаковых T, P и отношениях порода/вода (П/В). Вместе с тем, буферная емкость к воздействию морской воды у пород среднего и кислого состава существенно меньше, чем у MORB, что приводит к более быстрой эволюции островодужных ГС от «породо-доминированного» режима к «флюидо-доминированному». Соответственно, рудные элементы (S, Cu, Zn, Pb) из таких субстратов извлекаются быстрее. В соответствии с величинами клар-

ков, островодужные гидротермальные руды должны быть относительно обогащены Pb. Расчеты показывают, что в нисходящей ветви ГС возможна практически полная мобилизация из перерабатываемых пород Zn, Pb, As, Sb, Ag и Au.

Участие магматических газов в питании ГС проявляется в обогащении их, в первую очередь, S и As, и на некоторых системах (Sunrise, Suiyo Smt., Lihir Isl.) отчетливо фиксируется по повышению отношения Cd/Zn в рудах. Вместе с тем, по данным моделирования, роль магматических газов оказывается неоднозначной. При неглубоко залегающей магматической камере отделяющиеся газы содержат значительные количества SO_2 . Его диспропорционирование при охлаждении приводит к формированию кислых растворов, из которых сульфиды цветных металлов не отлагаются. Это вызывает изменение геохимического облика осадков. По расчетам, формирующаяся в таких условиях ассоциация минералов включает существенную долю самородной серы. Примеры таких ГС установлены в последние годы в островных дугах Кермадек и Марианской. По данным моделирования, присутствие значительных количеств самородной серы может быть отрицательным поисковым признаком на сульфидное оруденение.

Вопрос о влиянии глубины моря при колчеданном рудообразовании является предметом длительной дискуссии в геологической литературе. Выполненное моделирование адиабатического охлаждения кипящих флюидов показало, что при этом температурные ограничения на перенос металлов оказываются менее жесткими, чем предполагалось ранее, вследствие межфазового перераспределения H_2S . Более мелководные условия неблагоприятны для концентрированного отложения Cu, однако при этом увеличивается роль Zn, As, Sb, Ag, Au.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 05-05-64223 и ФЦП «Мировой океан».

1. *Гричук Д.В.* Термодинамические модели субмаринных гидротермальных систем. М.: Научный мир, 2000.

Thermodynamic model of arc seafloor hydrothermal system has developed by means of HCh software package. The formation of hydrothermal solutions in the system is similar to that of MOR systems, and the leaching of ore elements from arc host rocks is faster. Magmatic fluids supply some ore components to the hydrothermal system, but heavy metal deposition could be depressed due to high acidity of the fluids. The more shallow conditions of ore deposition are favorable for Zn, As, Sb, Ag and Au enrichment, not for Cu.

В.В. Губенков

(ГНЦ ФГУП «Южморгеология», Геленджик, e-mail: ocean@ymg.ru)

**О гидротермальном источнике рудного материала
конкреций зоны Кларион-Клиппертон**

V.V. Gubenkov

(SSC FSUGE “Yuzhmorgeologiya”, Gelendzhik)

**Of the premises hydrothermal source of the ore material
nodules Clarion-Clipperton zone**

Еще несколько лет назад трудно было поверить в то, что источником рудного материала для оксидных железо-марганцевых конкреций в зоне Кларион-Клиппертон могут быть постгидротермальные флюиды. Но факты не оспоримы и меняется лишь их интерпретация, чтобы предложить к обсуждению новую гипотезу.

В 1985 и 1987 годах нашими геологами были подняты два небольших образца, свидетельствующие о наличии гидротермальной деятельности в этом районе. Один представлен серым сливным кварцитом с богатой (до 40% объема) вкрапленностью халькопирита, другой – жильным кварцем молочного цвета толщиной до 1,5 см с тонкими прожилками сульфидов в центральной части. Сульфидная фракция мономинеральна: если в первом случае это халькопирит, то в другом – пирит. Мономинеральность подтверждена анализами, а по химическому составу в первом образце содержится (%): 15,52 – железа; 17,84 – меди; 17,75 – серы, а также 0,085 – никеля; 0,31 – свинца; 0,072 – цинка; 0,0006 – кадмия; 0,014 – кобальта; 0,55 – марганца и 0,067 – серебра. Эти содержания серебра хорошо соотносятся с сульфидными рудами гидротермальных полей северной части рифтовой долины Срединно-Атлантического хребта. Исследования конкреций вначале 80-х годов в Сыктывкарском университете, позволили выделить в них включения некоторых сульфидов и самородного золота. Аналогичные находки подтверждались и другими учеными.

К гидротермальным проявлениям можно отнести кремнеподобные темно-серые, почти черные сливные с извилистой выпуклой формой стекловатые лавы на поверхности осадков и включения в ЖМК в западной части Клариона-Клиппертон. Процесс расстекания отразился не только на внешней форме, но и во внутренней структуре породы. В лавах четверть объема занимают каверноподобные и трубчатые туннельные пустоты с сечением от первых миллиметров до двух сантиметров. На глубоководных снимках, зафиксировавших выходы этих образований, видна их схожесть с лавовыми телами базальтов. Сопоставляя все данные, можно предположить о близости гидротермального выхода, т.е. перенос сквозь 60–100 м толщу осуществляется гидротермальными растворами. Еще один образец кремнеподобного кварца был поднят уже в 2003 году. Других прямых наблюдений и явных

признаков, за почти двадцатипятилетний период работ «Южморгеологии», не отмечалось хотя иногда при телефотопроилеировании встречаются выступы, сопоставимые с жильными образованиями. В работе П. Роны приводится пример наблюдения тепловой аномалии в придонной части водной толщи, где на участке дна развиты корки оксидов железа и марганца, содержащие кремнистый материал, но это было в самой разломной зоне Кларион.

Какие ж признаки гидротермальности отражаются в железомарганцевых образованиях? Нередко среди полей крупных конкреций типа С резко появляются неширокие зоны (до 100 м) мелких конкреций с зернистой поверхностью. Химический анализ по основным пяти элементам этой новой генерации фракции показал повышенное содержание в них меди (от 1,35 до 1,44 %), тогда как валовое содержание этого металла в крупной фракции около 1,15 %. В западных и центральных рудной провинции эти конкреции либо безъядерные, либо ядрами служат филлипситовые образования с коричнево-желтыми оттенками. Тогда как на востоке филлипситовые ядра с разнообразными зеленоватыми оттенками. В большинстве случаев эти полосы прослеживаются вдоль нижних частей склонов гряд и валов, меньше на их вершинах и на остальных частях склонов. Редко, но отмечаются места, где крупные конкреции типа С обрастают рудным веществом, формируя сплошные корковые мостовые. Часто поднимаемые корки также с филлипситовым субстратом встречаются на аллофановых образованиях, обогащенные железом и обеднены марганцем, никелем, медью и кобальтом. Обычно мелкие конкреции типа А с повышенным содержанием кобальта (0,3–0,35 %) отмечаются на склонах вулканических построек, но в наших работах уже проанализированы пробы, где содержание этого металла достигают 0,4 % в абиссальной части на глубинах более 5 км. Причем вулканы вблизи не обнаружены, а пробы на станциях через 2 км с обычными средними содержаниями чуть более 0,2% кобальта. При фототелесъемке на поверхности осадка иногда отмечаются очень крупные конкреции (20–30 см), с повышенным скоплением очень мелких конкреций вокруг. Вероятно, что эти образования расположены на месте выхода или прорыва на поверхность малодебитного флюида. Встречаются образования похожие на конус даже с каким-то бентосом, как у «курильщиков» рифтовых долин и рогообразная конкреция с утолщениями и пережимами. На основе морфометрического анализа проб конкреций генотипа С, когда отсутствуют промежуточные фракции, можно предположить о пульсационном характере их образования.

Сопоставление с геоакустическими разрезами, выполненные по этим профилям показала наличие в осадочной толще осветленных полос и куполовидных форм. Эти осветленные полосы отслеживаются в карбонатных толщах комплексов В, С и Д, но большинство расположены в верхних частях разреза. Очень редки случаи выявления на профилограммах темных (акустически жестких) полос по тектоническим нарушениям, возможно, что так отражаются гидротермальные жильные тела.

Можно с большей долей уверенности говорить, что процессы гальмиролиза проходят, но не сверху вниз, как ранее предполагалось, а снизу вверх и не по всей площади, а локально по тектоническим нарушениям или зонам трещиноватости фундамента. Но сам процесс развит по всей зоне Клариян-Клиппертон. Взаимосвязаны с постгидротермальной деятельностью и процессы подводного выщелачивания известняков. Поверхностные его проявления – это округлые или вытянутые ложбины длиной сотни метров, но отмечаются и более протяженные – первые километры со ступенчато-вертикальными стенками. Глубина провалов – от 1 до 20 м. Можно предположить, что осветленные куполовидные формы и полосы, отмечаемые на акустических разрезах, есть отражение глубинного эндокарста, трассирующие путь гидротермальных флюидов.

По состоянию базальтовых тел на поверхности, по их морфологии на разрезах можно утверждать, что они связаны с относительно молодой тектоно-вулканической активностью плейстоценового возраста, что подтверждается рядом исследований как российских, так и зарубежных ученых и постгидротермальные процессы продолжают поставлять рудный материал для формирования полей конкреций.

Сопоставление химизма сульфидных построек срединных хребтов, стадийности и пульсационности их формирования с оксидными конкрециями рудной провинции Клариян – Клиппертон выявляет ряд аналогий, что позволяет сделать вывод о гидротермальном генезисе последних, а также и кобальтосодержащих корок гайотов.

Possible with greater share of confidence to speak that processes halmyrolysis pass, but not from top to bottom, as was it earlier expected, but from below upwards and not on the whole area, but local. But process itself will develop on the whole zone Clarion-Clipperton. Interconnected with post-hydrothermal by activity and processes undersea hydrothermal leaching limestone. Certainly, hydrothermal, post-volcanic solutions are significant delivering metal for nodules and certainly it is necessary to conduct the additional special studies.

О.М. Дара, А.Ю. Леин, Т.Г. Кузьмина

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: olgadara@mail.ru)

Минеральные ассоциации глубоководных гидротермальных полей Северной Атлантики

O.M. Dara, A.Y. Lein, T.G. Kuz'mina

(P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

Mineral associations of the North Atlantic's deep-water hydrothermal fields

В 2005 г. в 50-м рейсе НИС “Академик Мстислав Келдыш” при исследовании южного склона массива Атлантис (Срединно-Атлантический хребет, 30°07' с.ш.) на ГОА “Мир” на дне были обнаружены светлые или покрытые черной железо-марганцевой коркой выступы карбонатных пород высотой до 1,5 м. Этот участок дна получил название Лост Виллаж (Lost Willage). Это неактивное гидротермальное поле расположено в непосредственной близости от активного гидротермального поля Лост Сити, сформированного брусит-карбонатными постройками.

Для получения наиболее полных данных о минеральных ассоциациях рентгендифрактометрическим (ДРОН-2.0) и рентгеноспектральным флуоресцентным (VRA-30) методами были детально изучены образцы активного гидротермального поля Лост Сити с брусит-карбонатной минерализацией, а также карбонатные агрегаты неактивного гидротермального поля Лост Виллаж.

Для анализа вещественного состава минеральных агрегатов неактивного гидротермального поля Лост Виллаж от крупных образцов были взяты точечные пробы из участков, визуально отличающихся друг от друга.

Основными минеральными фазами изученных образцов являются арагонит, кальцит и кальцит с изменяющимся катионным составом. Соотношения этих минералов по данным рентгеновского анализа изменяются в достаточно широких пределах. Кроме того, обнаружены кварц (первые проценты), следы глинистых минералов, рентгеноаморфное вещество.

Дифрактометрические данные свидетельствуют о том, что в точечных пробах, взятых с поверхности образцов одновременно присутствуют как практически чистый минерал CaCO_3 так и изоморфные смеси CaCO_3 – MgCO_3 – FeCO_3 – MnCO_3 (рис.).

Изоморфное замещение катионов Ca^{2+} в структуре кальцита на катионы Mn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} сопровождается линейным изменением параметров элементарной ячейки, что позволяет идентифицировать изоморфнозамещенные разновидности кальцита и определить по положению дифракционных максимумов состав.

Наблюдаемый сдвиг межплоскостных расстояний в исследуемых образцах (рис.) может быть обусловлен замещением кальцита любым из перечис-

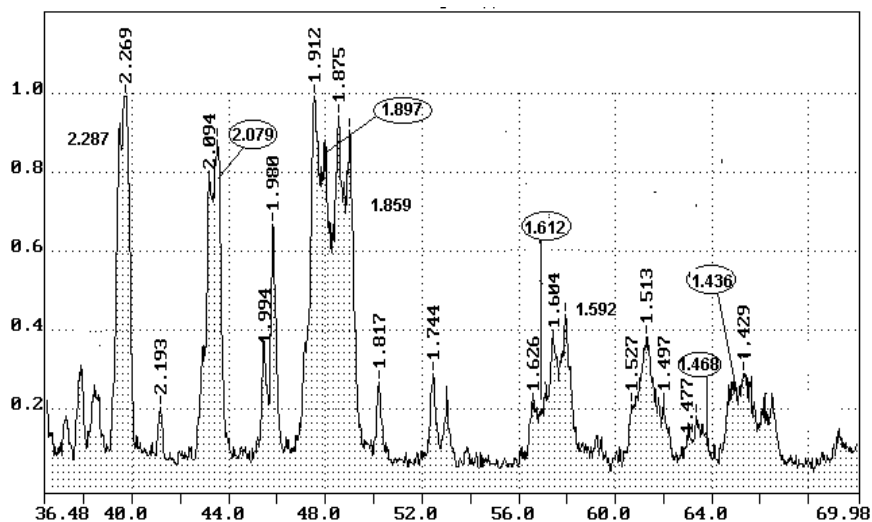


Рис. Фрагмент дифрактограммы изоморфнозамещенных кальцитов (обр. № 23)

ленных катионов. Это позволяет определять суммарное содержание примесей в области малых содержаний по положению дифракционных максимумов. Значения $d_{104} = 3.040 \text{ \AA}$ и $d_{300} = 1.440 \text{ \AA}$ в образце № 26, $d_{104} = 3.030 \text{ \AA}$, $d_{300} = 1.436 \text{ \AA}$ и $d_{104} = 3.014 \text{ \AA}$, $d_{300} = 1.429 \text{ \AA}$ в образце № 23 дают возможность определить содержание примесей – <1 %, 2%, 8 %. Для уточнения этих данных рентгеноспектральным флуоресцентным методом был определен их химический состав. Все образцы являются высококарбонатными с незначительными примесями остальных элементов. Содержание MgO на порядок превосходит содержание Fe_2O_3 и на 2 порядка содержание MnO . Это дает основание предполагать, что Ca в кальците поля мертвых раковин в большей степени замещен Mg и содержание MgCO_3 (в обр. №23) достигает 5,3% ($\text{Ca}_{0,942}, \text{Mg}_{0,053}, \text{Mn}_{0,001}, \text{Fe}_{0,003}\text{CO}_3$).

В рентгеноаморфном образце “черная корка” содержание Fe_2O_3 и MnO на порядок выше, чем в пробах №23 и №26.

На рисунке представлен фрагмент дифрактограммы образца, типичного для поля мертвых раковин, в котором, расщепление всех основных дифракционных рефлексов указывает на одновременное присутствие в пробе кальцитов с различным катионным составом.

По данным рентгенографического анализа серии образцов содержание магнезитовой составляющей в кальците колеблется от 0 до 8%.

Таким образом, комплексное изучение массива неактивного гидротермального поля Лост Виллаж позволило заключить, что карбонатные выступы представлены смесью кальцита и арагонита. Содержание арагонита, в

центральной части изучаемого образца достигающее до 70%, у его поверхности снижается до 3%. Рентгеноаморфная черно-бурая поверхностная пленка имеет железо-марганцевый состав. Кальцит встречается как в виде минала CaCO_3 , так и в виде его изоморфных разновидностей с замещением Ca^{2+} на Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} . Содержание Mg-кальцита на поверхности некоторых образцов достигает 40%.

Для исследования вещественного состава активного гидротермального поля Лост Сити были взяты точечные пробы из различных фрагментов построек.

Постройки активного гидротермального поля Лост Сити образованы брусит-карбонатными породами. Содержание брусита во внешней корке построек колеблется от 60 до 99%. Кроме того, в этой части построек в различных соотношениях присутствуют кальцит, арагонит и серпентин. Во внутренней части постройки, при сохранении той же брусит-карбонат-серпентиновой ассоциации изменяются относительные содержания минералов. Содержание брусита падает до 40–75%, В некоторых пробах содержание серпентина достигает 20%. Белый рыхлый материал из грифона состоит в основном из кальцита и арагонита в различных соотношения.

X-Ray methods were used for the investigation of the North Atlantic's deep-water hydrothermal fields. There were determined mineral associations formed from deep-water fluids, ocean water and bottom sediments.

**А.Н. Деркачев¹, Б.В. Баранов², Б.Я. Карп¹, Е.Н. Суховеев¹,
Т.Н. Григорьева³, Н.А. Пальчик³, Т.Н. Мороз³**

(¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, e-mail: derkachev@poi.dvo.ru;

²Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: bbaranov@ocean.ru;

³Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск,
e-mail: nadezhda@uiggm.nsc.ru)

Структура и гидротермальные проявления трога

Кашеварова (центральная часть Охотского моря)

**A.N. Derkachev¹, B.V. Baranov², B.Y. Karp¹, T.N. Grigoreva³,
N.A. Palchik³, T.N. Moroz³**

(¹Il'ichev Pacific Oceanological Institute of FEB RAS, Vladivostok; ²Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow; ³Institute of Geology & Mineralogy of SB RAS, Novosibirsk)

Structure and hydrothermal formations in the Kashevarov Trough (Central Okhotsk Sea)

Гидротермальные проявления в задуговых бассейнах связаны с зонами активного рифтогенеза, спрединга и, подводными вулканическими постройкам (Бортников и др., 1993; Гавриленко, 1986; Деркачев, Чудаев, 1987; Деркачев и др., 2002; Липкина, 1987; Лисицын и др., 1990, 1991, 1992; Торохов, 1992; Успенская и др., 1989; Шадлун и др., 1992; Штеренберг и др., 1984, 1986; Bogdanov et al., 1997; Fouquet et al., 1993; Halbach et al., 1993; Hein et al., 1988; Sakai et al., 1990; Stueben et al., 1992; Tufar, 1989 и мн. др.). Для каждой из этих структур характерны специфические парагенезы аутигенных минералов. Зоны рифтогенеза и спрединга отличаются более высокотемпературным парагенезом минералов с участием сульфидов. Для вулканических построек свойственны низкотемпературные образования, представленные преимущественно силикатами (опал, кристобалит), железистыми смектитами-нонтронитами, гидроксидами железа и марганца, реже сульфатами. Подобного рода образования, представленные, в основном, железо-марганцевыми корками и железистыми смектитами, были обнаружены как на группах подводных вулканов в тылу Курильской островной дуги (Гавриленко, 1986; Успенская и др., 1989; Штеренберг и др., 1986; Cruise Report, 1999, 2004), так и на одиночных вулканах в северо-восточной части Курильской котловины (Деркачев и др., 2002). Железо-марганцевые корки были найдены в Охотском море и за пределами районов вулканической активности четвертичного возраста. Было установлено, что они имеют гидротермальную природу (Успенская и др., 1989; Штеренберг и др., 1986; Mikhailik et al., 2005) и в отличие от гидротермальных корок, не ассоциируют с железистыми смектитами-нонтронитами.

В 41-ом рейсе НИС «Академик Лаврентьев» (2006 г.) гидротермальные корки были драгированы в восточной части трога Кашеварова (центральная часть Охотского моря), т.е. в районе, где до последнего времени данные о наличии молодого вулканизма отсутствовали. В тектоническом плане трог Кашеварова представляет собой рифтогенную структуру, простирающуюся в северо-западном направлении. Эта структура имеет сложное строение и по данным сейсмических исследований, выполненных в рейсе, ее фундамент состоит из серии наклонных блоков, типичных для условий растяжения. Блоки ограничиваются системой сбросов северо-западного простираения, которые формируют небольшие грабены и полуграбены мощностью осадков в которых достигает 1,5 км. Наклонные блоки, находящиеся на глубине около 1000 м, как правило, имеют слабовыпуклые или плоские вершины, что свидетельствует об их погружении после воздействия волновой абразии. Исключением из этого является выступ фундамента в восточной части исследованного района. Он имеет остроконечную вершину высотой около 250 метров, расположенную на глубине 770 м. Именно здесь при драгировании были подняты обломки плотных корок размером 10–15 см и толщиной до 5–8 см.

Петрографическое исследование корок показало, что их матрикс представлен плотными алевроитово-глинистыми осадками с большим содержанием грубозернистого материала (в основном частиц песчаной, реже гравийно-галечной размерности) ледового разноса. Вмещающие осадки неравномерно пропитаны зеленовато-серым веществом (нижняя часть корок), образующим отдельные обособления (глобулы) или же скрытокристаллический цемент с явно выраженной микроагрегатной поляризацией. В трещинах вещество более рыхлое, легко рассыпается на мелкие обломки, приобретая охристые оттенки (процесс окисления железистых смектитов гидроксидами железа). Верхняя часть корок темно-серая, местами до черного цвета, отличается также неравномерной окраской, но отчетливо заметна слоисто-фестончатая текстура, вызванная последовательным отложением гидроксидов марганца.

По данным рентгенографии и ИК-спектроскопии зеленое вещество корок представлено чистым нонтронитом. На дифрактограммах исходных образцов наблюдались широкие низкой интенсивности рефлексы со значениями базального отражения d_{001} в пределах 11–13 Å, которое при напитке этиленгликолем исчезало, а $d_{001} \sim 18$ Å не фиксировался, что свидетельствует о разупорядоченной турбостратической структуре нонтронита. Вариации параметра b соответствуют структуре нонтронита и составляют от 9,12 до 9,13 Å. Небольшие различия в частотах ИК-спектров обусловлены изоморфными замещениями в структуре минерала. Сдвиг полосы колебаний 3624 см^{-1} валентной ОН-связи в монтмориллоните до 3556 см^{-1} в исследуемых нонтронитах происходит за счет усиления водородной связи при замещении алюминия Fe^{3+} (частично некоторым количеством Fe^{2+}). Кристаллохимическая

формула минерала – $(K_{0.24}Na_{0.07}Mg_{0.17}Ca_{0.06})_{0.54}(Fe_{1.91}Mg_{0.09})_2(Si_{3.62}Al_{0.02}Fe_{0.36})_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$. Темная пропитка корок представлена марганцевой минерализацией, преимущественно чистым, слабоокристаллизованным бернесситом, частично бернесситом более высокой степени кристалличности и $9.8\text{\AA}$ Мп-минералом. ИК спектры анализируемых Мп-минералов обнаруживают присутствие в них наряду с Mn^{4+} ионов Mn^{3+} в бернессите, а также молекул воды и ОН групп с более прочными водородными связями между слоями. Наличие интенсивной неразрешенной полосы в области $\sim 540\text{см}^{-1}$ указывает на структурную разупорядоченность бернессита (Пальчик и др., 2007).

Сравнительный анализ минерального и химического состава изученных корок с гидротермальными образованиями подводного вулкана Вавилова в районе Курильских островов, показал их полную идентичность. О молодом возрасте гидротермальных проявлений свидетельствует такой факт, как включения в корках грубозернистого материала ледового разноса, поступавшего в глубоководные районы Охотского моря во время ледниковых периодов плейстоцена. Наличие в корках нескольких прослоев или линз марганцевой минерализации, скорее всего, свидетельствует о нескольких импульсах проявления гидротермальной деятельности на данном участке дна.

Данные сейсмоакустических исследований и результаты съемки многолучевым эхолотом, выполненные в 2006–2007 гг., подтверждают наше предположение о принадлежности обнаруженного гидротермального проявления к молодой вулканической постройке (предположительно четвертичного возраста). Анализ осадочного чехла показал, что толщи, слагающие нижнюю часть осадков в троге Кашеварова, накапливались в период формирования наклонных блоков, т.е. они являются синрифтовыми отложениями. Тектонические движения в этом районе, вероятно, происходили и после завершения основной фазы рифтогенеза. Об этом свидетельствует наличие серии субвертикальных разломов, прослеживающихся и в верхней части осадочного чехла на бортах трога. Подобного рода разломы могли являться подводящими каналами при формировании отдельных очагов вулканизма. Поэтому образование рассматриваемой вулканической постройки может быть связано с процессом рифтогенеза, который, вероятно, продолжался в троге Кашеварова вплоть до недавнего времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Мировой океан» и РФФИ, проект № 06-05-64-680.

It was shown that in the eastern part of Kashevarov Trough low-temperature hydrothermal mineralization is connected with Late Cenozoic volcanic activity caused by rift genesis processes in Central Okhotsk Sea.

Л.Л. Демина, С.В. Галкин, А.Ю. Леин

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г.Москва)

e-mail: ldemina@ocean.ru

Бионакопление микроэлементов бентосным сообществом гидротермального поля 9°50'с.ш. ВТП

L.L. Demina, S.V. Galkin, A.Yu. Lein

(P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian academy of sciences, Moscow)

Trace Metal Bioaccumulation by Benthic Community at 9°50' N Hydrothermal Vent Field, East Pacific Rise

В глубоководных гидротермальных областях, недоступных для фотосинтеза, донные сообщества осуществляют биодифференциацию поступающего с флюидами вещества. Принимая во внимание аномально высокую для пелагиали океана биомассу донной фауны гидротермали (до 10 кг/м²), а также значительную протяженность срединно-океанических хребтов (около 70 тыс. км), можно предположить ее важную роль в биогеохимических циклах микроэлементов в океане.

В данной работе исследуется поведение ряда микроэлементов в процессе их биоаккумуляции донным сообществом гидротермального поля 9°50'с.ш. Восточно-Тихоокеанского поднятия (ВТП).

Свыше 50 образцов органов и тканей организмов пяти доминирующих групп донной фауны и 7 проб флюидов гидротермального поля 9°50'с.ш. ВТП было собрано с помощью ГОА «Мир-1» и «Мир-2» в 49-ом рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш». Содержание Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Pb, Cd, Ag, As, Se, Sb, Hg определяли методами инструментального нейтронно-активационного анализа и атомно-абсорбционной спектроскопии на приборах «КВАНТ-2А» и «КВАНТ-Z.ЭТА».

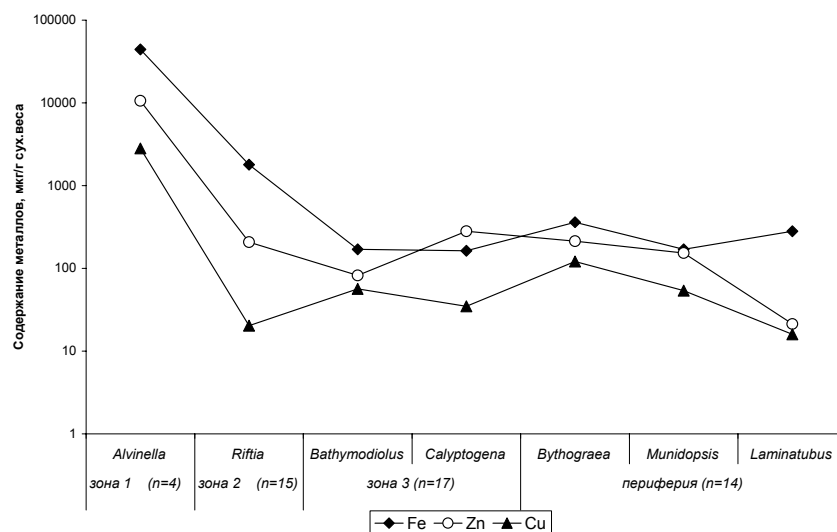
В пределах гидротермального района 9°50'с.ш. ВТП выделены два типа гидротермальных образований – низкотемпературные, при которых развиты диффузные высачивания, и высокотемпературные, которые маркируются сульфидными постройками с черными курильщиками. Высоко-температурный флюид из черного курильщика содержит Fe, Mn, Zn, Cu, и Ni в 50–500 раз больше, чем низкотемпературный, тогда как для Cr, Sb, As, Pb, Ag, Co и Cd различия между двумя типами флюидов не столь значительны или вовсе отсутствуют. Флюиды в 10³–10⁶ раз обогащены металлами относительно придонной океанской воды.

Гидротермальное донное сообщество 9°50'с.ш. ВТП представлено несколькими фаунистическими группами, обитающими в зонах с повышенной температурой воды (по сравнению с фоновой, равной 2°C), где вследствие смещения флюидов с морской водой в биотопе повышены концентрации металлов.

В трубках наиболее теплолюбивой фауны – полихет альвинеллид *Alvinella pompejana* и *Alvinella caudate*, обитающих на стенках черных ку-

рильщиков при аномальной (40–25°C) температуре найдены максимальные значения каждого из изученных тяжелых металлов (мкг/г сух. в.): Fe – 161000, Zn – 37305, Cu – 10808, Pb – 347, Mn – 118,7, Ni – 68, Cr – 30,5, Cd – 22,91, Se – 17,9, Ag – 12,13, As – 9,5, Co – 6,43, Hg – 5,8, Sb – 0,77. Вести-ментиферы *Riftia pachyptila*, которые колонизируют более прохладные (от 25 до 6°C) биотопы, а также двустворчатые моллюски *Bathymodiolus thermophilus* и *Calymene magnifica*, обитающие в зоне слабого влияния флюида (Т от 6 до 2°C), содержат значительно меньше металлов по сравнению с альвинеллидами. По трофической структуре эти фаунистические группировки являются первичным консументами-симбиотрофами: органическое вещество для их питания производят бактерии-эндо- и экзо-симбионты в процессе хемосинтеза.

Таким образом, при удалении от гидротермального источника среднее содержание тяжелых металлов в мягких тканях организмов уменьшается, причем для разных групп элементов по-разному. Fe, Zn и Cu, среднее содержание которых на 2–4 порядка выше, чем остальных элементов, показывают наиболее резкое уменьшение накопления в таксонах при переходе от аномальной зоны к периферии (рис.).



Для другой группы металлов – Mn, As, Pb, Ni, Ag, Cr, Se, Sb, Hg и Cd с более низким диапазоном содержания в фауне (до 120 мкг/г сух. веса), значительное повышение содержания отмечается лишь в наиболее термофильных организмах – полихетах *Alvinella*.

На периферии, в условиях фоновых температур, доминируют периферийные таксоны – плотоядные крабы *Munidopsis* и *Bythograea*, являющиеся

вторичными консументами (т.е. плотоядными и некрофагами), а также полихеты *Laminatubus* (*Serpulidae*)- специализированные сестонофаги.

В мягких тканях периферийных крабов *Bythograea* среднее содержание металлов увеличивается, по-видимому, вследствие трофической стратегии крабов – хищничества, объектом которого служат первичные консументы-симбиотрофы, т.е. животные с высоким содержанием металлов.

Таким образом, в данной работе обнаружена своеобразная зональность в распределении металлов в донном сообществе гидротермали 9°50'с.ш. ВТП, обусловленная трофической структурой сообщества: повышенное бионакопление металлов характерно для организмов, обитающих в зоне, наиболее подверженной влиянию флюидов, обогащенных металлами.

Исследование распределения металлов в различных тканях одного и того же организма показало, что местами локализации пиковых содержаний большинства металлов являются следующие органы: трубки для полихет *Alvinella*, жабры двустворчатых моллюсков, трофосомы вестиментиферов, хитин и гонады крабов. Покрываемые бактериальными обрастаниями трубки полихет и вестиментифер содержат органическое коллагеноподобное вещество, которое способно к комплексации металлов после их адсорбции на толстом слое бактериальной слизи. Кроме того, жабры двустворчатых моллюсков и трофосомы вестиментиферов служат местообитанием бактерий-симбионтов, которые, очевидно, концентрируют ряд химических элементов при ассимиляции CO₂, окислении сероводорода и метана.

Минимальное содержание металлов, которое обычно на 1–3 порядка ниже пиковых содержаний металлов, отмечается как правило, в карбонатных раковинах двустворчатых моллюсков.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №05-04-49413.

It was shown that bioaccumulation of the heavy metals by benthic communities at hydrothermal vent field is associated with their trophic structure and function of different organs of the taxons.

И.В. Егоров

(ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, e-mail: ieg@mail.ru)

О некоторых аспектах геоморфологического картографирования САХ при поисках глубоководных полиметаллических сульфидов

I.V. Egorov

(VNIIOkeangeologia, St.-Petersburg)

About some aspects of geomorphological mapping of MAR by searches for deep-water polymetallic sulfides

В последние годы в ходе рейсов НИС «Логачев» (ПМГРЭ, г. Ломоносов) в пределах южной части Северо-Атлантического хребта было открыто несколько полей и рудопоявлений глубоководных полиметаллических сульфидов (ГПС), что значительно расширило географические рамки поисков такого рода объектов. Располагаются они на значительных глубинах – до 4100 м. В этих условиях исследования рельефа дна в чисто прикладных целях – для поисков ГПС – имеют особое значение, в первую очередь – для определения поисковых признаков.

В последнее время посредством многолучевой съемки создаются батиметрические карты хорошего качества. Но за «батиметрической наглядностью» существуют сугубо геоморфологические проблемы: структурно-генетических и возрастных аспектов, крупномасштабного морфоструктурного районирования, динамики и истории формирования рельефа. Все это, без сомнения, отрицательно влияет на методологию картографирования рельефа рифтовой зоны.

В периоды участия в последних рейсах НИС «Профессор Логачев» (26-й, 28-й и 30-й рейсы) автором проводился анализ возможностей использования получаемых разносторонних данных для комплексного геоморфологического изучения САХ. К сожалению, из-за специфики формирования рельефа в этой зоне большинство известных методов анализа рельефа здесь невозможно применить. Определенная объективная сложность состоит в том, что исследования ведутся по большей части дистанционно, основываясь лишь на батиметрических данных – это морфометрические методы, геоморфологическое картографирование, сонарная съемка. Соответственно, при таком подходе преобладает морфологическая составляющая рельефа. Генетическая и временная информация, получаемая в результате геологического опробования достаточно дискретна, и требует широкой экстраполяции. Эта специфика находит отражение в составляемых по результатам рейса синтетических картах, на которых рельеф представляется в виде крупных морфоструктурных единиц. В ходе работы выявилась еще одна проблема картографирования – необходимость одновременного проведения разномасштабных исследований – от среднего до детального масштаба. Со-

ответственно, большим вопросом является унифицированность или сопоставляемость результатов.

В любом случае при поисках ГПС необходимо составление карты рельефа рифтовой зоны, которая в первую очередь должна отражать не просто структуру поверхности дна, но и ее динамику. Важнейшим аспектом является выбор принципов дифференциации поверхности дна в рифтовых зонах. Возможно, для этих целей был бы приемлем системно-морфологический подход, в основе которого положено выделение элементарных поверхностей, разработанный А.Н. Ласточкиным. В настоящее время совместные работы в этом направлении ведутся во ВНИИОкеангеология (Санкт-Петербург) совместно с автором метода. Правда, применимость системно-морфологического подхода в большей степени видится для работ среднего, возможно, крупного масштабов. На детальном уровне изучаются довольно ограниченные площади, не характеризующиеся достаточно расчлененным рельефом, сформированным во многом экзогенными процессами, что требует специального подхода к геоморфологическому картографированию.

Важным этапом геоморфологического картографирования в рифтовой зоне является составление разнообразных частных аналитических карт. Кроме общеизвестных методов структурной геоморфологии автором в последние годы разработаны или адаптированы и применены в производстве специальные методы анализа рельефа, среди которых значительную информацию о строении рельефа приносят: мультипрофилирование, склоновая морфологическая дифференциация, структурно-морфологическое картографирование по данным гидролокатора бокового обзора (ГЛБО).

Мультипрофилирование. Максимально точное и быстрое построение серий батиметрических профилей любой частоты с использованием компьютерных программ позволяет четко проследить единые структурные уровни и геоморфологические элементы (хребты, тальвеги и т.д.), что не всегда получается при использовании лишь батиметрических карт. В значительной степени помогает морфоструктурному районированию в любых масштабах исследования.

Склоновая морфологическая дифференциация. В основу метода заложены закономерные взаимозависимости углов склонов и занимаемых этими поверхностями площадей, а также представления об элементаризации рельефа. Одна из простых объективных особенностей строения форм рельефа, в первую очередь, горных массивов, к которым относится и САХ – сужение кверху и расширение к низу, что, соответственно, влияет на увеличение или уменьшение площади склоновых поверхностей. Также, *argiogi*, строение вогнутых склонов таково, что угол наклона их к подножию уменьшается, а у выпуклых склонов, наоборот увеличивается. Деление поверхности производится на основе компьютерного моделирования и анализа соответствующих гистограмм. Закономерности разрабатывались и проверялись на геометрических фигурах – конус и усеченный конус с выпуклыми и вогнутыми бо-

ковыми поверхностями, а также посредством сопоставления полученных данным методом карт с батиметрическими профилями (совпадения по перегибам достигают 90%, объективные погрешности зависят от масштаба работ и качества батиметрической основы).

Поверхность дна дифференцируется по гистограмме. Плавные участки тренд линии фиксируют «элементарные» поверхности, т.е. указывают, что существует тип поверхности, углы наклона которой лежат в определенном интервале и с большой долей вероятности можно предполагать ее (поверхности) генетическое единство.

Составление карт уклонов поверхностей можно рассматривать как один из этапов не просто морфологического, а уже морфо-генетического картирования океанического дна. В прикладном отношении – это означает выход на морфо-литодинамику в глубоководных условиях и, применительно к проблеме ГПС – анализ и прогноз распространения металлоносных осадков. Кроме того, подобные карты являются морфологически корректной основой для проведения линеаментного анализа.

Структурно-морфологическое картографирование по данным ГЛБО. Данные ГЛБО – один из немногих источников информации о рельефе, позволяющий наблюдать его «впрямую». Специализированное картографирование дает возможность корректной структурной дифференциации поверхности дна и уточнения построений по батиметрическим данным.

Развитие методологии изучения рельефа САХ и, в частности, четких принципов картографирования на разных масштабах должно помочь решению задач, связанных с изучением строения и геоморфологической эволюции рифтовой зоны САХ, выявлением критериев приуроченности ГПС и прогнозированием новых рудопроявлений.

Geomorphological investigations of searches for deep-water polymetallic sulfides have great value, as a source of the prime information of the rift zone bottom structure. For today there are some problems for special mapping of relief. The decision of them is possible on the basis of creation of new principles of different-scale mapping and development of new methods of the structural analysis of relief.

В.В. Зайков

(Институт минералогии УрО РАН, zaykov@mineralogy.ru)

Рудоносные гидротермальные системы в офиолитах палеоокеанов

V.V. Zaykov

(Institute of Mineralogy, UB RAS)

Ore-bearing hydrothermal systems in ophiolites of paleoceans

В статье проанализированы данные по геологическому строению, типам руд, физико-химическим параметрам оруденения в гидротермальных системах, приуроченных к офиолитам палеоокеанических структур (табл.)

Общими особенностями гидротермальных систем являются следующие признаки: связь с зонами разломов; приуроченность к перерывам в вулканической деятельности, частично совпадающей с формированием вулканомиктовых горизонтов; субпластовая форма залежей; преобладание морских вод в качестве источника гидротерм; преимущественно фемический состав руд (Cu, Zn, Fe, Mn).

Гидротермальные системы в ультрабазитах – месторождения Ишкинское и Ивановское на Урале, Лимассол Форест на Кипре, Дерни в Китае. Продуктивны рудные поля с тальк-карбонатными метасоматитами, образующими субпластовые залежи в подрудных толщах. На Ишкинском месторождении данные зоны обычно залегают в кровле серпентинитовых пластин, имеют мощность десятки и протяженность сотни метров. В составе метасоматитов выделяются полосы тальк-кальцитового, талькового и тальк-карбонатного состава. Структура пород порфиробластовая (по карбонату) с микролепидобластовой основной тальковой основной массой. Карбонат представлен кальцитом с незначительной примесью доломита. Акцессорные минералы представлены хромшпинелидами, магнетитом и гематитом.

Кобальт-медноколчеданное оруденение локализовано преимущественно в кровле тальк-карбонатных метасоматитов. Рудные зоны охватывают контакт ультрабазитовых и базальтовых пластин. Горными работами выявлены линзообразные тела сплошных и вкрапленных руд, сложенных халькопирит-пирротиновыми и пирит-пирротиновыми разностями.

Выполненные геохимические исследования показали вынос при метасоматозе из серпентинитов 20–30 % массы никеля, кобальта, хрома и обогащение медью, стронцием и марганцем. Предполагается, что Ni и Co, вынесенные из серпентинитов, отлагались в сульфидных телах в кровле тальк-карбонатных метасоматитов гидротермально-осадочным и гидротермально-метасоматическим способами. Формирование метасоматитов произошло в придонных условиях, что фиксируется по наличию их обломков в перекрывающих осадочных толщах.

Гидротермальные системы в базальтовых комплексах – аналоги гидротермальных полей в базальтоидах срединно-океанических хребтов. К ним относятся месторождения Тисик-Тас в Казахстане, Жарлы-Аша, Летнее, Юбилейное на Урале, Эдыгейское в Туве. Для них характерна слабая сохранность первичных сульфидных построек и преобладание пластовых залежей с диагенетическими и кластогенными рудами. На некоторых рудных полях, например, Ивановском, установлено сочетание сульфидных руд в ультрабазитах и базальтах, что характерно и для современных гидротермальных систем.

Физико-химические параметры гидротермальных систем исследованы термобарогеохимическими методами для некоторых месторождений Уральской и Алтае-Саянской складчатых областей. Установлено, что месторождения в ультрамафитах образованы гидротермальными растворами, имеющими в большинстве случаев температуру гомогенизации флюидных включений 100–200°C, соленостью 1,3–4,5 % NaCl-экв. и формировались при давлениях 300–350 бар [Юминов и др., 2002; Анкушева, 2006].

Важными задачами дальнейших исследований являются следующие: оценка рудоносности базальтовых комплексов; объемное картирование и объемное термобарогеохимическое исследование зон рудоносных метасоматитов на новых месторождениях цветных и благородных металлов; определение источника металлов для рудных тел в ультрамафитовом субстрате; установление способа транспортировки, отложения и переотложения металлов в многоярусных гидротермальных системах.

Автор благодарен за помощь и предоставленные материалы В.В. Масленникову, В.А. Симонову, Е.В. Зайковой, Н.Н. Анкушевой. Работа выполнена при содействии РФФИ (05-05-64532, 07-05-00260), Министерства образования и науки РФ (РНП.2.1.1.1840) и интеграционного проекта УрО-СО РАН.

In the work, geological structure, ore types and physic-chemical forming conditions of ore mineralization in hydrothermal systems of ultramafites and basalts confined to paleoceanic ophiolite were analyzed.

В.В. Зайков, В.В. Масленников

(Институт минералогии УрО РАН, Миасс, e-mail: zaykov@mineralogy.ru)

**Сравнительный анализ гидротермальных сооружений
современных и древних океанов**

V.V. Zaykov, V.V. Maslennikov

(Institute of mineralogy Urals Branch of RAS, Miass)

**Comparative analysis of hydrothermal edifices of ancient
and modern oceans**

Для металлогенического анализа океанических структур необходим сравнительный анализ гидротермальных сооружений древних и современных океанов. Сопоставление информации о строении, механизмах роста, разрушения, захоронения и преобразования сульфидных построек в разновозрастных структурах обогащает представления о геологических процессах и позволяет целенаправленно проводить поиски новых рудных залежей, в том числе погребенных.

Информация о современных постройках пополняется в результате морских экспедиций и каждый год приносит новые данные о характере гидротермальных процессов, рудовмещающих комплексах, их геологической позиции. Формируются представления о целостной структуре рудных полей, их границах, ожидаемых типах гидротермальных построек, составе руд. Для месторождений древних океанов информация о первичных гидротермальных постройках добывается посредством геолого-разведочных работ, разного рода реконструкций и «снятия» последующих геологических процессов.

В докладе использованы данные о размещении и строении гидротермальных построек в океанических рифтах в сравнении со сведениями о сульфидных сооружениях Уральского и Палеоазиатского океанов. Материал по древним постройкам получен в результате целенаправленных исследований, которые проводятся с 1980 г. Началом этих работ послужила Уральская палеоокеанологическая экспедиция, организованная Л.П. Зоненшайном и В.А. Коротеевым. Дальнейшие исследования проведены с использованием детальных геолого-структурных, минералогических, геохимических, палеонтологических и термобарогеохимических методов. Сравнение проведено по 6 главным параметрам, информация о которых взята из многочисленных источников и авторских работ.

1. Геодинамическая позиция. В современных океанах основными рудоносными структурами являются срединно-океанические рифты и задуговые бассейны. В палеозое оруденение сосредоточено в зарождающихся островных дугах и проявлено на плечах рифтов окраинных морей. Показательно отличие в позиции кобальт-медноколчеданного орудения среди ультрабазитов, которое ныне выявлено в рифтах медленно-спрединговых хребтов, а в палеозое – в аккреционных призмах островодужных структур.

2. Морфология и объем гидротермальных построек. В современных океанах основными выявленными сооружениями являются холмы, усеченные конусы и башни, встречены групповые сооружения; меньше информации имеется по разрушенным и перекрытым постройкам. В палеозойских океанах на основании рудно-фациального анализа установлен фациальный ряд сооружений от слабо разрушенных гидротермальных холмов до слоистых рудокластических пластов. Разительны отличия в размерах сооружений разновозрастных океанов: в современных обычный объем холмов около 1000 м^3 , в групповых постройках достигает 8–10 млн м^3 (впадина Гуаймас, Галапагосский рифт). В палеозойских структурах нередко сооружения объемом многие десятки млн м^3 , а на наиболее крупном Гайском месторождении Урала объем достигает 100 млн м^3 .

3. Набор рудных фаций. Для сульфидных сооружений в океанах типичными являются фации сульфидных холмов, сульфидных труб, продуктов окисления сульфидов. Состав труб определяется физико-химическими свойствами минералообразующих растворов, зависящих от состава рудомещающих пород и степени смешения их с морской водой. Выделенный ряд труб включает ангидритовые, ангидрит-халькопиритовые, марказит-сфалерит-халькопиритовые, карбонатно-халькопирит-сфалерит-пирротиновые разности. Трубы палеозойских построек имеют структурно-минералогическую зональность, свойственную трубам современных черных и белых курильщиков. Полный набор рудных фаций включает, кроме труб и холмов, сульфидные каналы (кондуиты), прожилково-вкрапленные метасоматические руды, литифицированные продукты субмаринного гипергенеза (гальмиролиза) сульфидных руд. Характерно присутствие значительных по масштабам кварц-гематитовых сооружений, образовавшихся при диагенезе кремнисто-железистого гидротермального материала в надрудных отложениях.

4. Минеральный состав. Общей особенностью построек является преобладание сульфидов цветных металлов, а в кровле – оксидов железа и марганца. Отличия заключаются в разной насыщенности акцессорными минералами. В палеоокеанических структурах их набор включает около 40 минералов. Такое разнообразие обусловлено влиянием придонного гальмиролиза сульфидов. В пользу этого свидетельствует заметное изменение общего минерального состава руд в ряду от слабо разрушенных сульфидных холмов к сильно разрушенным постройкам и рудокластическим слоистым залежам. В этом ряду последовательно уменьшаются количество и разнообразие теллуридных ассоциаций, которые сменяются сульфидными, сульфосолевыми и самородно-элементными.

5. Пригидротермальная фауна. В Тихоокеанском бассейне основу пригидротермального донного населения составляют вестиментиферы, везикомииды, брюхоногие моллюски, альвинеллиды. Пригидротермальные донные сообщества Атлантики слагаются креветками, двустворчатыми моллюсками митилидами и в меньшей степени везикомиидами, тиазиридами и

гастроподами. Палеозойские оазисы близки по составу, вместе с тем, в них выделены новые рода и виды вестиментифер, бивальвий, брахиопод и моноплакофор. Кроме того, фауна, имеющая характер пригидротермальной, установлена в связи с гематито-кварцевыми сооружениями на Урале.

6. Влияние пострудных процессов. В постройках современных океанов выявлены разломы, нарушающие их целостность, вызывающие их обрушение. В палеозойских сооружениях широко проявлен диагенез, повторный метасоматоз на многоярусных палеогидротермальных полях, вызывающий перераспределение рудных компонентов, обогащение верхних уровней благородными металлами. Выявлены пострудные дайки и силлы, установлен контактовый метаморфизм в ореолах секущих гранитоидных интрузий. Все эти явления влияют на текстурно-структурные особенности сульфидных руд и продукты их окисления. О присутствии погребенных рудных залежей свидетельствуют рудные ксенолиты в поздних порциях лав и секущих дайках.

Закключение. Перечисленные отличия в ряде случаев обусловлены разной степенью изученности современных и древних гидротермальных систем. Это касается работ по исследованию структур рудных полей, морфологии построек, поисков погребенных сооружений. Отличия глобального характера касаются различной продуктивностью однотипных магматических комплексов и положением построек в геодинамических структурах. Мы полагаем, что часть этих отличий обусловлена слабой опосредованностью морского дна, особенно в основании островных дуг и в бортах рифтов окраинных морей.

Работа выполнена при финансовой поддержке ОНЗ №2 «Глобальный сравнительный анализ рудных фаций колчеданных месторождений», РФФИ (№ 05-05-64532; 07-05-00260-а), Интеграционного проекта УрО-СО РАН, программы Минобрнауки (РНП.2.1.1.1840). Авторы благодарят коллег, совместно с которыми изучали гидротермальные постройки.

Comparison of hydrothermal edifices in modern and ancient oceans by their geodynamic position, morphology and volume, ore facies, mineral composition, nearhydrothermal fauna and influence of late dislocations was carried-out. Recommendations for possible discoveries of buried ore deposits in the basement of island arcs and on the flanks of rifts of back-arc basins are given.

**Р.Ш. Крымский¹, Б.В. Беязцкий², Т.В. Степанова²,
Г.А. Черкашев², Л.И. Лазарева³**

(¹ВСЕГЕИ ЦИИ, С.Петербург, robert_krymsky@yahoo.ru, ²ИВНИИОкеангеология, С.Петербург, bbelyatsky@mail.ru, ³ПМГРЭ, Ломоносов, ocean-party@peterlink.ru)

**Особенности изотопного состава осмия сульфидных руд
гидротермального поля «Ашадзе» (13°с.ш. САХ)**

**R. Krymsky¹, B. Belyatsky², T. Stepanova², G. Cherkashov²,
L. Lazareva³**

(¹VSEGEI, CIR, St.Petersburg, ²VNIOkeangeologia, St.Petersburg, ³PMGE, Lomonosov)

**Osmium isotope features of sulfide deposits from Ashadze
hydrothermal field (13°N MAR)**

Большой потенциал Re-Os изотопной системы как средства изучения образования сульфидных гидротермальных руд и поиска источника металлов был с успехом продемонстрировано в последние годы [2, 3, 6, 7]. Было показано, что основными источниками Os и Re в океанических гидротермальных системах являются океанская вода, вмещающие породы океанической литосферы (осадки, базальты, гипербазиты), гидротермальный флюид и космическая пыль. Но, данных об участии вещества собственно плюмового источника с мантийными характеристиками изотопного состава осмия на сегодняшний день очень мало [3, 7], что существенно ограничивает поиск и оценку действительного значения этого источника для процесса океанского рудообразования. Основной целью настоящего исследования было изучение поведения Re-Os изотопной системы в процессе гидротермального сульфидного образования и оценка участия в нем мантийного вещества. В качестве объекта исследования было выбрано современное (активное от 7 тыс. лет до настоящего времени) гидротермальное поле Ашадзе [1] развитое на ультраосновном фундаменте и представленное различными типами сульфидных образований – от массивных сульфидов и курильщиков (до 7–10 м высотой) до вторичных Fe-Mn корок и гидрогенных образований.

Образцы гидротермальных сульфидов были отобраны телегрейфером на 5 станциях гидротермального поля Ашадзе, расположенных как на востоке, так и на западе рудного поля, а одна из драг пересекла поле с востока на запад. Поднятый материал представлен трубами и массивными сульфидами. Среди труб выделяются три разновидности: при этом высокотемпературные халькопиритовые и пирротин-изокубанитовые встречаются редко, тогда как высоко-среднетемпературные, сложенные преимущественно сфалеритом, пользуются наибольшим распространением. Массивные сульфиды на поле встречаются редко. Они, как правило, неоднородные с сильно варьирующими структурами и соотношением минералов. Все массивные руды по сравнению с трубами максимально обогащены золотом (8,8–12 ppm). Содержание Re и Os в изученных сульфидах колеблется от 600 до 6000 ppt и

от 4,6 до 157 ppt, соответственно, а отношение Re/Os изменяется от 15 до 460. При этом, отчетливой зависимости между типом и минералогическим составом сульфидных образований (массивные сульфиды, тонкослоистые, зональные или массивные трубы халькопиритового, пирротин-изокубанитового или преимущественно сфалеритового состава) и содержанием и изотопным составом Re и Os не обнаруживается. Так, для массивных сульфидов пирротин-изокубанитового состава, слагающих зону подводящих каналов, отмечены как наиболее низкие содержания рения и осмия (600 и 4,7 ppt), так и наиболее высокие из измеренных (3800 и 157 ppt, соответственно). Вариации Re и Os в сульфидах из зональных труб также значительны – от 800 до 4700 ppt рения и 4,7–34,6 ppt осмия ($\text{Re/Os} = 24\text{--}461$). Необходимо отметить, что вмещающие габбро-нориты и перидотиты характеризуются более постоянными составами, соответствующими данным типам мантийных пород океанической коры [5] – содержания рения в неизменных перидотитах колеблется в пределах 30–800 ppt, в габбро-норитах – 100–2400 ppt, а содержания осмия – 600–1500 ($\text{Re/Os} = 0,02\text{--}1,3$) и 3,2–5,7 ppt ($\text{Re/Os} = 24\text{--}730$), соответственно. В тоже время измененные (серпентинизированные, хлоритизированные) гидротермальным процессом габбро-перидотиты по содержанию и соотношению рения и осмия сопоставимы с изученными сульфидами (Re: 600–1500, Os: 10–60 ppt, $\text{Re/Os} = 12\text{--}140$).

Вариации изотопного состава осмия в сульфидах гидротермального поля Ашадзе превосходят известные оценки для сульфидных полей Атлантики и Тихого океана – $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$: 0,2261–1,9709 [2, 5, 6, 7]. Более того, эти вариации не могут быть объяснены смещением океанской воды с гидротермальным флюидом в процессе сульфидообразования. Радиогенный состав осмия в изученных массивных сульфидах и зональных трубах превышает по абсолютному значению не только изотопный состав океанской воды (1,04–1,06), но и средний состав речного стока (1,4–1,5) и предполагает участие древнего вещества в формировании гидротермального флюида. Таковым веществом могли бы быть современные континентальные осадки, но их отсутствие в зоне разрядки гидротерм (осевая зона срединно-океанического хребта) не позволяет использовать их как потенциальный контаминант для объяснения особенностей изотопного состава изученных сульфидов. Участие вещества субконтинентальной мантии в формировании источников гидротерм также не обеспечит необходимого высокорadiогенного осмиевого состава сульфидов. Накопление радиогенного осмия сульфидами *in situ* за счет распада рения также маловероятно из-за сравнительно невысоких соотношений Re/Os в изученных сульфидах и слишком малого времени жизни гидротерм. Альтернативным вариантом и наиболее возможным остается гетерогенность мантийных источников современных океанических гидротерм и участие в их формировании вещества субдуцированной древней океанической коры [4].

Изученное рудное поле характеризуется экстремальными глубинами залегания (4200 м) и, возможно, что это обстоятельство и является опреде-

ляющим в появлении аномальных составов Os. При такой глубине можно ожидать, что флюид обогащенный ювенильным веществом достигает дна океана практически неизменным, а если и происходит фазовая сепарация, то она, вероятно, сопровождается образованием высокоминерализованного рассола и низкосолёной фазы с повышенной концентрацией газовой составляющей. Оценка геохимического поведения Os в таких условиях требует дополнительных, в частности, экспериментальных исследований. В любом случае флюид, из которого отлагались медные сульфиды, был высокотемпературным (пирротин, изокубанит) и сильно восстановленным (присутствие троилита, самородной меди и повышенных концентраций селена).

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 05-05-64628а и ИНТАС № 05-109-4465.

1. *Beltenev V., Ivanov V., Shagin A., Sergeev M. et al.* New hydrothermal sites at 13°N, Mid-Atlantic Ridge // *InterRidge News*. 2005. V. 14. P. 14–16.

2. *Brüggemann G.E., Birck J.L., Herzig P.M., Hofmann A.W.* Os isotopic composition and Os and Re distribution in the active mound of the TAG hydrothermal system, Mid-Atlantic Ridge // *Proceeding of the Ocean Drilling Program. Scientific Results*. 1998. V. 158. P. 91–100.

3. *Cave P.R., Ravizza G.E., German C.R., Thomson J., Nesbitt R.W.* Deposition of osmium and other platinum-group elements beneath the ultramafic-hosted rainbow hydrothermal plume // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2003. V. 210. P. 65–79.

4. *Escrig S., Doucelance R., Moreira M., Allègre C.J.* Os isotope systematics in Fogo island: evidence for lower continental crust fragments under the Cape Verde Southern Islands // *Chemical Geology*. 2005. Vol. 219. P. 93–113.

5. *Escrig S., Schiano P., Schilling J.-G., Allègre C.* Rhenium-osmium isotope systematics in MORB from the Southern Mid-Atlantic Ridge (40°–50°S) // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2005. V. 235. P. 528–548.

6. *Ravizza G., Martin C.E., German C.R., Thompson G.* Os isotopes as tracers in seafloor hydrothermal systems: metalliferous deposits from the TAG hydrothermal area, 26°N Mid-Atlantic Ridge // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1996. V. 138. P. 105–119.

7. *Sharma M., Wasserburg G.J., Hofmann A.W., Butterfield D.A.* Osmium isotopes in hydrothermal fluids from the Juan de Fuca Ridge // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2000. V. 179. P. 139–152.

$^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ in the studied sulfides from the Ashadze hydrothermal field varies 0,2261–1,9709 and is higher than the known isotope estimations for the similar modern oceanic fields. $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ of the host peridotites and gabbro-norites: 0,1234–0,2325 and 0,3062–0,5664, correspondingly, and can be compared with the data for the Logatchev and Rainbow hydrothermal fields, developed over ultramafic basement. There is no correlation between the types of hydrothermal sulfides – zonal, massive, fine-layered chimneys or massive high-temperature sulfides, and Os composition, which evidence to a more complicated character of hydrothermal process than ordinary mixing of fluid with oceanic water.

**В.Ю. Кузнецов¹, А.Ю. Леин², Ю.А. Богданов², В.Н. Струков³,
Ф.Е. Максимов¹, И.Е. Жеребцов¹, С.Б. Левченко¹**

(¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: v_kuzya@mail.ru, ²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: Lein@geo.sio.rssi.ru, ³Радиовый институт им. В.Г. Хлопина, Санкт-Петербург)

**²¹⁰Pb/Pb-датирование гидротермальных сульфидных
формаций: проблемы и перспективы**

**V.Yu. Kuznetsov¹, A.Yu. Lein², Yu.A. Bogdanov², V.N. Strukov³,
F.Ye. Maksimov¹, I.Ye. Zherebtsov¹, S.B. Levchenko¹**

(¹Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: v_kuzya@mail.ru, ²Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: Lein@geo.sio.rssi.ru, ³V.G. Khlopin Radium Institute, St. Petersburg)

**²¹⁰Pb/Pb dating of hydrothermal sulfide formations: problems
and perspectives**

В настоящее время собрано достаточно много сведений о возрасте и хронологии формирования относительно древних гидротермальных полей в пределах Срединно-океанических хребтов с применением ²³⁰Th/U-метода датирования (временные пределы – ~1000–2000 – 200000 лет) сульфидных отложений и ¹⁴C-метода (временные пределы – ~100–200 – ~50000 лет) определения возраста металлоносных осадков [1–4].

Особый интерес вызывают рудогенерирующие системы, деятельность которых началась несколько десятилетий назад. Геохронологическое изучение формирующихся таким образом молодых гидротермальных полей возможно лишь с применением короткоживущих природных радиоизотопов, например, ²¹⁰Pb с периодом полураспада порядка 22 лет. Однако опубликованных сведений о времени зарождения современной гидротермальной активности все еще крайне мало. Это связано, в частности, с недостаточным обоснованием теоретических предпосылок практического применения ²¹⁰Pb/Pb-метода датирования сульфидных руд, с одной стороны, и большими сложностями в обнаружении (и наличии) молодых гидротермальных полей в океане, с другой стороны.

Учитывая данную ситуацию, основной целью работы являлась проработка основных теоретических положений ²¹⁰Pb/Pb-метода датирования океанских сульфидных руд на материале образцов отложений, формирующих новую рудную залежь в результате зарождающейся гидротермальной циркуляции в пределах поля «9°50' с.ш.» (Восточно-Тихоокеанское поднятие, ВТП).

На первом этапе исследований были проведены радиохимические анализы образцов сульфидов для определения содержаний (удельных активностей) изотопов урана и тория и оценки возрастных характеристик гидротермальных образований поля «9°50' с. ш.» ВТП с применением ²³⁰Th/U-метода.

Было найдено, что возраст исследованных сульфидных образований меньше временного предела $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -метода порядка 1000–2000 лет. В этом случае для уточнения времени формирования этих рудных формаций необходимо применение $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ -датирования.

Каждый образец был предварительно разделен на несколько прослоев (проб) от внешней поверхности, граничащей с океанской водой, к внутреннему слою, контактирующему с проходящим гидротермальным раствором. Радиохимические анализы полученных таким образом проб активных построек (диффузоров и труб) проводились для определения в них содержаний ^{210}Pb и ^{226}Ra . В результате, обнаружено практически полное отсутствие материнского изотопа ^{226}Ra (измеренного в 2-х пробах), что являлось свидетельством того, что почти весь обнаруженный в образцах ^{210}Pb является избыточным по отношению к своему предшественнику – радию. Это создает предпосылки практического применения $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ метода для датирования рудных формаций. При этом, основным условием использования этого метода датирования сульфидных отложений является требование об экспоненциальном понижении значения отношения $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ от поверхности вглубь рудного субстрата. Однако во всех изученных гидротермальных постройках наблюдается неравномерность в распределении величины этого отношения, не соответствующего ожидаемой экспоненте. Вероятно, формирование рудных построек происходит за счет осаждения сульфидов металлов из плюма, рассеивающегося в придонной воде, или же в результате поступления рудного материала, например, за счет инфильтрации флюидов сквозь отлагающиеся сульфидные формации или рыхлую осадочную толщу. Очевидно, также, что оба эти процесса могут протекать одновременно. Все это и приводит, скорее всего, к флуктуациям в распределении отношения $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ в анализируемых пробах. В этой ситуации, когда в образцах обнаруживаются избыточные над материнским изотопом ^{226}Ra количества не распавшегося дочернего ^{210}Pb , совершенно правомерно утверждать, что возраст изученных рудных отложений укладывается в пределы датирования $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ метода – от первых нескольких лет до 100–120 лет. Действительно, как было установлено многими исследованиями, в 1991 г. в районе поля "9°50 с.ш." произошло излияние магмы. Под лавовыми потоками были погребены функционировавшие источники и биота. Последующие экспедиции в этот район ВТП отмечали зарождение и развитие гидротермальных процессов во времени [5].

В результате, можно заключить, что для получения адекватного значения $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ возраста сульфидных формаций из какого-либо отдельного гидротермального поля, необходимо проведение более широких радиохимических и радиохронологических исследований. Они должны включать в себя (1) установление значения $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ в пробах гидротермального раствора (точнее в частицах взвеси), выходящего из каждого отдельного «курильщика», и окружающих его сульфидных насыпей; (2) послойное определение

значения этого отношения и его распределения в сульфидных формациях, отлагающихся вблизи источников рудного материала; (3) получение датировок, рассчитанных по соотношению значений $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ в гидротермальном флюиде и сульфидных образованиях, с одной стороны, и возрастных параметров, оцененных по распределению $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ в рудных образцах; (4) сопоставление и корреляция полученных таким образом радиохимических и геохронологических данных. Кроме того, в экспедиционных условиях необходимо проводить детальное описание отбираемых образцов, включая их точную позицию (ориентацию) в толще гидротермальных отложений (в стенке «трубы», окружающих ее рудных насыпей).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект No. 05-05-64925).

1. Богданов Ю.А. Гидротермальные рудопроявления рифтов Срединно-Атлантического хребта. М.: Научный мир, 1997. 167 с.

2. Lalou C., Reyss J.L., Bricet E., Arnold M., Thompson G., Fouquet Y., Rona P.A. New age data for MAR hydrothermal sites: TAG and Snakepit chronology revisited // Journ. of Geophysical Research. 1993. Vol. 98. P. 9705–9713.

3. Kuznetsov V., Cherkashev G., Lein A., Shilov V., Maksimov F., Arslanov Kh., Stepanova T., Baranova N., Chernov S., Tarasenko D. $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of massive sulfides from the Logatchev and Rainbow hydrothermal fields (Mid-Atlantic Ridge) // Geochronometria. 2006. Vol. 25. P. 51–56.

4. Cherkashev G.A. Hydrothermal input into sediments of the Mid-Atlantic Ridge // Parsson, L.M., Walker, C.L. and Dixon, D.R. (eds.) Hydrothermal Vents and Processes. Geological Society London, Special Publication. 1995. Vol. 87. P. 223–229.

5. Богданов Ю.А., Леин А.Ю., Ульянов А.А., Масленников В.В., Ульянова Н.В., Сагалевиц А.М. Начальная фаза гидротермального рудонакопления на поле $9^{\circ}50'$ с. ш. Восточно-Тихоокеанского поднятия // Океанология. 2006. Т. 46. № 1. С. 88–102.

Opportunities and restrictions of practical use of the $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ -method of dating of young sulfide ores from the « $9^{\circ}50' \text{ N}$ » hydrothermal field at the East Pacific Rise are considered. Obtained geochronological data have only estimated character which testify, that the age of these formations does not exceed 100–120 years.

**В.Ю. Кузнецов¹, Г.А. Черкашёв², В.Е. Бельтёнов³,
Л.И. Лазарева³, А.Ю. Леин⁴, Ф.Е. Максимов¹, В.В. Шилов³,
Т.В. Степанова², И.Е. Жеребцов¹, С.Б. Левченко¹**

(¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: v_kuzya@mail.ru, ²ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, e-mail: cherkashov@vniio.ru, ³Полярная морская геолого-разведочная экспедиция, Санкт-Петербург, e-mail: ocean-party@peterlink.ru, ⁴Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: Lein@geo.sio.rssi.ru)

Геохронология сульфидных руд Срединно-Атлантического хребта по результатам радиоизотопного (²³⁰Th/U-, ²³⁰Th-)

датирования гидротермально-осадочных формаций

**V.Yu. Kuznetsov¹, G.A. Cherkashov², V.Ye. Bel'tenev³,
L.I. Lazareva³, A.Yu. Lein⁴, F.Ye. Maksimov¹, V.V. Shilov³,
T.V. Stepanova², I.Ye. Zherebtsov¹, S.B. Levchenko¹**

(¹Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: v_kuzya@mail.ru, ²BVNIOceangeologiya, St. Petersburg, e-mail: cherkashov@vniio.ru, ³Polar Marine Geosurvey Expedition, St. Petersburg, e-mail: ocean-party@peterlink.ru, ⁴Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: Lein@geo.sio.rssi.ru)

Geochronology of sulfide ores at the Mid-Atlantic Ridge on the base of radioisotope (²³⁰Th/U-, ²³⁰Th-) dating of hydrothermal-sedimentary formations

Эволюция гидротермального рудообразования на протяжении последних 200–250 тысяч лет может быть осуществлена с применением ²³⁰Th/U-метода датирования сульфидных руд, формирующихся в пределах гидротермальных зон Срединно-Океанических хребтов. С этой целью проведено детальное радиохимическое и радиохронологическое изучение образцов рудных отложений, отобранных в пределах Срединно-Атлантического хребта (САХ). В качестве объектов исследования выбраны сульфидные отложения из массивных рудных формаций ряда гидротермальных полей САХ: «Логачёв-1» (14°45,2' с.ш., 44°58,8' з.д.), «Логачёв-2» (14°43,2' с.ш., 44°56,2' з.д.), «Рейн-боу» (38°13,1' с.ш., 33° 54,3' з.д.), «Краснов» (16°38,5' с.ш., 46°28,5' з.д.), «Ашадзе-1» (12°58,5' с.ш., 46°28,5' з. д.), «Ашадзе-2» (12°59,3' с.ш., 44°54,45' з.д.). На первом этапе исследований были проведены радиохимические анализы образцов массивных сульфидов (из указанных выше полей) для определения в них содержаний (удельных активностей) изотопов урана и тория и последующей проверки выполнимости теоретических основ ²³⁰Th/U-метода датирования этих рудных образований. Тестирование основных положений того или иного метода радиохронологии является необходимой процедурой при геохронологических исследованиях объектов окружающей среды, тем более таких сложных в вещественно-генетическом отношении донных формаций, как сульфидные руды, химический и мине-

ральный состав которых может существенно варьировать не только при переходе от одного гидротермального поля к другому, но и внутри какого-либо отдельно взятого поля. Данные по содержанию и распределению изотопов ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th и их отношений активностей в исследованных образцах подтвердили выполнимость центральных теоретических предпосылок $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -метода датирования гидротермальных сульфидных руд. Данные по $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -датировкам образцов сульфидных руд приведены на рисунке.

**Гидротермальные
поля**

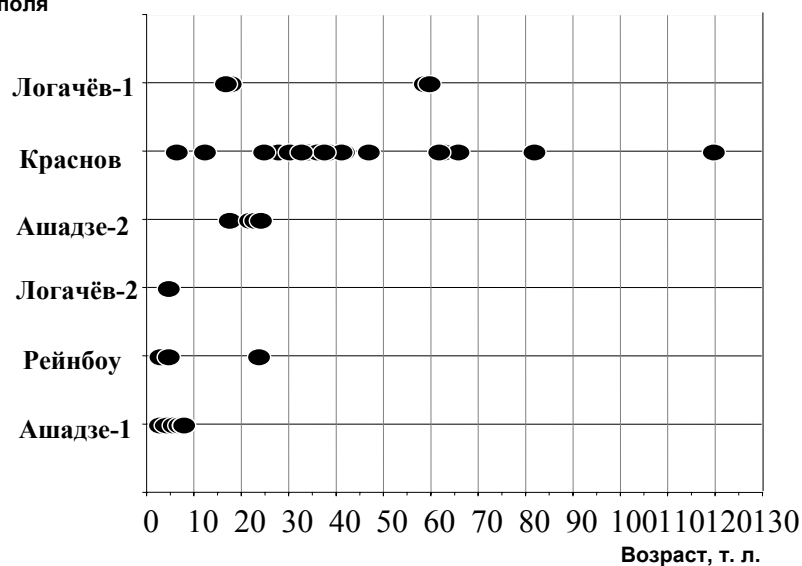


Рис. 1. Возраст сульфидных отложений гидротермальных полей САХ

Полученные результаты показывают, что гидротермальная деятельность в пределах САХ и связанное с ним рудообразование наблюдается на протяжении всего позднего плейстоцена. Самые древние изученные руды, имеющие датировки $81,1 \pm 5,1/4,8$ и $119,2 \pm 12,2/10,7$ тысяч лет, получены из гидротермального поля «Краснов». Тем не менее, еще более древний возраст около 220 тыс. лет, свидетельствующий о гидротермальной деятельности в среднем плейстоцене, получен методом ^{230}Th -датирования металлоносных осадков, сформировавшихся вблизи гидротермального узла «Ашадзе». Предполагается, что наращивание статистических данных, полученных датированием металлоносных осадков (по ^{230}Th) и сульфидных руд (по $^{230}\text{Th}/\text{U}$), может внести существенный вклад в понимание эволюции гидротермального рудообразования на протяжении последних 250–300 тыс. лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект No. 05-05-64925).

Образцы сульфидных руд гидротермальных полей «Ашадзе-1», «Ашадзе-2», «Краснов» получены в рейсах НИС «Профессор Логачёв», организованных ПМГРЭ, и финансировались Агентством по недропользованию Министерства природных ресурсов РФ.

The time parameters obtained by the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ method for massive sulfides from the “Logatchev-1”, “Logatchev-2”, “Rainbow”, “Krasnov”, “Ashadze-1” and “Ashadze-2” hydrothermal fields show that hydrothermal activity and ore formation connected with it took place at the Mid-Atlantic Ridge during the Late Pleistocene. The most ancient studied ores having dates $81.1 \pm 5.1/4.8$ kyr and $119.2 \pm 12.2/10.7$ kyr were determined for the “Krasnov” hydrothermal field. The date of about 220 kyr is obtained by the ^{230}Th -dating of metalliferous sediments located nearby the “Ashadze” hydrothermal node.

Ю.В. Лаптев, К.Б. Розов, Г.П. Широносова

(Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, e-mail: laptev@uiggm.nsc.ru)

Экспериментальное и термодинамическое моделирование процессов концентрирования золота при образовании сульфидов в океанических гидротермах

Yu. V. Laptev, K.B. Rozov, G.P. Shironosova

(Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk)

Experimental and thermodynamic modeling of Au concentration processes at sulphides formation in ocean thermal springs

Физико-химические условия сульфидообразования на дне океанов, возникающие при смешении глубинных потоков флюидов с океаническими водами, соответствуют промежуточным значениям окислительно-восстановительного потенциала относительно пирит-пирротинового и пирит-гематитового минеральных буферов (приближенных к равновесию $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_4^{2-}$) и слабокислым значениям pH растворов [1, 2]. Нами проведены эксперименты и компьютерные расчеты ($t = 200, 250^\circ\text{C}$; $P = 100\text{--}150$ бар; $\text{pH} = 3\text{--}4$) по растворимости золота и его переосаждению на поверхность пирита в сульфидно-хлоридных растворах ($m_{\text{H}_2\text{S}} = 0,1$; $m_{\text{NaCl}} = 0,17$) с созданием таких специфических условий путем частичного окисления сероводорода до элементарной серы в качестве ее растворенной формы $\text{S}^\circ_{\text{s}}(\text{p-p})$. Создается потенциалопределяющее равновесие $\text{H}_2\text{S}(\text{p-p}) \leftrightarrow \text{H}_2(\text{p-p}) + 1/8\text{S}^\circ_{\text{s}}(\text{p-p})$, по которому при аналитически определяемых концентрациях $\text{H}_2\text{S}(\text{p-p})$ и $\text{S}^\circ_{\text{s}}(\text{p-p})$ вычисляется концентрация $\text{H}_2(\text{p-p})$.

Растворимость золота. Концентрации золота при выбранных условиях как по данным опытов, так и расчетам отвечают преобладающему равновесию $\text{Au}(\text{кр.}) + \text{H}_2\text{S}^\circ(\text{p-p}) \leftrightarrow \text{Au}(\text{HS})^\circ(\text{p-p}) + 0,5\text{H}_2(\text{p-p})$ при достижении экстремальных значений ($m_{\text{Au}} = 3,6 \cdot 10^{-5}$ для 200°C) между пирит-пирротинным и пирит-гематитовым буферами (рис. 1). Это обеспечивает весьма благоприятные условия для миграции золота в оптимальных температурных условиях (порядка 7 ppm для $200\text{--}250^\circ\text{C}$) непосредственно в реакционной зоне образования сульфидов.

Распределение Au между FeS_2 и раствором при $t = 200$ и 250°C . Опыты проведены в условиях аналогичных вышеописанным при загрузке в автоклавы дополнительно к Au(мет) различных количеств (до 3% от массы растворителя) специально синтезированного и измельченного FeS_2 с размером зерен 40–60 мкм. Установлено, что независимо от отношения масс FeS_2 /раствор концентрации Au и в пиритовой фазе и в растворе постоянны при каждой температуре (140 и 544 ppm в пирите, 7 и 6,8 ppm в растворе при 200 и 250°C , соответственно). Это позволило определить кажущиеся коэффициенты распределения золота между твердой и водной фазами: $K_D = \text{Au}_{\text{FeS}_2}/\text{Au}_{\text{p-p}} = 20 \pm 10$ (200°C) и 80 ± 20 (250°C). Проведенная оценка возможных

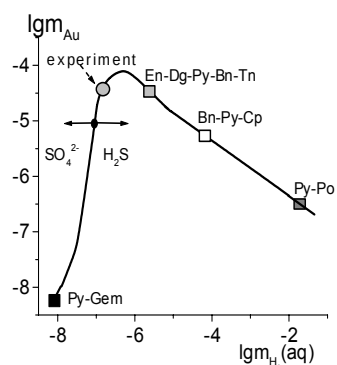


Рис. 1. Расчетная растворимость Au в растворе 0,1 м H₂S + 0,17 м NaCl, pH = 3,8 для t=200°C (P=150бар) в зависимости от равновесных содержаний H₂(aq). Точки, отвечающие растворимости золота в присутствии буферных минеральных ассоциаций: Py-Gem – пирит-гематитовая; En-Dg-Py-Bn-Tn – энаргит – дигенит – пирит – борнит-теннантитовая; Bn-Py-Cp – борнит-пирит-халькопиритовая; Py-Po – пирит-пирротитовая. Точка, отвечающая условиям опытов – "эксперимент".

масштабов осаждения Au на тонкой фракции FeS₂ при таких значениях K_D показала (рис. 2), что доля переосажденного золота отвечает 20–30% от его общего содержания в системе твердое – раствор уже при 1–1,5 массовых % пирита относительно раствора. При увеличении содержания пирита более чем 10-20масс.% доля переосажденного золота приближается к 100%.

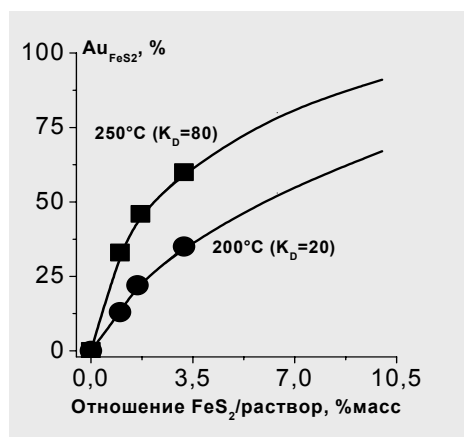


Рис. 2. Зависимости количества золота в пирите относительно его общего содержания в системе твердое – раствор при температуре 200 и 250°C при разных отношениях FeS₂/раствор.

Состояние и форма нахождения золота на поверхности пирита. Принято изучение состояния золота в образцах пирита после проведения опытов методом адсорбционной спектроскопии в ближней рентгеновской области (XANES) при использовании синхротронного излучения в коллективном центре ИЯФ СО РАН. Обнаружено (рис. 3), что записанный спектр при концентрации золота в пирите 400 ppm с явной разрешенностью максимума на 11,942 эВ полностью аналогичен спектру стандартного вещества в форме поверхностного комплекса состава $\equiv\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ в одновалентном состоянии Au(1+). Это дополнительно подтверждает рассмотренные выше

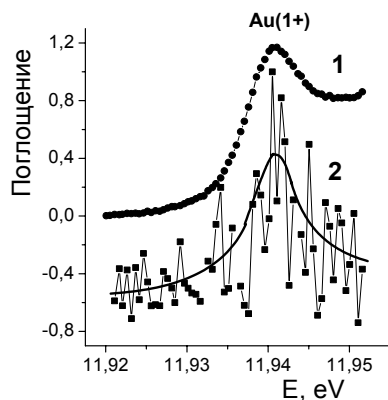


Рис. 3. Спектры XANES для эталонного состава $\equiv\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ (1) в сравнении с данными для Au – содержащего пирита из наших опытов (2)

данные по растворимости золота с реализацией адсорбционного равновесия между растворенным и осажденным на поверхность пирита золотом.

С целью выяснения возможного состава образованного на поверхности пирита золотосодержащего соединения проведены специальные опыты по осаждению золота путем смешения слабощелочных сульфидных растворов ($m_{\text{H}_2\text{S}} = 0,13$; $m_{\text{Au}} = 0,001$; $\text{pH} = 7,2$) с раствором HCl до $\text{pH} = 2$ непосредственно в высокотемпературных условиях ($t = 200^\circ\text{C}$). Оказалось, что дифрактограмма новообразованной фазы соответствует составу Au_2S . Определена константа метастабильного равновесия $\text{Au}_2\text{S}(\text{кр.}) + \text{H}_2\text{S}^\circ(\text{p-p}) \leftrightarrow 2\text{Au}(\text{HS})^\circ(\text{p-p})$ ($\lg K = -8,3 \pm 0,2$) и из нее – величину изобарно-изотермического потенциала G° для $\text{Au}_2\text{S}(\text{кр.})$. Проведенные с использованием полученного значения $G^\circ_{\text{Au}_2\text{S}}$ термодинамические расчеты показали, что существование при 200°C Au_2S в форме устойчивого соединения возможно только в качестве сульфидного минерала с активностью не выше 0,01. Это определяет возможность образования на поверхности пирита в наших опытах только химически связанной адсорбционной формы $\equiv\text{Au}_2\text{S}$ с активностью меньшей единицы.

Грант РФФИ 06-05-65042; Грант Мин. обр. и науки России РНП.2.1.1.702

1. Богданов Ю.А. Гидротермальные рудопроявления рифтов срединно-атлантического хребта. М.: Научный мир, 1997. 167 с.

2. Лаптев Ю.В., Розов К.Б. Взаимодействие золота с поверхностью сульфидов как фактор его концентрирования при гидротермальном рудообразовании // ДАН. 2006. Т. 410. № 5. С. 663–667.

Gold solubility, its redistribution between pyrite and solution and possible forms of Au concentration in the ocean thermal springs has been determined by an experimental approach and calculated modeling.

**В.В. Масленников¹, В.А. Симонов², И.Г. Жуков¹,
Г.А. Третьяков², Р. Херрингтон³, С.П. Масленникова¹,
А.В. Каныгин⁴**

(¹Институт минералогии УрО РАН, Миасс, e-mail: maslennikov@mineralogy.ru,

²Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск,
e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru, ³Natural History Museum, London,

⁴Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск)

**Первые находки сульфидных труб палеозойских
«черных курильщиков» в Центральной Азии**

**V.V. Maslennikov¹, V.A. Simonov², I.G. Jukov¹, G.A. Tretyakov²,
R. Herrington³, S.P. Maslennikova¹, A.V. Kanygin⁴**

(¹Institute of Mineralogy UB RAS, Miass, ²Institute of Geology and Mineralogy
SB RAS, Novosibirsk, ³Natural History Museum, London, Institute of Oil and Gas
Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk)

**First finding of Paleozoic “black smoker” sulfide chimneys
in the Central Asia**

В 2007 г. была проведена международная экспедиция с участием специалистов из России и Англии для исследования колчеданных месторождений Северо-Восточного Казахстана, с целью выяснения возможной роли гидротермальных систем типа «черных курильщиков» при формировании рудных залежей. Собраны представительные коллекции сульфидных руд и вмещающих пород. Совместный анализ морфологии рудных тел, распределения и соотношения объемов рудных фаций, позволил построить морфогенетический ряд изученных колчеданных месторождений от сульфидных холмов к пластообразным колчеданным залежам и выделить **четыре морфогенетических типа**.

К первому морфотипу – слабозрушенным сульфидным холмам, относится гигантская Новая залежь Орловского колчеданного месторождения. В нижней части холма обнаружены гидротермальные каналы, сложенные крупнозернистыми сростаниями халькопирита и сфалерита, которые обычно формируются в основании «черных курильщиков». В рудной залежи преобладают фации массивных гидротермально-преобразованных руд. Гораздо реже встречаются брекчиевидные, полосчатые, еще реже колломорфные разновидности. Ограниченное развитие грубообломочных сульфидных отложений пока не позволило выявить фрагменты труб «черных курильщиков».

Представителем второго морфотипа – сильно разрушенных сульфидных холмов, является рудная залежь Николаевского месторождения. Ядро сульфидной постройки представлено массивными медно-цинково-колчеданными рудами, частично замещенными гидротермальным халькопиритом. Сульфидные трубы в этих рудах, не сохранились. Однако в обильных сульфидных брекчиях, отложившихся на склоне холма, обнаружены многочис-

ленные фрагменты сульфидных труб и корок колломорфного почковидного пирита. Трубы имеют круглую, овальную, линзовидно-удлиненную формы поперечных срезов (2–7 см), типичные для «черных курильщиков». Большинство труб представлено изокубанит-халькопиритовыми разновидностями. Нередко встречаются пирит-халькопиритовые, пирит-марказит-халькопиритовые трубы. Гораздо реже наблюдается халькопирит-барит-сфалеритовый тип труб. Установлен непрерывный ряд от пирит-марказит-халькопиритовых труб «черных курильщиков» к барит-сфалеритовым трубам «белых курильщиков». В этом ряду количество блеклых руд и галенита возрастает в соответствии с увеличением содержаний барита и сфалерита.

Третий морфотип месторождений представлен рудокластической пластообразной линзой, содержащей реликты сульфидного холма, на Артемьевском месторождении. Массивные руды находятся в нижней части рудного тела, со стороны рудоподводящих каналов. В сульфидных брекчиях, содержащих баритовый цемент, нами обнаружены многочисленные пирит-халькопирит-сфалеритовые, халькопирит-сфалеритовые, реже пирит-сфалерит-халькопиритовые трубы «черных курильщиков», а также галенит-пирит-баритовые трубы «белых курильщиков». В пирит-сфалерит-халькопиритовых трубах появляются эвгедральные кристаллы (до 200 мкм) арсенопирита, содержания которого иногда достигают нескольких процентов. Арсенопирит часто находится в сростании с галенитом и серебросодержащими блеклыми рудами (фрейбергит) и самородным золотом. В галените встречаются мелкие (до 5 мкм) включения висмутита и самородного висмута. В трубах, богатых сфалеритом, арсенопирит исчезает, среди аксессуарных минералов преобладает галенит, встречаются сульфосоли серебра и свинца. Оболочка обнаруженных нами труб «белых курильщиков» сложена радиально-лучистым пиритом, а в канале преобладают агрегаты галенита и барита, иногда с примесью, блеклых руд.

Четвертый морфотип представлен слоистыми пластообразными телами Юбилейно-Снегирихинского, Тишинского, Риддер-Сокольного, Шубинского и Иртышского месторождений. Нередко, формирование тонкослоистых халькопирит-сфалеритовых, пирит-сфалеритовых и борнит-пирит-сфалеритовых, галенит-сфалеритовых и галенитовых руд этих месторождений связывается с процессами динамометаморфизма. Однако, эти руды встречаются как на слабо метаморфизованных, так и на деформированных месторождениях. Постепенные переходы с рудокластитами, специфические знаки нагрузки (механоглифы) на границах слоев, минералогическая зональность циклитов, переслаивание с нерассланцованными пелитолитами и кремнистыми породами, позволяют отнести их к группе преобразованных дистальных сульфидных турбидитов.

В ходе работ на месторождениях Северо-Восточного Казахстана большое внимание уделялось поискам *оруденелой фауны*. Данные об ископаемых пригидротермальных биотах представляют исключительный интерес

для изучения закономерностей эволюции жизни на Земле, так как экосистемы «черных курильщиков» представляют собой альтернативную модель энергетической основы живых систем. Находки фауны на Риддер-Сокольном месторождении давно привлекали наше внимание. Однако выяснилось, что здесь сульфидизации подвергалась фоновая фауна.

Обнаружение сульфидных труб является одной из необходимых предпосылок для находок оруденелой фауны, которая могла сохраниться в сульфидных холмах, не подвергнутых полному разрушению и метаморфизму Орловского и Николаевского месторождений и месторождений третьего морфотипа (Артемьевское). Однако, оруденелую фауну пока не удалось найти, хотя сходство с месторождениями Урала позволяет надеяться на ее находку в будущем.

В целом, важнейшим достижением проведенных экспедиционных работ является обнаружение фрагментов сульфидных труб, составлявших постройки палеозойских «черных курильщиков». Это первые находки на Рудном Алтае, и, скорее всего, во всей Центральной Азии. Они однозначно свидетельствуют о том, что формирование рассмотренных месторождений происходило в ходе развития гидротермальных систем типа современных «черных курильщиков», с которыми связаны крупные проявления биоты.

Авторы благодарят руководство АО «Казцинк», Корпорации «Казахмыс» и Алтайского отдела Института геологических наук, за содействие в проведении экспедиции. Особое значение для успешного проведения работ имело общение с член-корр. АМР РК Сапаргалиевым Е.М., к.г.-м.н. Ганженко Г.Д., главным геологом Риддерского ГОКа Даниловым В.А., ведущим геологом РГОКа Маминым В.И., главным геологом Восточно-Казахстанского Медно-химического комбината Рудым В.В., главным геологом Жезкентского ГОКа Столковым В.В.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программ РАН № 18 «Происхождение и эволюция биосферы», № 17 «Проблемы мирового океана», ОНЗ №2 «Глобальный сравнительный анализ рудных фаций колчеданных месторождений», РФФИ (№ 05-05-64532), Интеграционного проекта № 6.8, Программы Минобрнауки (РНП.2.1.1.1840).

Discovery of fragments of the Paleozoic «black smoker» sulfide chimneys is a major achievement of the spent International Russian–English expedition. These are the first findings on the Rudny Altai, and, most likely, in all Central Asia. They testify that formation of the deposits took place in process of hydrothermal systems, similar to modern «black smokers» with large occurrence of fauna.

**И.Ю. Мелекесцева¹, Н.Н. Анкушева¹, Г.А. Третьяков²,
В.В. Зайков¹, В.А. Симонов²**

(¹Институт минералогии УрО РАН, e-mail: melekestseva@ilmeny.ac.ru;

²Институт геологии и минералогии СО РАН, e-mail: genatret@uiggm.nsc.ru)

**Колчеданные руды окраинно-морских структур: данные
месторождений Палеоазиатского и Тихого океанов**

**I.Yu. Melekestseva¹, N.N. Ankusheva¹, G.A. Tret'yakov²,
V.V. Zaykov¹, V.A. Simonov²**

(¹Institute of Mineralogy, UB RAS, e-mail: melekestseva@ilmeny.ac.ru;

²Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS; e-mail: genatret@uiggm.nsc.ru)

Massive Sulfides from the Asian Paleoocean and Pacific margins

В настоящих тезисах приведены данные об условиях формирования Кызыл-Таштыгского ранних пирит-сфалеритовых руд колчеданно-полиметаллического месторождения в сравнении с сульфидными рудами западной окраины Тихого океана.

Колчеданно-полиметаллическое месторождение Кызыл-Таштыг находится в Улугуйской колчеданосной зоне, которая реконструируется как северный борт Каахемского рифта в Саяно-Тувинском окраинном море Палеоазиатского океана [3]. Ранее была обоснована вулканогенно-осадочная природа руд [3, 4], для всех типов руд были установлены температуры их образования [4], а для барит-полиметаллических – получены данные по солености растворов [6].

Месторождение Кызыл-Таштыг располагается в борту вулcano-тектонической депрессии, сложенной риолит-базальтовым комплексом туматтайгинской свиты нижнего кембрия [3, 4]. Выделяется три главных типа руд: пирит-сфалеритовые, халькопирит-пирит-сфалеритовые и барит-полиметаллические. Для пирит-сфалеритовых руд характерны рассредоточенно-пятнистые, почковидные, фестончатые, концентрические, линзовидные, полосчатые текстуры [5]. Главные минералы – пирит, сфалерит и кварц; второстепенный – халькопирит; редкие – галенит, пирротин, гематит и доломит. Взаимоотношения между минералами позволили установить последовательность их образования в пирит-сфалеритовых рудах: пирротин → пирит-I + кварц → пирит-II → пирит-III → галенит → сфалерит + кварц + халькопирит.

Для оценки условий образования пирит-сфалеритовых руд были исследованы флюидные включения в раннем кристаллическом кварце (микрокриотермокамера THMSG-600 (LINKAM), микроскоп Olympus с объективом 50^x, программное обеспечение – LinkSys V-2.39, ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург). Использовались первичные двухфазные включения, состоящие из светлой прозрачной жидкости и газового пузырька. Концентрации солей в растворе оценивались по температуре плавления льда в пересчете на систему H₂O–NaCl по [8]. Фазовый состав солевых систем определялся по [1].

Первичные флюидные включения имеют размеры 5–10 мкм, изометричную или удлиненную форму с ровными, четкими границами, часто с ограниченной в форме «отрицательного кристалла». Они располагаются в кварце одиночно, редко – сгруппировано по 3–4 включения. Встречены двухфазные (Ж+Г) и однофазные – существенно газовые и жидкие включения. Газовые пузырьки – крупные, до 30–40 % объема включения. Криометрия включений показала наличие $\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ в солевой системе (температуры эвтектики $-21.9\dots-22.1^\circ\text{C}$). По данным термометрических исследований температуры плавления льда в растворах $-4\dots-7^\circ\text{C}$, что говорит о содержании солей в них 7–10 мас. % NaCl -экв. Все включения гомогенизировались в жидкую фазу с температурами $-305\dots-400^\circ\text{C}$.

Реконструированная палеогеодинамическая обстановка формирования месторождения Кызыл-Таштыг (борт рифта окраинного моря) [3] позволяет провести аналогию с современными колчеданными залежами юго-западной окраины Тихого океана.

Тектурно-структурные особенности ранних руд месторождения Кызыл-Таштыг (реликты пирротина и барита, образование неустойчивого протопирита, обрастание его кристаллическим пиритом, образование халькопирит-сфалеритовой ассоциации) характерны для сульфидных холмов поля Белая Леди, бассейн Фиджи [9] и участка Сноукэп, поле ПАКМАНУС, бассейн Манус [10], труб «черных курильщиков» и сульфидного штокерка поля Ваи Лили, бассейн Лау [9].

Ранее уже было отмечено сходство параметров гидротермальных растворов поля горы Франклин (бассейн Вудларк) с таковыми из включений в барите полиметаллических руд месторождения Кызыл-Таштыг [6]. Также можно отметить схожий высокотемпературный интервал (400°C) начала образования сульфидных залежей.

Также термобарогеохимические исследования руд месторождения Кызыл-Таштыг показывают тенденцию понижения температур минералообразования и соленостей гидротермальных растворов от ранних пирит-сфалеритовых руд к поздним барит-полиметаллическим [4, 6, наст. тезисы], что также свойственно современным процессам рудообразования [7].

Исследования поддержаны интеграционными проектами УрО-СО и СО-УрО (№ 6.8) РАН, Фондом содействия отечественной науке, РФФИ (07-05-00260), Минобрнауки (проект РНП.2.1.1.1840) и грантом молодых ученых и аспирантов УрО РАН 2007 г.

1. *Борисенко А.С.* Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика № 8, 1977. С. 16–28.

2. *Бортников Н.С., Симонов В.А., Богданов Ю.А.* Флюидные включения в минералах из современных сульфидных построек: физико-химические условия минералообразования и эволюции флюида // Геология рудных месторождений, 2004. Т. 46. № 1. С. 74–87.

3. Зайков В.В. Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин (на примере колчеданосных зон Урала и Сибири). М.: Наука, 2006. 429 с.

4. Кузубный В.С., Макаров В.А., Калеев Е.А. и др. Кызыл-Таштыгский колчеданно-полиметаллический рудный узел Восточной Тувы. Красноярск, 2001. 292 с.

5. Мелекесцева И.Ю., Третьяков Г.А., Симонов В.А. Тектурно-структурные особенности пирит-сфалеритовых руд колчеданно-полиметаллического месторождения Кызыл-Таштыг, Восточная Тува // Металлогения древних и современных океанов-2007. Гидротермальные и гипергенные рудоносные системы. Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. Т. 1. С. 167–172.

6. Симонов В.А., Зайков В.В., Ковязин С.В. Палеогеодинамические условия развития гидротермальных систем Кызыл-Таштыгского месторождения (Восточная Тува) // Металлогения древних и современных океанов-1999. Рудоносность гидротермальных систем. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. С. 16–23.

7. Третьяков Г.А., Масленников В.В., Пальянова Г.А. Минералогическая зональность и отложение акцессорных минералов в стенках труб «черных курильщиков» по результатам физико-химического моделирования // Металлогения древних и современных океанов-2007. Гидротермальные и гипергенные рудоносные системы. Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. Т. 1. С. 118–122.

8. Bodnar R.J., Vityk M.O. Interpretation of microthermometric data for H₂O–NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. Pontignana-Siena, 1994. P. 117–130.

9. Economic Geology. Special issue on sea-floor hydrothermal mineralization: new perspectives. 1993. V. 88. № 3. P. 1933–2250.

10. Pinto A., Barriga F., Scott S., Roberts S. PACMANUS: the subsurface sulphide/oxide/gold mineralization // Mineral exploration and sustainable development. Eliopoulos et al. (eds.). Millpress, Rotterdam, 2003. V. 1. P. 175–178.

Forming conditions of early pyrite-sphalerite ores of the Kyzyl-Tashtyg (Tuva Republic) massive sulfide deposit were established using fluid inclusions in early quartz. Temperatures of homogenization are 305–400°C, fluid salinity is of 7–10 wt % NaCl-equiv., first melting temperatures indicate the presence of NaCl+H₂O. Results are comparable with those from the modern sulfide fields of the Pacific back-arc basins.

**Н.Н. Мозгова¹, Ю.С. Бородаев², И.Ф. Габлина³,
Т.В. Степанова⁴, Г.А. Черкашев⁴, Т.Ю. Успенская⁵**

(¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, e-mail:mozgova@igem.ru; ²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва; ³Геологический институт РАН, Москва; ⁴ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург; ⁵Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва)

Минеральные парагенезисы в медно-колчеданных рудах гидротермального поля Краснов (16° 38' с.ш. Срединно-Атлантический хребет)

**N.N. Mozgova¹, Yu.S. Borodaev², I.F. Gablina³,
T.V. Stepanova⁴, G.A. Cherkashev⁴, T.Yu. Uspenskaya⁵**

(¹Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry Russian Academy of Sciences, Moscow; ²Moscow State University; ³Institute of geology Russian Academy of Sciences, Moscow; ⁴VNIIOkeanologiya, St. Petersburg; ⁵Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences, Moscow)

Mineral parageneses in copper massive sulfides of hydrothermal field Krasnov (16° 38' N, Mid-Atlantic ridge)

Новое реликтовое гидротермальное рудное поле Краснов, открытое в 2004 г. Полярной морской геологоразведочной экспедицией (ПМГРЭ) и ВНИИОкеангеологии в 24 рейсе НИС «Профессор Логачев», находится на восточном борту рифтовой долины на глубине 3700–3760 м и приурочено к зоне сочленения осевого рифтового поднятия со склоном рифтовой долины [1]. Около 60% изученной поверхности дна покрыто осадочным чехлом (мощность до 160 см). Два сульфидных рудных тела на выходах коренных базальтов (размеры 370 х 580 м и 110 х 130 м) представлены мелко- и среднеглыбовыми развалами и реликтами сульфидных построек, покрытых осадками и рыжими корками. Состав сульфидных тел в основном серно-колчеданный, медные и медно-колчеданные руды более редки, а цинково-колчеданные – почти отсутствуют. По текстурно-морфологическим признакам различаются массивные, пористые, прожилково-вкрапленные руды, корки и образования трубного комплекса. Возраст руд по данным ураноториевого метода 5–80 тыс. лет [2]. От известных гидротермальных полей в пределах САХ это поле отличается железистой специализацией, длительностью формирования и наличием осадочного чехла.

Комплексное исследование образцов медных руд трубного комплекса выявило специфику минеральных парагенезисов и их преобразований в этом новом гидротермальном поле. В изученных образцах установлены обычные для океанских руд САХ сульфиды, из которых здесь главными являются изокубанит, халькопирит, пирит, второстепенными – борнит и сульфиды меди, редкими – сфалерит и марказит. Среди Cu–Fe-сульфидов уста-

новлены также редко отмечавшийся в океанских рудах идаит Cu_3FeS_4 и четыре новые фазы системы Cu-Fe-S с условными названиями – фазы X, Y, M, B. Помимо сульфидов, в исследованных образцах широко развиты Fe–Cu-сульфаты и Fe-оксиды, кварц, опал, барит и самородная сера. Размер изученных зерен обычно от 1–2 до 50 мкм (изредка до 1 мм).

Наиболее примечательная черта медно-колчеданных руд в данном поле – очень широкое распространение изокубанита CuFe_2S_3 и разнообразие форм его нахождения. Так, при исследовании шлифов установлены:

1. Гомогенные агрегаты изокубанита с тонкими метасоматическими борнит-халькозинowymi прожилками;

2. Однородные изокубанитовые матрицы с решетчатыми срастаниями лейст халькопирита или близких фаз в одноступенчатых структурах распада высокотемпературных изокубанитовых твердых растворов;

3. Матрицы в двух- и многоступенчатых структурах распада аналогичных твердых растворах;

4. Матрицы в аналогичной структуре, метасоматически избирательно замещаемые более медистыми Cu–Fe-сульфидами, Cu-сульфидами и Cu–Fe-сульфатами, при этом их окраски в полированных шлифах в отраженном свете соответствующим образом меняются; решетка лейст сохраняется неизменной или изменяется незначительно;

5. Гомогенные кристаллы (на поверхности микроштурфов) и зерна новообразованного изокубанита среди продуктов интенсивного распада раннего изокубанита;

6. Реликты, с одной стороны, гомогенного (новообразованного?) изокубанита, с другой – полностью разложенных и замещенных вторичными продуктами структур распада первичного изокубанита среди Fe-гидроксидов и Cu–Fe-сульфатов,

На основе полученных данных выявлены три основных типа парагенезисов колчеданных руд поля Краснов.

I тип – гомогенный изокубанит с борнитом и высокомедистыми Cu-сульфидами халькозин-дигенитового ряда, представленными сетью тонких метасоматических прожилков и гнезд; соотношения борнита и сульфидов меди не всегда однозначны. В исследованных образцах распространен незначительно. Возрастные соотношения с другими типами не выявлены.

II тип – распавшийся изокубанит с продуктами его разнообразных уникальных преобразований;

III тип – оксидно-сульфатно-сульфидный, который в отличие от двух первых медистых ассоциаций характеризуется железистой специализацией и подразделяется на два подтипа парагенезисов: (а) – с доминирующим пиритом и (б) – с преимущественным развитием Fe–Cu-сульфатов и Fe-оксидов; с реликтами глубоко преобразованного парагенезиса II типа.

I тип парагенезисов, где изокубанит не претерпевает разложения, обнаруживает сходство с минеральными ассоциациями самых молодых актив-

ных сульфидных труб в поле Рейнбоу, где близкая к изокубаниту фаза У также сохраняется гомогенной. По аналогии можно предполагать, что и здесь этот тип парагенезиса является продуктом локального достаточно высокотемпературного короткожившего источника, в связи с чем он остался недостаточно проработанным.

Во II типе сульфидных парагенезисов на основе распавшегося изокубанита проявлены признаки многократного повторения процесса распада, что порождает неоднородность матрицы и свидетельствует о бурной динамике и высокой температуре начальной ступени образования медных руд. Неоднородность матрицы объясняет ее уникальное избирательное замещение. Замещающие минералы и фазы становятся все менее железистыми и обогащаются медью, а в некоторых случаях по матрице избирательно развиваются сульфаты, что указывает на изменение условий в сторону уменьшения температур и повышения окислительного потенциала. Появление новообразований гомогенных Cu–Fe-сульфидов и фаз, включая изокубанит, говорит о новом повышении температур, что может быть вызвано возобновлением поступления флюидов.

В III типе ассоциаций подтип с доминирующим поздним пиритом, цементирующим сильно преобразованные фрагменты изокубанитовых структур распада, видимо, свидетельствует о поступлении новых порций горячих обогащенных железом флюидов. На гипогенное происхождение оксидно-сульфатного подтипа указывают их “спокойные” соотношения с первичными Cu–Fe-сульфидами и наличие в них тонких выделений сингенетичных Fe-сульфидов (в том числе троилита FeS). Эти данные позволяют заключить, что II тип максимально проработанных ассоциаций связан с наиболее древним и длительно существовавшим источником. III тип Fe-ассоциаций можно рассматривать как завершающий процесс образования Cu–Fe-руд и переходный к этапу минералообразования, породившему главную в поле Краснов серно-колчеданную минерализацию.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 05-05-64952).

1. Бельтнев В.Е., Шагин А.А., Марков В.Ф. и др. Новое гидротермальное рудное поле в районе 16°38' с.ш. Срединно-Атлантического хребта // Докл. АН. 2006. Т. 408. № 4. С. 495–499.

2. Кузнецов В.Ю., Черкашев Г.А., Леин А.Ю. и др. Возраст гидротермальных руд Срединно-Атлантического хребта (по данным Th^{230}/U -датирования) // Вестник СПбГУ. 2007. Сер. 7. № 2.

On the base of mineralogical study copper massive sulfides of the new hydrothermal field Krasnov three types of mineral parageneses have been revealed: I – homogeneous isocubanite with bornite-chalcocite veinlets; II – isocubanite exsolution structures with products of its various transformations; III – oxide-sulfate-sulfides with relics of maximum changed of the II paragenesis type.

Н.А. Озерова¹, Ю.И. Пиковский², Г.Ю. Бутузова³, С. Карамата⁴

(¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва, e-mail: ozarov@rinet.ru; ²Московский государственный университет, г. Москва, e-mail: lummgu@mail.ru; ³Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: gin@ginras.ru; ⁴Белградский университет, г. Белград, e-mail: ozrenk@bf.bio.bg.ac.yu)

Ртутоносность рудных и углеводородных образований в сопряженных зонах глубинных разломов океан-континент

N.A. Ozerova¹, Yu.I. Pikovsky², G.Yu. Butuzova³, S. Karamata⁴

(¹Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry of the RAS, Moscow; ²Moscow State University, Moscow; ³Geological Institute of the RAS, Moscow; ⁴University of Belgrade, Belgrade)

Mercury-bearing capacity of both ore and hydrocarbon occurrences in the ocean-continent deep fault zones

Основное поступление ртути в земную кору происходит за счет ртутной дегазации Земли, когда ртуть в потоке флюидов поступает из мантии Земли и участвует в формировании рудных, газовых и газонефтяных месторождений, а также ртутных аномалий в подвижных поясах Земли. Реализация этого процесса происходит по зонам глубинных разломов на суше и в океане, а в ряде случаев в сопряженных структурах океан-континент. Здесь по оригинальным материалам авторов рассматривается ртутоносность рудных и углеводородных месторождений и проявлений в сопряженных зонах глубинных разломов океан-континент на примерах: 1 – рифтовая зона Красного моря (Африкано-Аравийский линеамент) – Вардарская мобильная зона на Балканском полуострове, 2 – рифтовая зона Красного моря и ее северное продолжение в виде дивергирующих структур на территорию Донбаса, 3 – Восточно-Тихоокеанское поднятие – разлом Сан-Андреас – срединные океанические хребты на севере и 4 – глубинные разломы океан-континент в северо-западной пограничной области Тихого океана.

1. Рифтовая зона Красного моря (Африкано-Аравийский линеамент) отчетливо характеризуется повышенными содержаниями ртути (Bignell, Cropan, Tooms, 1976, и данные авторов Г.Ю. Бутузовой и Н.А. Озеровой). По нашим данным (33 образца) все фоновые (за пределами рудоносных впадин) пробы имеют концентрацию ртути в $n \cdot 10^{-5} \%$, что выше кларка ртути в земной коре – $4,5 \cdot 10^{-6} \%$. Это свидетельствует о широко проявленном здесь процессе ртутной дегазации Земли. В собственно рудоносных осадках концентрация ртути – $n \cdot 10^{-4} - n \cdot 10^{-3} \%$. На территории африканского побережья Красного моря установлены шлиховые ореолы киновари (устное сообщение Г.А. Твалчредидзе).

Африкано-Аравийский линеамент к северу и северо-западу разветвляется на серию глубинных разломов. Его северо-западным продолжением является Вардарская мобильная зона на Балканском полуострове. Такое предположе-

ние изложено в монографии Е.Е. Милановского (1976) по материалам болгарских исследователей. Эта зона характеризуется весьма повышенной ртутностью: здесь известно собственно ртутное месторождение Авала, а альпийские сульфидные месторождения, наиболее широко представленные в этом регионе (полиметаллические, сурьмяные, сурьмяно-мышьяковые и мышьяково-талиевые), содержат ртуть в значительных количествах $n \cdot 10^{-5}$ – $n \cdot 10^{-3}$, до $n \cdot 10^{-2}$ %; обследовано более 30 месторождений (Озерова, Карамата).

2. Северным продолжением Аравийско-Африканского линеамента (Чекунов, 1972) является серия разломов, пересекающих бассейн Черного моря, Приазовский и Украинский кристаллические массивы, включая металлогеническую зону линеамента Карпинского. В донных осадках Черного моря установлены повышенные содержания ртути: $5 \cdot 10^{-5}$ – 10^{-4} %. Это находится в согласии с тектонической позицией Черноморской впадины: развитием в ее пределах разломов, принадлежащих Средиземноморскому ртутному поясу, фрагментом которого она является, и поперечных разломов, принадлежащих северным ветвям Аравийско-Африканского линеамента. В пределах поперечных разломов локализованы месторождения и проявления киновари (Крым, Приазовский и Украинский кристаллические массивы, Днепровско-Донецкая впадина и Донбасс), а на пересечении с линеamentом Карпинского нами установлены ртутьсодержащие газовые месторождения (Опошня, Гадяч, Бельское). Кроме того, в пределах одного из поперечных разломов – Верховцевско-Льговского выявлен ртутный ореол в приземной атмосфере, свидетельствующий о современном проявлении здесь ртутной дегазации Земли.

3. Восточно-Тихоокеанское поднятие – чрезвычайно сложная структура. Главный хребет расчленен серией трансформных разломов северо-западного простирания. Одним из таких разломов является разлом Сан-Андреас на северо-американском континенте; по мнению Т. Уилсона он связывает расчлененные сегменты хребта в Калифорнийском заливе со срединно-океаническими хребтами на севере. В рудных новообразованиях на дне океана содержания ртути заметно повышены $1,2 \cdot 10^{-5}$ – $2,8 \cdot 10^{-4}$ %. Более высокие содержания приводит А.Ю. Лейн с коллегами (1988); в пирите и марказите во впадине Гуаймас (Калифорнийский залив) они обнаружили соответственно 0,01 и 0,21 % ртути. Разлом Сан-Андреас – крупная ртутьконтролирующая структура. В его пределах находятся киноварные месторождения, газонефтяное месторождение Цимрик с промышленными содержаниями металлической ртути, современные ртутьсодержащие источники Сульфур Бэнк и др. В газовой фазе месторождения Цимрик и Сульфур Бэнк установлены высокие концентрации ртути. Далее к северу, в донных образованиях Хуан де Фука, приуроченных к одному из срединно-океанических хребтов, обнаружено самое высокое (среди проанализированных нами проб) содержание ртути: $1 \cdot 10^{-3}$ % в сфалерите. Кроме того, К. Boström и D.E. Fisher (1969), выявили в южной части ВТП обширный ареал ртути в донных осадках, а Сох и McMarty (1981) обнаружили повышенные содержания ртути

ти в колонках скважин, что хорошо коррелирует с наличием высокого теплового потока в этом регионе. Следует особо указать, что в пределах ртутного ареала в донных осадках Clark et al. (1969) установили «мантийный» гелий. Приведенные материалы позволяют полагать, что по всей этой сложной структуре: Восточно-Тихоокеанское поднятие – разлом Сан-Андреас – срединные океанические хребты на севере, части которой имеет различный генезис, проявляются процессы ртутной дегазации Земли, обеспечивающие ртутью различные природные образования в океане и на континенте.

4. В северо-западной части Тихого океана по результатам непрерывных (днем и ночью) измерений содержаний ртути с движущегося судна установлены надводные атмосферические ореолы ртути, свидетельствующие о проявлении здесь процессов современной ртутной дегазации. Они приурочены к зонам разломов, которые выявлены по результатам сейсмологических исследований в океане. Разломы пролонгируются из океана на северо-западные разломы Камчатки. По этим разломам в пределах Камчатки также наблюдается современная ртутная дегазация, которая фиксируется по атмосферическим ореолам (пешеходный вариант, дельтаплан, вертолет). Таковы атмосферические ртутные ореолы, установленные в кальдере Узон над гидротермальным полем с ртутно-сурьмяно-мышьяковой минерализацией и вне его, в районе Киреунских термальных источников со слабой сульфидной минерализацией и в районе Пиначевских холодных источников при полном отсутствии проявлений гидротермальной деятельности. Таким образом, установлена отчетливая взаимосвязь атмосферических ртутных аномалий в пограничной области Камчатка-океан, указывающих на проявления здесь процессов ртутной дегазации по единым зонам глубинных разломов океан-континент.

Mercury-bearing capacity of natural objects in the zones of ocean-continent deep faults has been described by the authors' original data: Red Sea rift zone – Wardar mobile zone at the Balkan Peninsular (1), African-Arabian lineament and its northern extension in the Donbass territory (2), Eastern-Pacific rise – San-Andreas fault – mid-oceanic ridges in the North (3), as well as the ocean-continent deep fault zones in the north-western marginal part of the Pacific ocean (4).

В.И. Пересыпкин

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва,
e-mail: peresypkin@sio.rssi.ru)

**Молекулярный состав алкано-нафthenовых углеводородов
в гидротермальных отложениях Восточно-Тихоокеанского
поднятия**

V.I. Peresypkin

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

**Molecular composition of alkane-naphthene hydrocarbons
in hydrothermal deposits from East Pacific Rise**

Полигон гидротермальное поле «9°с.ш. ВТП»

С помощью метода высокоэффективной газовой хроматографии непосредственно на борту судна в 49 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» анализировались пробы, доставленные ГОА «Мир-1» и «Мир-2» с гидротермального поля «9°с.ш. ВТП», представляющие собой образцы сульфидных отложений, как из активных, так и из реликтовых гидротермальных построек.

Концентрации *n*-алканов достаточно низкие и колеблются в пределах $0.06 \div 0.18$ мкг/г сухого вещества или $0.0006 \div 0.0078\%$ от Сорг. Колебания концентраций алканов в образцах можно отнести за счет разницы в температуре гидротермальных флюидов, продолжительностью гидротермального цикла в отдельно взятой системе, сорбцией соединений на поверхности и различным минералогическим составом исследуемых отложений.

По молекулярному составу УВ рудопроявления можно разделить на два типа. Возможно, в пределах одного поля, при формировании гидротермальных отложений в отдельно взятой области, создаются уникальные микроусловия, где реакции синтеза и накопления ОВ различны. Распределение УВ первого типа представлено в основном низкомолекулярными *n*-алканами $C_{14}-C_{22}$ с преобладанием четных гомологов (индекс нечетности $CPI = 0,73 \div 0,79$), второго типа – соотношение низко- и высокомолекулярных почти равно или сдвинуто в высокотемпературную область ($\Sigma C_{10}-C_{22} / \Sigma C_{23}-C_{40} = 0,76 \div 1,17$) с преобладанием нечетных ($CPI = 1,96 \div 1,17$).

Несмотря на однотипность полученных образцов (реликтовые сульфидные отложения), окислительно-восстановительная обстановка в трубах гидротермальных вентов и у их оснований сильно изменчива, и следовательно, меняются отношения изопреноидов ($i-C_{19}/i-C_{20} = 0,5 \div 2,97$). Видимо здесь, из-за незначительных изменений температуры флюида, могут существенно меняться условия превращения и генерации гидротермальных УВ. Важно отметить, что во всех образцах, характер распределения углеводородов свидетельствует о смешении продуктов пиролиза бактериального детрита с

термокаталитическим свежесинтезированным ОВ гидротермального флюида. Их соотношения в большинстве случаев достаточно велики и интерпретация различий того или иного вида требует расширения круга идентифицируемых органических соединений различных классов.

Особый интерес представляет образец активной гидротермальной трубки, где распределение *n*-алканов мономодально и характеризуется узким интервалом гомологов C₁₀–C₂₂ (максимум C₁₅) без преобладания нечетных или четных (CPI – 1,07) с изопреноидом i-C₁₉ (пристан) в качестве доминанта (Pr/Ph – 1,47). Гидротермальная нефть, образовавшаяся в этих условиях (окислительная среда и высокие температуры флюида) близка по составу к природной нефти [Симонейт Б.Р.Т., 1995]. Вполне вероятно, что здесь (в этой конкретной гидротермальной системе) интенсивно идут процессы образования гидротермальной нефти, образованной в ходе сложных реакций абиогенно-термокаталитического синтеза и ее созревание завершается в течение краткого периода геологического времени.

Величины значений $\delta^{13}\text{C}$ для выделенной фракции УВ в пределах -27,05÷-31,56‰ характерны для органического вещества континентального происхождения в районах с развитым осадочным чехлом. В нашем случае высокая гидротермальная активность приурочена к океанической коре, лишенной осадков, т.е. ОВ «курильщико-» является сугубо аквагенным, образованным в результате химических реакций, идущих непосредственно в самой гидротермальной системе.

Полигон гидротермальное поле «21°с.ш. ВТП»

Гидротермальное поле «21°с.ш. ВТП», относится к областям, где в зоне активного вулканизма, при высоких температурах гидротермального флюида идут быстroteкущие процессы синтеза и преобразования органического вещества.

Концентрации *n*-алканов очень низкие – 0,05 ÷ 0,06 мкг/г сухого вещества и 0,0004 ÷ 0,001% от C_{орг.}. Спектры УВ однотипные и характеризуются почти полным отсутствием «горба» нафтеново-ароматических соединений с преобладанием *n*-алканов с нечетным числом атомов углерода (индекс нечетности CPI – 1,17 ÷ 2,03). Это свидетельствует о том, что в процессе высачивания высокотемпературных гидротермальных флюидов к океанскому дну, в восстановительных условиях ($i\text{-C}_{19}/i\text{-C}_{20} < 1$), генерируются исключительно алифатические углеводороды, а процессы трансформации и деградации замедленны (нет сдвига в сторону окислительных реакций, приводящих к образованию насыщенных и ароматических соединений, т.е. к более зрелому ОВ).

Несмотря на сходство в хроматографических спектрах, по групповому и молекулярному составу УВ образцы имеют некоторое различие. Так УВ, выделенные из активных гидротермальных труб и отложений, отобранных у их оснований, имеют сдвиг в низко- и среднетемпературные области с ярко выраженными максимумами нечетных алканов, хотя вклад высокомолеку-

лярных гомологов остается достаточно высоким ($\Sigma C_{10}-C_{22}/\Sigma C_{23}-C_{40} = 1,98 \div 3,08$) и только в одном образце массивных сульфидных отложений (4680-1) имеется явное преобладание тяжелой фракции *n*-алканов ($\Sigma C_{10}-C_{22}/\Sigma C_{23}-C_{40} = 0,78$). Видимо, незначительное изменение окислительно-восстановительных условий и температуры флюида внутри активных вентов, или закупорка подводящих каналов приводит к изменению группового состава гидротермальных УВ (нефтей). Существенное влияние на состав УВ может оказывать минеральный состав отложений и их каталитическое воздействие, приводящее к избирательному синтезу тех или иных соединений углеводородного ряда, а также различные сорбционные свойства минералов. Вклад бактериальной биоты крайне мал и практически не влияет на распределение УВ. Возможно, на поверхности построек развиваются колонии анаэробных бактерий, не потребляющих *n*-алканы. Во всех спектрах отмечено значительное присутствие легкой фракции нефти $\Sigma C_{10}-C_{14} > 28\%$, являющиеся исключительно продуктом термокаталитического воздействия пород на исходное ОВ.

Органическое вещество гидротермальных отложений, как и на 9°с.ш. обогащено легким изотопом (величины $\delta^{13}C = -27,96 \div -28,47\text{‰}$), и только в образцах сульфидных плит у активных построек (в обоих случаях) ОВ тяжелее, что указывает на сходство процессов синтеза УВ в похожих гидротермальных системах.

Таким образом, на исследованных полях в толще гидротермальных отложений интенсивно и непрерывно идут термокаталитические процессы диагенетического преобразования материнского органического вещества и генерация нефтяных углеводородов и их миграция из зоны нагрева к поверхности океанского дна.

Intensive and persistent thermocatalytic processes of diagenetic transformation of mother organic matter, generation of hydrocarbons and their migration from the zone of heating to seafloor have been revealed in hydrothermal deposits of investigated fields.

В.И. Пересыпкин

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва,
e-mail: peresyypkin@sio.rssi.ru)

**Парафиновые углеводороды в гидротермальных
отложениях впадины Гуаймас (Калифорнийский залив)**

V.I. Peresyypkin

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

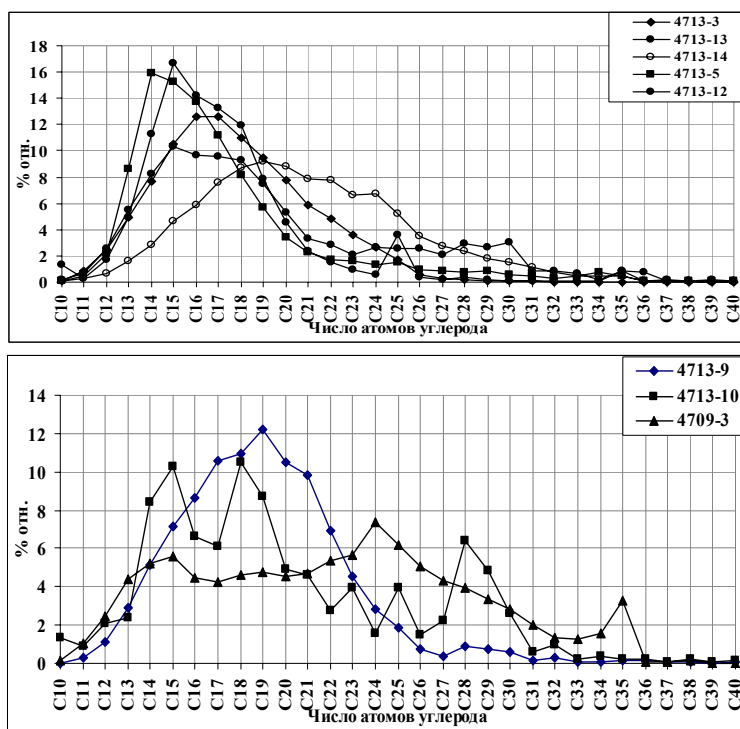
**Paraffins hydrocarbons in hydrothermal deposits from
Guaymas Basin (Gulf of California)**

На гидротермальном поле «27°с.ш. ВТП Гуаймас» в 49 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» с помощью ГОА «Мир-1, 2» была отобрана коллекция разнообразных образцов гидротермальных отложений в большинстве случаев либо имеющих сильный запах нефти, либо пропитанных ею.

Содержание *n*-алканов очень высокое, по сравнению с всеми ранее исследованными полями и колеблется в пределах – $11,18 \div 338,86$ мкг/г сухого вещества или $0,4 \div 1,21\%$ от $C_{орг}$. Верхние пределы концентраций приходятся как раз на образцы, пропитанные нефтью и имеющие в своей структуре сульфидные минералы. При всем разнообразии форм хроматографических спектров, они имеют характерную особенность в виде меняющего свое положение максимума соединений, определяющее его генетическую принадлежность к окислительно-восстановительным процессам, идущим как в толще донных отложений, так и в гидротермальных трубах. Так в основном, положение максимума приходится на среднюю область C_{16-20} – микробиологическая деградация ОВ, в меньшей степени на C_{15} – высокотемпературный пиролиз и двугорбый спектр C_{20} , C_{25-31} – микробиологическая и термокаталитическая трансформация (синтез) ОВ и УВ в частности. При этом не наблюдается существенного сдвига в сторону преобладания нечетных или четных гомологов (индекс нечетности $CPI = 0,96 \div 1,03$). Такое распределение УВ характерно для мощных восстановительных процессов преобразования ОВ на ранних стадиях диагенеза. По мере прохождения флюидного потока сквозь осадочную толщу при увеличении температуры процессы трансформации ОВ меняются от восстановительных в сторону окислительных ($i-C_{19}/i-C_{20} > 1$), и, следовательно, меняется состав гидротермальной нефти, увеличивается сходство с природной нефтью (4713-3, 13, 14). По мнению Симонейта Б.Р.Т. величина индекса нечетности *n*-алканов, зафиксированная им в нефтях бассейна Гуаймас, равная 1, свидетельствует о полном созревании органического вещества, что подтверждается нашими исследованиями [Симонейт Б.Р.Т., 1995; Simoneit B.R.T., Shoell M., 1995].

Вариации в молекулярном составе *n*-алканов гидротермальных нефтей напрямую связаны с различиями в минеральном составе отложений. В об-

разцах с повышенным содержанием сульфидов наблюдается плавное смещение распределения алканов C_{25} – C_{40} в высокотемпературную область, в сульфидно-карбонатных, распределение мономодальное с узким интервалом гомологов C_{10} – C_{23} .



Распределение *n*-алканов в гидротермальных отложениях (27° с.ш. ВТП "Гуаймас").

Видимо, на процессы генерации нефтяных углеводородов существенное влияние оказывает температурный режим образования разного типа отложений, а на накопление в них УВ – геологический возраст. Невысокая температура внутри реликтовых труб и плит способствует сохранению наиболее устойчивой к разложению липидной фракции – парафиновых углеводородов нефти, а влияние микробиоты пассивно из-за нефтяной пленки, покрывающей образцы и создающей в них восстановительную среду.

Средняя величина $\delta^{13}C$ для всех исследованных образцов близка к -23‰ и только в одном образце (4709-3) наблюдается обогащенность фракции легким изотопом. Это отмечено как на хроматографических спектрах, так и в групповом составе алкановой фракции. Такое различие можно объяснить

исключительно изменениями в ходе химических реакций (окислительно-восстановительных), при которых образуются соединения с различной молекулярной массой и, следовательно, меняется изотопный состав самого ОВ.

Таким образом, можно заключить, что в гидротермальных отложениях поля Гуаймас активно идут процессы термолитической, термокаталитической и микробиальной трансформации и синтеза ОВ. Источником нефти на дне океана, где гидротермальные системы действуют под осадочным чехлом, является незрелое органическое вещество осадков.

Симонейт Б.Р.Т. Органическая геохимия водных систем при высоких температурах и повышенных давлениях: гидротермальная нефть // Основные направления геохимии. К 100-летию со дня рождения академика А.П. Виноградова. М.: Наука, 1995. С. 236–260.

Simoneit B.R.T., Shoell M. Carbon isotope systematics of individual hydrocarbons in hydrothermal petroleum from the Guaymas Basin, Gulf of California // *Org. Geochim.* 1995. V. 23. №. 9. P. 857–863.

Thermolysis, thermocatalytic and bacterial transformation and synthesis of organic matter are active in the hydrothermal deposits of the Guyamas Basin. In those areas of the Basin, where the hydrothermal fluid penetrates a thick package of sediment, which is rich in organic matter, petroleum originates from this juvenile organic matter.

В.И. Пересыпкин, Н.А. Беляев, Н.А. Шульга

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва,
e-mail: peresypkin@ocean.ru)

Содержание и молекулярный состав алкано-нафthenовых углеводородов в гидротермальных отложениях САХ (Брокен Спур и Лост Сити)

V.I. Peresypkin, N.A. Belyaev, N.A. Shoulga

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

Content and molecular composition of alkane-naphthene hydrocarbons in hydrothermal deposits from Mid-Atlantic Ridge (Broken Spur and Lost City)

С помощью метода высокоэффективной газовой хроматографии непосредственно на борту судна в 50 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» анализировались пробы, доставленные ГОА «Мир-1 и Мир-2», представляющие собой фрагменты сульфидных (активные и неактивные) труб, донные отложения, также морская вода взятая над гидротермальными источниками из батометров, установленных непосредственно на аппаратах. Более детальные исследования состава органического вещества (ОВ) в образцах проводились в Лаборатории химии океана методом хромато-масс-спектрометрии на GCMS QP5050 “Shumadzu”.

Гидротермальное поле Брокен Спур

Содержание *n*-алканов, выделенных из образцов гидротермальных отложений, отобранных на поле Брокен Спур составляет от 0,022 до 0,45 мкг/г сухого вещества.

При анализе спектров углеводородов (УВ) отмечено почти полное отсутствие «горба» нафthenовых УВ, т.е. биodeградация в отложениях выражена крайне слабо или отсутствует вообще, хотя относительная сумма бактериальных *n*-алканов ΣC_{20-24} довольно высока (20,3÷28,6% отн.). Видимо, в толще отложений в восстановительных условиях ($i-C_{19}/i-C_{20} = 0,23 \div 0,54$) обитают специфические колонии микроорганизмов, не потребляющие *n*-алканы и состав ОВ близок к исходному, образовавшемуся в определенный период геологического времени.

В молекулярном распределении и вариациях параметров, определяющих генезис УВ в образцах реликтовых гидротермальных отложений, отмечены некоторые особенности, позволяющие судить об изменении условий образования и трансформации УВ. Так в образцах максимумы содержания *n*-алканов сдвинуты в средне- и низкомолекулярную область ($\Sigma C_{10-22} > 56\%$) с преобладанием соединений характерных для микробиоты и гидробионтов (C_{15} , C_{18} , C_{20} , C_{22}). Высокомолекулярные гомологи (продукты термokatалитического синтеза) присутствуют в заметно меньших количествах ($\Sigma C_{10-C_{22}}/\Sigma C_{23-C_{40}} = 1,27 \div 2,03$). Судя по отношению нечетных и четных алканов

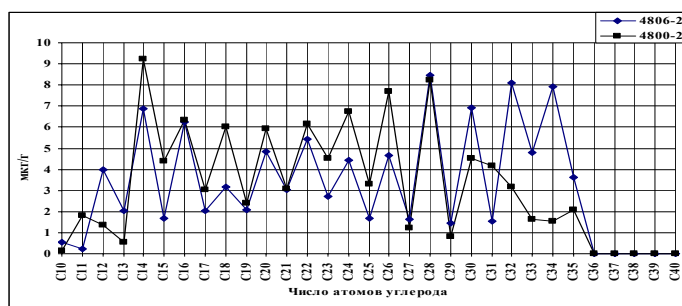
(CPI=0,59±1,05) состав УВ отложений близок к нефтеподобному, но возможно процесс синтеза был прерван с изменением геологической обстановки (обрушение постройки или закупорка подводящих каналов).

В образцах активных «курильщиков», отобранных в предыдущих экспедициях (47 рейс «АМК»), в молекулярном распределении алканов четко прослеживается тенденция к увеличению высокомолекулярных гомологов C₂₅–C₄₀, как следствие быстро текущих реакций термокаталитического синтеза ОВ и УВ в частности.

Таким образом, в образцах гидротермальных отложений поля Брокен Спур, зафиксировано присутствие термически зрелой гидротермальной нефти, образованной в результате высокотемпературных каталитических реакций.

Гидротермальное поле Лост Сити

Концентрации *n*-алканов достаточно низкие и колеблются в пределах 0,04 ÷ 0,08 мкг/г. Видимо, это связано с невысокими температурами гидротермального флюида (60–70°C), глубиной залегания отложений (до 900 м), а также с необычным минералогическим составом карбонатных отложений. В распределении зафиксированы ярко выраженные максимумы четных алканов с преобладанием как в низкомолекулярной области C₁₂–C₂₀ (CPI – 0,40÷0,49), так и высокомолекулярной C₂₂–C₃₄, что указывает на преимущественно морской биогенный генезис ОВ в карбонатных гидротермальных постройках поля. Это могут быть продукты жизнедеятельности бактерий, но наличие характерных для нефтей максимумов углеводородов C₁₂–C₁₄ при примерно равном содержании высокомолекулярных гомологов C₂₂–C₃₄ не исключает низкотемпературный катализ в подповерхностных условиях с последующим накоплением их в карбонатных отложениях. О двойном происхождении УВ можно также судить по наличию «горба» нафтенов в спектрах *n*-алканов, т.к. он имеет место как при реакциях образования нефтеподобных соединений, так и при активно протекающих микробиологических процессах трансформации биогенного ОВ.



Распределение *n*-алканов в карбонатных отложениях

Судя по низким величинам отношения изопреноидов $i\text{-C}_{19}/i\text{-C}_{20} = 0,23 \div 0,28$ в толще отложений произошел сдвиг в сторону сильно восстановительных условий, что способствует сохранению образованных в результате реакций термокаталитического синтеза УВ.

В карбонатных отложениях центра поля в распределение алканов отмечается сдвиг в высокомолекулярную область с примерно равным соотношением четных и нечетных гомологов ($\text{CPI} = 1,04 \div 1,15$), что является показателем образования гидротермальной нефти. Видимо, в этой части гидротермальной постройки создаются такие благоприятные условия, как температура, давление и состояние минеральной фазы, которые способствуют нефтеобразованию.

Как следует из анализа распределения *n*-алканов в “аморфной” творожистой массе “брусит + биомасса микроорганизмов”, в первичном минеральном материале постройки присутствуют *n*-алканы микробного генезиса (нафтенный “горб”) и *n*-алканы, образованные в процессе низкотемпературного (менее 100°C) термокатализа микробной биомассы.

При хроматографическом исследовании распределения *n*-алканов в растворах гидротермального флюида отмечено преобладание в молекулярном составе четных гомологов ($\text{C}_{16}, \text{C}_{24}, \text{C}_{28}, \text{C}_{30}, \text{C}_{32}, \text{C}_{34}$) с типичным нафтенным “горбом” в области $\text{C}_{14}\text{--}\text{C}_{22}$, что характерно для органических соединений микробного генезиса и зоопланктона.

Таким образом, состав УВ гидротермальных растворов и отложений исследованного поля Лост Сити отражает влияние двух преобладающих процессов преобразования ОВ: микробиальной и термокаталитической трансформации.

Хромато-масс-спектрометрические исследования спектров показали наличие в составе ОВ гидротермальных отложений сложных органических соединений ароматического ряда, синтез которых возможен только в результате термокатализа без участия микробиоты.

Structure HC of the hydrothermal solutions and deposits of the fields Lost City and Broken Spur reflects influence of two prevailing main of transformation OM: microbial and thermocatalytic.

С.И. Петухов, П.А. Александров

(ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, e-mail: petukhov@vniio.ru)

**Деформационная модель рудных объектов ГПС,
основанная на блоковом строении вмещающего их района**

S.I. Petukhov. P.A. Alexandrov

(VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, e-mail: petukhov@vniio.ru)

**Deformation model of hydrothermal sulfide ore fields,
based on the block structure of a host area**

Деформационная модель рудных объектов ГПС разработана с целью выявления связи активных гидротермальных зон с напряжёнными состояниями участков земной коры (участки сжатия, растяжения или разгрузки). Исходным материалом для построения модели являлось блоковое строение поверхности океанского дна. Напряжённое состояние блокового массива характеризуется значениями нормальных ($\sigma_{\text{норм}}$) и касательных напряжений ($\tau_{\text{касат}}$) при этом для сжатия $\tau_{\text{касат}} > 0$, растяжения $\tau_{\text{касат}} < 0$, и разгрузки $\tau_{\text{касат}} = 0$. Блоковая модель исследуемого района, выявленная при геометризации рельефа дна, аппроксимировалась двухслойной структурой. При этом предполагалось, что под воздействием веса верхнего слоя происходит пластичная деформация нижнего, величины которой непосредственно определяются высотными отметками блоков, т.е. применяемая модель отражает реальный рельеф дна океана.

Характер влияния касательных напряжений на поперечное сечение флюидо-подводящих каналов иллюстрируется рис. 1, из рисунка видно, что при $\tau_{\text{касат}} \neq 0$ начинается процесс зажатия каналов (как при напряжениях сжатия, так и растяжения).

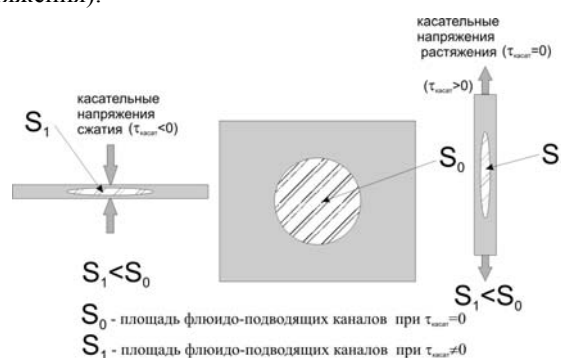


Рис. 1. Влияние касательных напряжений на флюидо-подводящие каналы

Исходя из этого, для поиска активных гидротермальных зон, приуроченных к «разгруженным» участкам земной коры предлагается, определить участки

рельефа океанического дна, на которых значения касательных напряжений верхнего слоя близки к нулю, что и позволяет отнести их к «разгруженным».

Поставленная задача решается с использованием метода конечных элементов (МКЭ), суть которого состоит в аппроксимации непрерывной функции (в данном случае величин механических напряжений на поверхности) дискретной моделью. Сложный рельеф с непрерывно изменяющейся формой поверхности аппроксимируется набором большого числа плоских участков, что позволяет заменить решение системы дифференциальных уравнений в частных производных решением системы линейных алгебраических уравнений. Алгоритм решения задачи МКЭ разработан на основе итерационного метода Зейделя для стандартного пакета символьной математики Maple (релиз 8 и выше).

На первом этапе проводится геометризация рельефа дна, методом геодинамического районирования недр для выявления его блочного строения, и создания блоковой модели интересующего участка земной коры.

Для блоковой модели, с помощью МКЭ рассчитывается распределение в ней напряжений. При этом выявляются области находящиеся в условиях сжатия, растяжения, а так же относительно разгруженные, характеризующихся по нашему мнению «нулевыми» значениями касательных напряжений. По результатам строится карта-схема в изолиниях с оценкой напряженного состояния блочного массива, и выделяется «0-линия» (зона «разгрузки») рис. 2. Полученная карта-схема сопоставляется с морфоструктурными картами и картами элементарных поверхностей, по которым выбираются субгоризонтальные площадки, находящиеся в «разгруженных» зонах. С использованием также данных линеamentного анализа дается прогноз мест предполагаемой гидротермальной активности.

По приведенной выше методике были рассмотрены районы САХ, а именно: рудные узлы ТАГ, «Логачев», «Ашадзе» а также рудопроявления 24°30' и 13°31'.

Анализ результатов показал, что наблюдается корреляция «0-линии» с активными гидротермальными участками: «Рона» (рудный узел ТАГ, рис. 2), «Логачев 1» (рудный узел «Логачев»), «Ашадзе 1» (рудный узел «Ашадзе»). Реликтовые гидротермальные проявления оказались в областях находящихся в условиях растяжения. В рассмотренных районах САХ это – Мир и Алвин (рудный узел ТАГ, рис. 2), «Логачев 2,4» (рудный узел «Логачев»), «Ашадзе 2» (рудный узел «Ашадзе»), рудопроявления 24°30', 13°31'.

Таким образом, активные гидротермальные центры тяготеют к «0-линии»; реликтовые лежат в зонах находящихся в условиях деформации растяжения, где $\tau_{\text{касат.}} < 0$.

Эти два положения являются ключевыми при анализе всех полигонов, для которых построены карты-схемы напряженного состояния блочных массивов участков осевой рифтовой зоны. По результатам проведенного анализа для районов САХ выбираются участки перспективные на обнаружение гидротермальной активности.

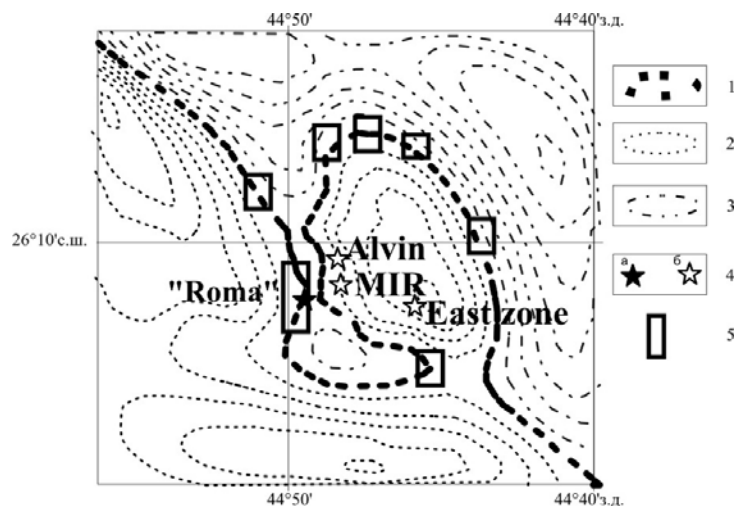


Рис. 2. Карта – схема деформационного поля в районе рудного узла ТАГ
 1 – зона «разгрузки», 2 – изолинии напряжений растяжения, 3 – изолинии напряжения сжатия, 4 – гидротермальные проявления (а – активные, б – неактивные), 5 – предполагаемые районы гидротермальной активности.

В заключении еще раз отметим, что:

1 – во всех рассмотренных нами случаях рудогенерирующая гидротермальная деятельность тяготеет к локальным проявлениям часто изометричным по форме и расположенным в зонах тектонического растяжения;

2 – реликтовые объекты ГПС концентрируются внутри этой зоны, активные располагаются по ее периферии (вблизи «0-линии» деформационных нагрузок).

Summarizing the above said, we may point to the following:

1. In all the cases under consideration ore-generating activity gravitates towards the local active hydrothermal centers in the zones of tectonic tension.

2. The relict hydrothermal sulfides are concentrated inside these zones, the active ones are located along the periphery.

А.В. Савенко

(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
e-mail: Alla_Savenko@rambler.ru)

Оценка роли подводного вулканизма в геохимическом балансе марганца и фосфора в океане

A.V. Savenko

(M.V. Lomonosov Moscow State University)

Estimation of the role of underwater volcanism in the geochemical balance of manganese and phosphorus in the ocean

В настоящее время установлено, что подводная гидротермальная деятельность оказывает существенное влияние на процессы океанского осадкообразования, в частности, на формирование металлоносных осадков, рудное вещество которых генетически связано с оксигидроксидами железа (III). Вместе с оксигидроксидами железа в металлоносных осадках накапливаются различные химические элементы, удаляемые из водной среды в результате соосаждения и сорбции. Соосажденные элементы-примеси могут иметь как гидротермальное происхождение, так и захватываться из обогащенной ими морской воды. Типичным представителем компонентов гидротермального генезиса является марганец, содержание которого в гидротермальных растворах в 10^3 – 10^5 раз превышает таковое в морской воде [1]. Фосфор, напротив, имеет пониженные концентрации в гидротермальных растворах [1], в результате чего в подводных гидротермальных плюмах присутствует, в основном, фосфор морской воды.

Для выяснения роли подводного вулканизма в геохимическом балансе марганца и фосфора в океане были проанализированы зависимости между концентрациями этих элементов в нелитогенной фазе осадков* и содержанием железа в гидротермальной составляющей осадков, отобранных на трансокеанском профиле в Тихом океане [2]. Расчет концентраций гидротермального железа и нелитогенных марганца и фосфора проводился по методике, использовавшейся нами в предыдущих работах, в частности, в [3].

Анализ данных [2] показал, что в металлоносных осадках, расположенных в центральной части профиля через ВТП, наблюдается тесная корреляция концентраций нелитогенных марганца и фосфора с содержанием гидротермального железа (рис. 1, 2), тогда как в краевых частях профиля, находящихся за пределами области распространения металлоносных осадков, эта закономерность нарушается. Для проб, отобранных в районе распро-

* Концентрации в нелитогенной фазе осадков, объединяющей гидрогенно-гидротермальную и биогенную составляющие, рассчитывались ввиду отсутствия аналитических определений содержания марганца и фосфора в биогенном материале.

странения металлоносных осадков, указанные зависимости описываются следующими уравнениями связи:

$$\begin{aligned} \text{Mn}_{\text{NL}} &= 0.325\text{Fe}_{\text{H}}, & r &= 0.957, \\ \text{P}_{\text{NL}} &= 0.039 + 0.063\text{Fe}_{\text{H}}, & r &= 0.883, \end{aligned}$$

где Mn_{NL} , P_{NL} и Fe_{H} – соответственно концентрации нелиггенных марганца, фосфора и гидротермального железа, выраженные в весовых процентах.

Для фосфора связь с железом в металлоносных осадках объясняется соосаждением с оксигидроксидами железа (III) в подводных гидротермальных плюмах [4]. Для марганца кроме соосаждения важную роль играют процессы биохимического окисления до труднорастворимых оксидов при участии железобактерий [5]. Но, несмотря на принципиальное различие механизмов, обеспечивающих тесную корреляцию нелиггенных марганца и фосфора с гидротермальным железом, подводный вулканизм играет определяющую роль в накоплении обоих рассмотренных элементов в металлоносных осадках и, следовательно, является важной статьей их геохимического баланса в океане.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 07–05–00804).

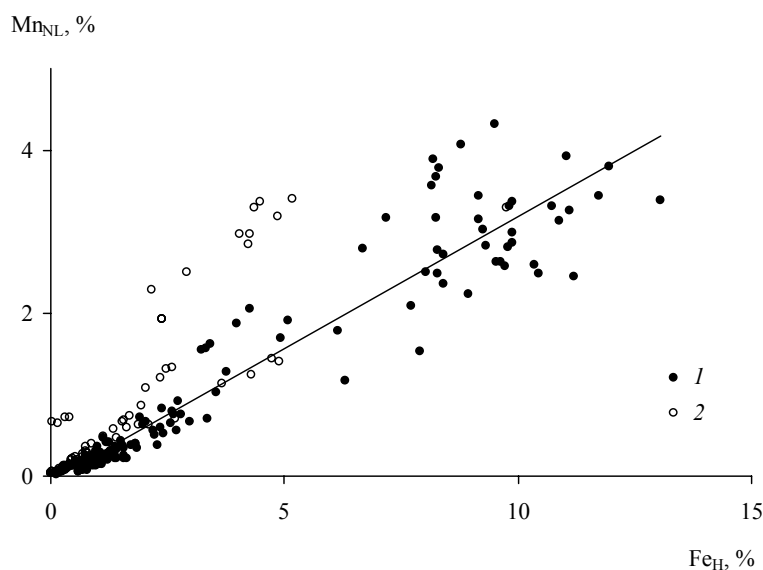


Рис. 1. Зависимость между концентрациями нелиггенного марганца и гидротермального железа в донных осадках профиля через ВТП.

Здесь и на рис. 2:

- 1 – пробы, отобранные в районе распространения металлоносных осадков;
2 – пробы, отобранные вне района распространения металлоносных осадков

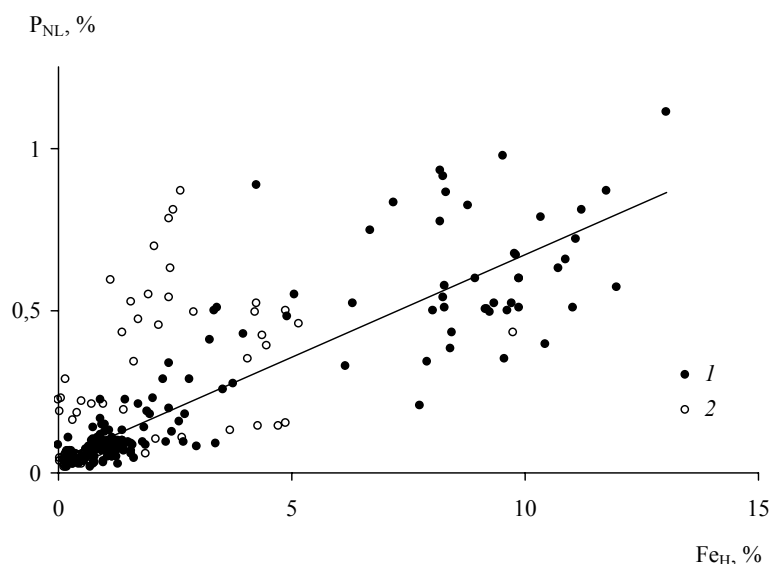


Рис. 2. Зависимость между концентрациями нелитогенного фосфора и гидротермального железа в донных осадках профиля через ВТП

1. Гурвич Е.Г. Металлоносные осадки Мирового океана. М.: Научный мир, 1998. 340 с.
2. Дубинин А.В., Волков И.И. Геохимия донных осадков Восточно-Тихоокеанского поднятия: общая характеристика металлоносности // Литология и полез. ископаемые. 1992. № 6. С. 3–24.
3. Савенко А.В., Волков И.И. Абиогенное осаждение кремнезема в современном океане // Геохимия. 2003. № 6. С. 676–680.
4. Савенко А.В. Соосаждение фосфора с гидроксидом железа, образующимся при смешении подводных гидротермальных растворов с морской водой // Геохимия. 1995. № 9. С. 1383–1389.
5. Тамбиев С.Б., Демина Л.Л., Богданова О.Ю. Биогеохимические циклы марганца и других металлов в гидротермальной зоне бассейна Гуаймас (Калифорнийский залив) // Геохимия. 1992. № 2. С. 201–213.

Close correlation between concentrations of hydrothermal iron and non-lithogenic manganese and phosphorus was found in metalliferous sediments located in the central part of profile through the East Pacific Rise. It was evidenced that the underwater volcanism plays a leading role in accumulation of manganese and phosphorus in metalliferous sediments in spite of principal difference of mechanisms of its accumulation.

А.В. Савенко¹, О.С. Покровский²

(¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
e-mail: Alla_Savenko@rambler.ru; ²Университет им. П. Сабатьера, Тулуза, Франция,
e-mail: oleg@lmtg.obs-mip.fr)

**Соосаждение элементов-гидролизатов с гидроксидом
железа (III) в подводных гидротермальных плюмах**

A.V. Savenko¹, O.S. Pokrovsky²

(¹M.V. Lomonosov Moscow State University; ²P. Sabatier University, Toulouse, France)

**Coprecipitation of elements-hydrolyzates with iron (III)
hydroxide in the underwater hydrothermal plumes**

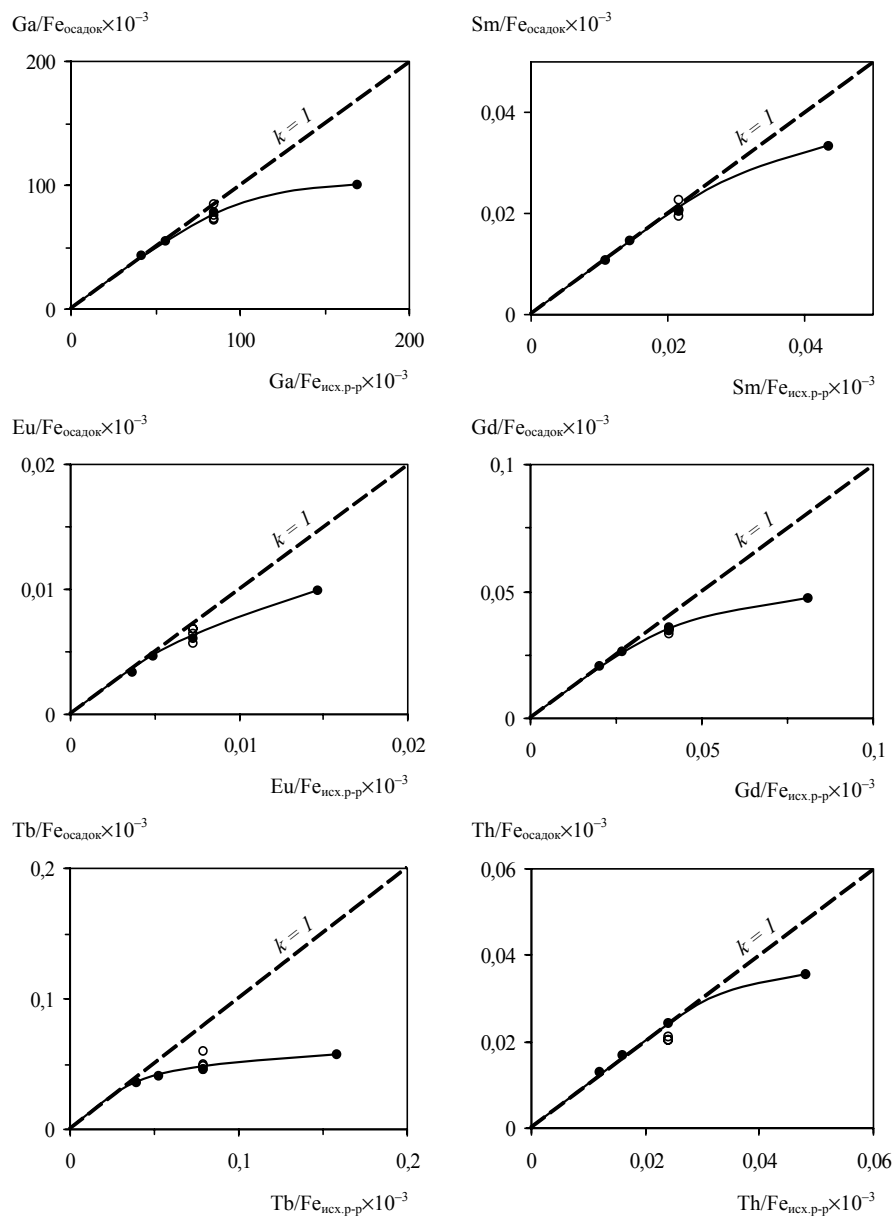
В формировании химического состава взвеси подводных гидротермальных плюмов, которые образуются, главным образом, в результате окисления растворенного двухвалентного железа до труднорастворимых оксигидроксидов железа (III), определяющую роль играют процессы соосаждения и сорбции растворенных в морской воде и гидротермальных растворах веществ. Выполненные ранее экспериментальные исследования, обобщение которых проведено в [1], показали, с одной стороны, различную эффективность соосаждения химических элементов (Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Ni, As, V, Cr, P, Si, B, F, Al, Hg, U) с гидроксидом железа (III), а, с другой, – удовлетворительное соответствие экспериментальных оценок отношений i/Fe в вулканогенном гидроксиде железа данным натурных наблюдений по составу взвеси гидротермальных плюмов.

Наименее изучено соосаждение элементов-гидролизатов, которые должны обладать максимальной эффективностью иммобилизации на оксигидроксидах железа, но в то же время способны образовывать прочные комплексы с неорганическими и органическими лигандами, влияющими на эффективность соосаждения.

В настоящем сообщении представлены новые данные по экспериментальному моделированию соосаждения элементов-гидролизатов (Ga, Sm, Eu, Gd, Tb, Th) из морской воды с гидроксидом железа (III), образующимся при окислении растворенного железа (II) подводных гидротерм.

В опытах использовалась искусственная морская вода с соленостью 35‰, которая, чтобы исключить возможность осаждения собственных фаз элементов-гидролизатов, была приготовлена путем смешения одной части отфильтрованной через плотный бумажный фильтр морской воды, насыщенной относительно твердых фаз изучаемых микроэлементов, и трех частей морской воды того же состава, не содержащей элементы-гидролизаты.

Эксперименты состояли из двух серий. В первой серии к 50 мл морской воды с микроэлементами добавлялось переменное количество (0–0,4 мл) 0,1 М раствора $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; во второй – при фиксированном количестве вводимого сульфата железа (400 мкМ) изучалось влияние различных органических веществ (хитозана, пектина, альгиновой и глюкуроновой кислот) с



Зависимости атомных отношений i/Fe в осадке гидроксида железа от аналогичных отношений в исходном растворе. Черные значки – морская вода без добавления органических веществ; светлые значки – 20 мг/л органических веществ

концентрацией 20 мг/л. Время экспозиции составило 4 дня, в течение которых растворенное железо (II) самопроизвольно окислялось до гидроксида железа (III) и образовывался хорошо агрегированный осадок, после чего пробы отфильтровывались через мембранный фильтр 0,45 мкм. Конечная величина pH в опытах находилась в интервале от 7,4 до 8,2.

В результате проведенных экспериментов установлены нелинейные зависимости отношений i/Fe в осадке гидроксида железа от аналогичных отношений в исходном растворе, причем присутствие органических веществ не оказывает существенного влияния на эффективность соосаждения элементов-гидролизатов (рисунок). В области низких исходных отношений i/Fe , соответствующей для изученных микроэлементов природным условиям [2 и др.], эти зависимости сводятся к линейному виду:

$$(i/Fe)_{\text{гидроксид железа}} = k(i/Fe)_{\text{исходный раствор}} \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности. Для всех изученных элементов-гидролизатов характерна максимально высокая эффективность извлечения в процессе соосаждения с гидроксидом железа (III): при низких исходных отношениях i/Fe коэффициент пропорциональности k в уравнении (1) равен 1,0.

Таким образом, проведенные эксперименты подтвердили высокую эффективность удаления элементов-гидролизатов из морской воды, в том числе содержащей большое количество растворенных органических веществ, в процессе соосаждения с гидроксидом железа (III), образующимся при окислении растворенного двухвалентного железа подводных гидротерм.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 07–05–00804).

1. Савенко А.В. Эпитермальный геохимический барьер подводных гидротерм // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. М.: Изд-во МГУ, 2002. С. 175–184.

2. Гурвич Е.Г. Металлоносные осадки Мирового океана. М.: Научный мир, 1998. 340 с.

Coprecipitation of elements-hydrolyzates (Ga, Sm, Eu, Gd, Tb, Th) with iron (III) hydroxide under conditions of the oxidation of dissolved iron (II) in seawater was experimentally studied. Maximal high efficiency of scavenging of these microelements was determined. Presence of various organic matter was not exerted an effect on the efficiency of coprecipitation of these elements.

В.А. Симонов¹, Е.А. Арсентьева¹, В.В. Масленников²

(¹Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск,

e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru; ²Институт минералогии УрО РАН, Миасс)

Роль фазовой сепарации в гидротермальных системах древних «черных курильщиков»

V.A. Simonov¹, E.A. Arsentieva¹, V.V. Maslennikov²

(¹Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk;

²Institute of Mineralogy UB RAS, Miass)

Role of the phase separation in the hydrothermal systems of the “black smokers”

Важным доказательством фазовой сепарации в современных субмаринных гидротермальных системах являются результаты изучения включений минералообразующих сред, свидетельствующие о захвате кристаллизующимися минералами сингенетичных существенно газовых и высококонцентрированных жидких флюидных включений [1, 2, 3]. Подобные исследования включений имеют большое значение для выяснения роли фазовой сепарации при развитии древних «черных курильщиков» в палеоокеанических структурах. Работы в этом направлении [4] позволили нам получить новые данные о физико-химических параметрах гидротермальных рудообразующих систем типа «черных курильщиков», принимавших активное участие в формировании колчеданных месторождений Урала. Особенности фазовой сепарации рассмотрены с помощью флюидных включений на примере сульфидных руд месторождения Валенторское (Северный Урал).

Наиболее крупная рудная залежь Валенторского месторождения реконструируется как слаботорушенный сульфидный холм, сложенный в значительной мере сульфидными трубами и имеющий многие черты сходства с постройками современных «черных курильщиков». Нижняя часть холма представлена массивным крупнозернистым пиритом с реликтами первичных участков сфалерита. В средней части в ядре тела преобладают богатые халькопирит-пиритовые руды [5].

В ходе исследований были детально изучены образцы основных типов руд, слагающих сульфидный холм Валенторского месторождения: 1. Нижние сульфидные брекчии, образовавшиеся до основной медной руды. 2. Слоистые осадочные руды с ритмичным переслаиванием. 3. Нижние массивные сфалеритовые руды. 4. Руды с подводными каналами (заполненными кварцем), находящиеся в нижней части сульфидной постройки. 5. Сульфидные трубы с центральными каналами (заполненными кварцем), приуроченные к верхней части сульфидной постройки. 6. Руды с гидротермальными кварцевыми жилами, наиболее поздними, но являющимися составной частью гидротермальной системы Валенторского месторождения.

Наиболее представительные данные по флюидным включениям получены для рудных образцов с подводящими каналами, заполненными кварцем. Найденные в этом кварце включения изучались методами термобарогеохимии [6, 7]. Эксперименты с флюидными включениями проводились в среднетемпературной микротермокамере и в криокамере оригинальных конструкций [8].

Флюидные включения (размерами 3–15 мкм) располагаются в кварце в основном по системам пересекающихся залеченных трещин. Главным образом это вторичные включения, но часть из них – мнимовторичные.

Очень характерным является присутствие в одной зоне явно сингенетичных разнофазных включений. Одновременно находятся в тесной ассоциации: однофазные жидкие включения (заполненные светлой жидкостью) + двухфазные (светлая жидкость и газовый пузырек) + однофазные газовые включения (заполненные темным газообразным флюидом) + более редкие многофазные включения (содержащие светлую жидкость, газовый пузырек и светлые кристаллические фазы). Эта ассоциация разнообразных включений, образовавшихся одновременно, близка по своим особенностям к рассмотренным ранее сингенетичным газовым и высококонцентрированным существенно жидким флюидным включениям в минералах из современных гидротермальных построек [1, 2, 3]. Таким образом, рассмотренные нами флюидные включения прямо свидетельствуют о фазовой сепарации флюида, протекавшего по подводящим каналам в нижней части рудной залежи на Валенторском месторождении.

В ходе экспериментальных работ были получены данные по флюидным включениям, позволившие детально рассмотреть физико-химические параметры кристаллизации кварца, заполнившего подводящие каналы. При исследовании в криокамере было выяснено, что содержимое двухфазных включений замерзает около -30 – -35°C . При этих же параметрах замерзают однофазные включения жидкости и включения с кристаллическими фазами. Температуры эвтектики варьируют в пределах $-23,5$ – $-26,5^{\circ}\text{C}$, то есть в составе растворов кроме преобладающего NaCl присутствует примесь KCl. Большинство последних кристалликов в растворах включений исчезает в интервале температур $-3,6$ – $-5,5^{\circ}\text{C}$. Соответственно выделяется одна группа включений с соленостью растворов: 5,6–8,9 мас.%. Эти значения хорошо совпадают с данными по флюидным включениям в минералах из «черных курильщиков» задугового бассейна Манус в Тихом океане [9] и соответствуют группе включений с повышенной соленостью в кварце колчеданного месторождения Яман-Касы на Южном Урале.

Термометрические исследования показали, что основная группа включений имеет температуры гомогенизации в интервале 140 – 180°C . Введение поправки на давление (250 бар) показало, что температуры гидротермальных растворов на месторождении Валенторское составляли не менее 160 – 200°C .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№№ 05-05-64341, 05-05-64532), Интеграционного проекта № 6.8, Программы Минобрнауки Российской Федерации (РНП.2.1.1.1840).

1. *Bortnikov N.S., Krylova T.L., Bogdanov Yu.A. et al.* The 14°45'N hydrothermal field, Mid-Atlantic Ridge: Fluid inclusion and sulfur isotope evidence for submarine phase separation // *Mineral Deposits: Research and Exploration Where do they meet?* 1997. Balkema, Rotterdam. P. 353–356.

2. *Kelley D.S., Delaney J.R.* Two-phase separation and fracturing in mid-ocean ridge gabbros at temperatures greater than 700°C // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1987. V. 83. P. 53–56.

3. *Vanko D.A., Bach W., Roberts S., Yeats C.J., Scott S.D.* Fluid inclusion evidence for subsurface phase separation and variable fluid mixing regimes beneath the deep-sea PACMANUS hydrothermal field, Manus Basin back arc rift, Papua New Guinea // *J. Geophys. Res.* 2004. V. 109. B03201. P. 1–14.

4. *Симонов В.А., Арсентьева Е.А., Масленников В.В.* Фазовая сепарация рудообразующего флюида в гидротермальных системах Валенторского колчеданного месторождения (Северный Урал) // *Металлогения древних и современных океанов – 2007*. Т. I. Миасс: ИМин УрО РАН. 2007. С. 123–128.

5. *Масленникова С.П., Масленников В.В.* Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщиков» (на примере Урала). Екатеринбург – Миасс: УрО РАН, 2007. 312 с.

6. *Ермаков Н.П., Долгов Ю.А.* Термобарогеохимия. М.: Недра, 1979. 271 с.

7. *Реддер Э.* Флюидные включения в минералах. М.: Мир, 1987. 632 с.

8. *Симонов В.А.* Петрогенезис офиолитов (термобарогеохимические исследования). Новосибирск: Изд-во ОИГТМ СО РАН, 1993. 247 с.

9. *Симонов В.А., Бортников Н.С., Лисицын А.П., Викентьев И.В., Богданов Ю.А.* Физико-химические условия минералообразования в современной гидротермальной постройке «Венский лес» (задуговой бассейн Манус, Тихий океан) // *Металлогения древних и современных океанов – 2002*. Миасс: ИМин УрО РАН. 2002. С. 61–68.

Study of the samples from the Valentorsky deposit (North Ural) have allowed to establish association of different phase syngenetic fluid inclusions, that directly testifies to phase separation of the ancient “black smoker” hydrothermal system. Sulphide ores of this deposit were formed at active participation of solutions with salinity 5,6–8,9 % (NaCl + KCl) and temperatures 160–200°C.

С.М. Судариков^{1,2}, Д.В. Каминский², Е.В. Наркевский³

(¹СПбГТИ; ²ВНИИОкеангеология; ³ПМГРЭ, Санкт-Петербург,
e-mail: sudarikov@vniio.ru)

**О структуре гидротермальных плюмов
в придонных водах района 12°58'с.ш. САХ**

S.M. Sudarikov^{1,2}, D.V. Kaminskiy², E.V. Narkevsky³

(¹SPbGGI; ²VNIIOkeangeologiya; ³PMGRE, St.Petersburg)

**To the hydrothermal plumes structure in bottom waters
of the 12°58' N site, MAR**

Данные о структуре гидротермальных плюмов в районе 12°58'с.ш. рифтовой зоны Срединно-Атлантического хребта получены преимущественно в рейсах НИС «Профессор Логачёв» ПМГРЭ совместно с ВНИИОкеангеология. Дополнительные данные, по результатам исследований в русско-французской экспедиции «СЕРПЕНТИН» на НИС «Пуркуа па?» в 2007 году позволили уточнить отдельные параметры плюма поля Ашадзе-1. Что касается поля Ашадзе-2, то результативные станции CTD в русских экспедициях остаются пока единственными источниками сведений о гидротермальных сигналах в придонных водах этого района. В то же время, в экспедиции «СЕРПЕНТИН» впервые в реальном времени наблюдалась гидротермальная разгрузка на поле Ашадзе-2. Наряду с выраженной нефелометрической аномалией на высоте 150–200 м от дна в плюме нейтральной плавучести поля Ашадзе-1 наблюдаются отрицательные аномалии температуры, солёности (в соответствии с «атлантической» моделью формирования плюмов) и плотности. Придонный аномальный слой на высоте 50–60 м от дна характеризуется повышенной температурой и солёностью. Горизонт латерального растекания на поле Ашадзе-2 также расположен на высоте 150–200 м от дна, хотя глубины здесь почти на 1000 м меньше, чем на поле Ашадзе-1. На этом горизонте фиксируются отрицательные аномалии температуры и солёности, но отсутствуют аномалии плотности. Кроме того, повышение температуры и солёности отмечается на высоте ~80–90 м от дна. Третий аномальный слой на этом поле находится на высоте 300–350 м от дна и характеризуется незначительными отрицательными аномалиями температуры и солёности, а также некоторым повышением плотности. Приведённые характеристики плюмов свидетельствуют об особенностях разгружающихся гидротермальных растворов. В частности, пониженная плотность придонных вод в зоне гидротермальной аномалии поля Ашадзе-1 может быть связана с повышенным содержанием газов, связанным с процессами фазовой дифференциации растворов. Разгрузка спонтанных газов и периодический выброс вещества из источников поля Ашадзе-1 наблюдалась нами в реальном времени в экспедиции «СЕРПЕНТИН». Предварительный анализ говорит о наличии в составе газов гидротерм поля Ашадзе-1 повышенных количеств во-

дорода и метана. По данным опробования гидротермальных растворов проведено сопоставление составов гидротерм полей Ашадзе-1 и Логачёв-1.

CTD investigations on two sites at 12°58' N MAR were carried out in several Russian cruises and the *SERPENTINE* Russian-French expedition during the spring cruise of R/V *Puorquoipas?* in 2007. Structure of hydrothermal plumes at Ashadse 1 and 2 fields show some differences according to different composition of hydrothermal solutions.

***СИМПОЗИУМ
ИМ. П.Л. БЕЗРУКОВА
"ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
И МИНЕРАЛОГИЯ ОКЕАНОВ
И МОРЕЙ"***

Т.Н. Алексеева, О.М. Дара, Е.С. Саранцев

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва e-mail: tania@blackout.ru)

Глинистые минералы Бразильской котловины

T.N. Alekseeva, O.M. Dara, E.S. Sarantsev

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

Clay mineral in Brazilian basin

Современное осадконакопление в Бразильской котловине контролируется поступлением исходного вещества (терригенного, эндогенного, биогенного) из разных источников (Южная Америка, Антарктика, Южно-Атлантический срединный хребет, антициклоническая циркуляционная система поверхностных вод). Перераспределение осадков материала происходит под воздействием гравитационных процессов и придонных антарктических вод, сформированных в море Уэдделла. Двигаясь на север через Аргентинскую котловину, каналы Вима и Хантер, холодные воды проникают в Бразильскую котловину, где могут эродировать дно, образуя перерывы в осадконакоплении, переотлагать и растворять биогенный карбонат кальция. Преобладающие трассы переноса взвеси достаточно уверенно метят комплексы глинистых минералов.

Исследование глинистых минералов в кернах глубоководного бурения и в колонках четвертичных осадков показало, что придонные антарктические воды не являются главным агентом транспортировки осадочного материала из Антарктики в Аргентинскую и Бразильскую котловины.

Соотношение глинистых минералов в осадках изученных колонок варьирует незначительно. Иллит обнаружен во всех колонках, однако в приэкваториальных районах его разбавляет каолинит и смектит. В более высоких широтах иллит доминирует, но уменьшаются размеры его частиц и доля пелитовой фракции в осадках по сравнению с низкими широтами. Каолинит изобилует в низких широтах в противоположность распределению хлорита. Возвышенность Риу-Гранди служит пограничной зоной между провинцией Бразильской котловины с высоким содержанием смектита и областью относительно низких его концентраций в Аргентинской котловине.

Для Южной Атлантики в целом характерны две минералогические ассоциации: «океанская» и «континентальная». Первая представлена смектитом и цеолитами, а в континентальной ассоциации преобладает иллит с изменчивым содержанием каолинита и хлорита. Смектит-цеолитовая ассоциация Бразильской котловины в основном формируется за счет вулканогенного материала Южно-Атлантического хребта и возвышенности Риу-Гранди. Главным источником глинистых минералов континентальной ассоциации является Южная Америка. При смещении от экватора к высоким широтам химическое выветривание пород обрамления сменяется физическим выветриванием, поэтому в осадках уменьшается доля каолинита, а содержания

иллита и хлорита растут. В Бразильскую котловину антарктические придонные воды приносят небольшое количество только наиболее тонких фракций иллита.

The main source of clay minerals in Brazil basin are: South America, heit of Rio-Grande, South Atlantic range. At the same time illite and chlorite came mainly from Atlantic.

С.И. Андреев

(Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «ВНИИОкеангеология»,
e-mail:andreev@vniio.ru.)

Минеральные ресурсы Мирового океана: перспективы изучения и освоения

S.I. Andreev

(Federal State Enterprise "All-Russia Research Institute for Geology and Mineral Resources of the World Ocean" "VNIIOkeangeologia", St. Petersburg)

Mineral Resources of the Ocean: Prospects for the Study and Exploitation

В настоящее время проблема минеральных ресурсов глубоководных районов Мирового океана находится в стадии принятия ответственных решений относительно ее дальнейшего развития. К этому подводит состояние изученности основных океанических видов полезных ископаемых: железомарганцевых конкреций (ЖМК), кобальтмарганцевых корок (КМК), глубоководных полиметаллических сульфидов (ГПС) и газогидратов; а также несомненный интерес Государства к Мировому океану, выражающийся в утверждении Морской доктрины (2001 г.) и планировании широкого комплекса технико-технологических работ в рамках ФЦП «Гидронавтика», в числе заказчиков – координаторов которой выступают Министерство Природных Ресурсов и Российская Академия Наук.

Существенно опережая перечисленные выше виды минерального сырья океана, уверенно лидируют ЖМК, месторождение которых уже закреплено за Россией (1988 г.), согласно Конвенции по морскому праву (1982 г.), и несколько лет (с 2001 г.) планомерно разведывается ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» по Контракту с Международным органом по морскому дну (МОД) ООН. Общий ресурсный фонд, оцененный по категориям P_2 и P_3 , достигает в пределах Российского Разведочного Района (РРР) в пределах Заявочного Участка в поле Кларион – Клиппертон (Тихий океан) – 600 млн т рудной массы при средних содержаниях Ni – 1,42%, Cu – 1,15%, Co – 0,23%, Mn –

30,17%, Мо – 0,06% (данные Южморгеология, 2006 г.). Базовая глубина в районе месторождения – 4800 м.

По степени изученности и готовности к Заявке в МОД ООН на втором месте стоят КМК, основные скопления которых размещаются на гайотах Магеллановых гор (СЗ Тихого океана). Обследовано более 10 крупных подводных горных сооружений – плоско-вершинных подводных гор, на склонах которых в интервале 1400–2500 м. установлены залежи кобальтоносных Fe–Mn корок толщиной от 4–6 до 10–12 см. Общий ресурсный фонд сухой рудной массы на наиболее перспективных, опосредованных объектах составляет по категориям P_2 и P_3 более 400 млн т. Средние содержания металлов: Co – 0,56–0,58%; Ni – 0,45%; Mn – 21,3%. Идет активная подготовка заявочных материалов для подачи в МОД ООН с целью закрепления за Россией наиболее перспективных гайотов. Задержка с решением этой проблемы вызвана отсутствием утвержденных международных правил поиска и разведки месторождений КМК в Международном Районе океана. Их разработка уже начата и планируется к завершению в 2008–2009 гг.

ГРР на ГПС сосредоточены в северной части Срединно-Атлантического хребта (0°–40°с.ш.). Разными странами (США, Франция, Великобритания) выявлено более 10 сульфидных объектов, в т.ч. три крупных (рудные узлы «Логачев» (1993–1994), «Ашадзе» (2003) и рудное поле Краснов, открытое Россией (2004). В 2007 г. на 13°31' с.ш., на пересечении западного борта рифтовой долины с крутым диагональным (340–350°) разломом, ПМГРЭ совместно с ВНИИОкеангеология обнаружено новое рудное скопление ГПС, протягивающееся по северному склону поперечного к структуре осевого рифта поднятия. Имеются веские основания предполагать, что оно может превратиться в крупный рудный узел. Состав сульфидных руд океана отличается высоким содержанием Cu – 10,3–37,7%; Zn – 16–19,3%; Au до 32–43 г/т при ресурсном потенциале первые млн. т. рудной массы.

Открытые в 1997 г. в Западно-Тихоокеанской транзитали в Новогвинейском море промышленно-значимые залежи ГПС со средним содержанием Cu – 5%; Zn – 22%; Au – 13 г/т (Пакманус) и проявленное к ним внимание со стороны крупных горно-рудных компаний “Nautilus Minerals” и “Placer Dome”, вызвало ажиотажный интерес к ГПС всего океана и поставило этот вид полезного ископаемого с третьего места на второе. В мае 2008 г. намечается окончательная доработка Международных Правил поиска и разведки ГПС. Российские геологические организации (ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, Южморгеология) приступили к подготовке Заявочных Материалов.

Газогидраты открыты и исследуются с конца 60-х годов прошлого столетия. Однако их изученность не достигла уровня перехода к регулярным ГРР, хотя результативность, несомненно, заслуживает положительной оценки. Наиболее интересным объектом является газогидратоносная зона вдоль западного борта впадины Дерюгина в Охотском море.

Мотивацией к активному изучению минеральных ресурсов океана являются экономические, геополитические, научные и социальные факторы. Океан существенно укрепит минерально-сырьевую базу России: полностью снимет дефицит в Mn; пополнит снижающийся ресурсный потенциал по Ni, Cu и Zn, явится основным источником Co и Mo. Уже сегодня освоение месторождений ЖМК и КМК представляется рентабельным предприятием, стратегически выгодным с позиции развития производительных сил, демографии и социальной инфраструктуры страны в целом, и в первую очередь, ее Дальневосточных регионов. Ориентировочные сроки освоения месторождений ЖМК и КМК – 2021–2022 гг., ГПС – 2025–2030 гг. [1]

В мире наблюдается повышенный интерес к изучению и освоению минеральных ресурсов Мирового океана: ЖМК, КМК, ГПС и газогидратам. Геолого-экономическая оценка показывает, что освоение минеральных ресурсов дна океана имеет не только геополитическое, но, в первую очередь, экономическое значение, и может произойти в 20-х годах XXI века.

1. Минеральные ресурсы Мирового океана: концепция изучения и освоения (на период до 2020 г.). С-Пб: ВНИИОкеангеология, 2007. 97 с.

There is an increased interest towards the studies and exploitation of the ocean's mineral resources i.e., towards FMN, CRC, DSPS and gas hydrates. The geological and economic estimate shows that the exploitation of the ocean's mineral resources is not only geopolitically but, in the first turn, economically significant. This exploitation may start in the 20-ies of the XXI century.

**Л.И. Аникеева¹, В.Е. Казакова¹, Т.А. Семкова¹,
В.А. Рашидов²**

(¹Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «ВНИИОкеангеология»,
e-mail: andreev@vniio.ru; ²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006,
Петропавловск-Камчатский, e-mail: rashidva@ksnet.ru)

Железомарганцевые корки Западно-Тихоокеанской переходной зоны

L.I. Anikeeva¹, V.E. Kazakova¹, T.A. Semkova¹, V.A. Rashidov²

(¹Federal State Enterprise «All-Russia Research Institute For Geology and mineral
resources of the World Ocean (“VNIIOkeangeologia”), St. Petersburg; ²Institute
of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatskii, Russia)

Ferromanganese crusts in the West-Pacific transition zone

Западная окраина Тихого океана характеризуется высокой вулканической и гидротермальной активностью, с которой связываются многочисленные сульфидные рудопрооявления. Как правило, выходы сульфидных руд на поверхности дна сопровождаются широкими ореолами оксидных Fe-Mn корок гидротермального генезиса, представляющими поисковый признак выявления возможного сульфидного рудообразования.

Участие гидротермальной (эндогенной) и гидрогенной составляющих фиксируется в минеральном и химическом составах корок. Условия их образования отражаются в соотношении основных (Mn, Fe, Ni, Cu, Co), редких (Li, Mo, Y, V, W, Te, Be и др.), благородных (Pt, Au, Ag) и редкоземельных элементов.

Гидротермальные корки, в отличие от гидрогенных кобальтбогатых Fe-Mn корок открытого океана, обычно маломощные – до 1 см (реже 3–5 см), образуют налеты и пленки на плотных субстратах, часто имеют газывыводящие каналы. Скорость накопления может достигать нескольких миллиметров в тысячу лет [1]. Главные типоморфные Mn-минералы корок – бернессит, характерный для гидротермальных образований Срединно-Атлантического хребта (САХ), и тодорокит, чаще встречающийся в корках задуговых бассейнов. Железистые минералы: гетит, маггемит, гизингерит, лепидокрокит, β-акаганеит, ферроксигит.

Химический состав гидротермальных корок нестабилен. По вариациям модуля Mn/Fe от 0,2 до 3000, выделены три разновидности гидротермальных корок: железистые, железомарганцевые и марганцевые. Контрастные соотношения главных (Mn, Fe) и крайне низкие содержания цветных, редкоземельных и благородных металлов, свидетельствуют о связи данных образований с разнообразными по генезису гидротермальными системами. Типоморфными цветными металлами являются Cu, Co и Zn, изменения содержания которых происходят на фоне вариаций отношения Mn/Fe. В чисто железистых разновидностях сумма цветных металлов крайне низка (сотые

тысячные доли %), несколько повышаются в переходном типе корок, и увеличиваются до десятых долей процента в марганцевых разновидностях.

Содержания редкоземельных элементов в гидротермальных корках в порядок ниже, чем в гидрогенных [2]. Последние характеризуются положительной аномалией Се, высокой суммой РЗЭ, легкие РЗЭ преобладают над тяжелыми. Геохимический рисунок распределения РЗЭ гидротермальных корок меняется с изменением их основной специализации, от сглаженных «базальтовых» кривых (железистые и Fe-Mn корки с низкими содержаниями цветных металлов), до спектров с отрицательной аномалией Се и положительным пиком Eu в марганцевых гидротермальных корках. Индикатором гидротермального генезиса этих образований являются низкие содержания РЗЭ, повышенное значение $Eu/Sm=0,28-0,30$, доминирование тяжелых РЗЭ над легкими – $LPЗЭ/TPЗЭ=0,46-0,66$, высокое значение $Eu/Eu^*=1,24-1,28$. Группа железистых (охры с примесью нонтронита) корок также характеризуется низкими значениями суммы РЗЭ (38,14–129,68 %), повышенными значениями $Eu/Sm=0,24-0,35$, выположенной цериевой аномалией ($Se/Se^*=0,91-1,06$), Eu/Eu^* колеблется в пределах 0,93–1,39.

Обогащенность марганцевых ($Mn>40\%$) гидротермальных корок медью может являться поисковым критерием обнаружения сульфидных тел, имеющих Cu и Cu-Zn специализацию. Модульные величины $Cu/Zn>1,0$, $Cu/Cu+Zn>0,7$ свидетельствуют о преобладании цинковой специализации для железистых корок из различных районов Западно-Тихоокеанской переходной зоны – $Cu/Zn=0,72$, $Cu/Cu+Zn=0,38$.

Содержания благородных металлов в гидротермальных корках крайне низки (сотые-тысячные г/т), лишь серебро, составляющее единицы, чаще десятые г/т, является наиболее характерным элементом. Так, в марганцевых корках неактивной рудной постройки «Мир» (САХ) его концентрации – 1,0–1,80 г/т, максимум 13,39 г/т в марганцевом прослое из осадка. В гидрогенных кобальтбогатых корках содержания серебра довольно постоянны и не превышают десятых долей г/т [2].

Поведение Li различно в разных по генезису железомарганцевых отложениях. Например, в Fe-корках ЗПЗТ при крайне низких содержаниях (17–43 г/т), наблюдается сильная положительная корреляция Li с модулем $SiO_2/Al_2O_3 (+0,98)$, более слабая, но значимая связь с Fe/Cu (+0,87), Mn/Fe (+0,75), $P_2O_5 (+0,72)$, что может свидетельствовать о связи Li не только с алюмосиликатной составляющей железомарганцевых образований (ЖМО), но и с гидроксофосфатом железа, привнесенного гидротермальными растворами, что отмечалось и для РЗЭ [1].

Самые высокие содержания Ва (десятки – до целых %) зафиксированы в древних марганцевых отложениях Западной окраины Тихого океана (ЗТПЗ) [3] и в существенно марганцевых корках, исследованных нами. В современных Mn-корках ЗТПЗ и марганцевых образованиях флангов древней постройки «Мир» (САХ) содержания Ва уменьшаются. Наивысшие концен-

трации Мо наблюдаются в марганцевых корках постройки «Мир», но резко снижаются в их железистых разновидностях.

Таким образом, по своим основным минералого-геохимическим характеристикам низкотемпературная минерализация задуговых бассейнов резко отличается от таковых гидрогенных железомарганцевых кобальтбогатых корок открытого океана, но во многом сходна с гидротермальными ЖМО рифтогенных структур Атлантики и Тихого океана. Mn, Fe–Mn, Fe-образования, в общих чертах, аналогичны таковым в районах СОХ с их базальтовым вулканизмом. Однако, рудогенез Западно-Тихоокеанской переходной зоны отражает специфические черты геолого-тектонического строения данного региона, характеризующиеся пестрым составом продуктов вулканизма от базальтов до риолитов.

Показано, что минералого-геохимические характеристики гидротермальных корок Западно-Тихоокеанской переходной зоны (ЗТПЗ) имеют черты сходства с таковыми низкотемпературных ЖМО рифтогенных структур Атлантики и Тихого океана, но имеют и свою специфику, отражающую геолого-тектонические условия их образования.

1. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. М.: Наука, 2006. 360 с.

2. Аникеева Л.И. др. Кобальтбогатые руды Мирового океана. СПб: ВНИИОкеангеология, 2002. 167 с.

3. Usui A., Someya M. Distribution and composition of marine hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific // Manganese Mineralization Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits. Geol. Soc. Publ., 1997. № 119. P. 177–198.

It has been demonstrated that the mineralogical and geochemical characteristics of the hydrothermal crusts of the West-Pacific transition zone have certain similarity with those of the low-temperature ferromanganese formations of riftogenous structures of the Atlantic and Pacific, though having their own specificity which reflects the geological and tectonic conditions of their formation.

Н.В. Астахова

(Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, e-mail: n_astakhova@poi.dvo.ru)

Особенности выделения благородных и цветных металлов в железомарганцевых корках центральной части

Охотского моря

N.V. Astakhova

(V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok)

Peculiarities of mineralogical forms of the precious and nonferrous metals in iron-manganese crusts of the central part of the Okhotsk Sea

В Охотском море железомарганцевые корки имеют широкое распространение. Нами были детально изучены рудные образования центральной части моря: банки Кашеварова, впадины Дерюгина и возвышенности Академии Наук.

Рудные корки этого района имеют небольшую мощность (до 2 см). На склоне банки Кашеварова встречаются также корки, верхняя часть которых, мощностью до 3 мм, сложена железомарганцевыми гидроокислами, а в нижней части образцов наблюдается скопление терригенных обломков размером 1–0,5 мм и различной степени окатанности, сцементированные железомарганцевым цементом. Железомарганцевые гидроокислы, поднятые при драгировании возвышенности Академии Наук, цементируют гальку и угловатые обломки пород, образуя своеобразные конгломераты. В то же время они покрывают эти конгломераты коркой, мощностью до 2 см.

Полученные данные по химическому составу показали, что корки содержат почти эквивалентные количества Mn и Fe, а суммарное содержание в них рудных элементов достигает 30 вес. %. При этом концентрация Mn меняется от 5,6 до 16,0%, а Fe – от 3,9 до 17,7%, Mn/Fe – от 0,18 до 1,42. Содержание цветных металлов крайне низкие и составляют десятые и сотые доли процента, что значительно ниже, чем в океанских рудных корках. Сумма Ni, Co, Cu, Pb и Zn варьирует от 0,01 до 0,46 [1, 2]. Содержание золота достигает 0,01, серебра – 0,24 г/т (ppm).

Микронзондовое изучение аншлифов корок показало, что они имеют неоднородный химический состав. Кроме железо-марганцевых выделений, в аншлифах обнаружены участки преимущественно марганцевого или железистого состава, а также марганцево-железисто-кремнистого, железисто-кремнистого, сульфатно-гидроокисного, алюмо-силикатного составов.

В результате проведенного исследования во всех образцах были обнаружены включения благородных и цветных металлов различного состава. Наиболее широко распространено самородное серебро. Оно обнаружено во всех образцах. Реже встречаются мелкие зерна золота, железа, меди, сурь-

мы, вольфрама, сульфидов цинка, серебра, меди, интерметаллические соединения – медно-никелевые, олово-свинцово-медно-никелевые, никель-хром-молибденовые, железо-хром-никелевые, золото-медно-серебрянные и серебряно-цинковые.

Серебро и золото присутствует в виде мелких, преимущественно первые микроны, зерен неправильной формы, зачастую угловатых. Распределение их в корке носит хаотичный характер.

Цветные металлы в железомарганцевых корках Охотского моря встречаются в виде зерен самородных элементов или интерметаллических соединений разного состава, реже в виде сульфидов. Более всего интерметаллов содержатся в корках со склона банки Кашеварова и приурочены к нижней части корок. Они представлены медно-никелевыми, медно-оловянными, свинцово-оловянными или комплексными сплавами этих четырех элементов. Здесь же встречены зерна сурьмы (72,66 масс. %), размером до 15 мкм. В массивной корке из этого района обнаружены сульфиды цинка и интерметаллические соединения состава Ni-Cr-Mo. Химический состав (мас.%) этих соединений по результатам микрозондового анализа 6 зерен следующий: Ni – 50,65...39,65; Cr – 21,41...16,12; Mo – 20,58...8,96.

В корках впадины Дерюгина интерметаллических соединений значительно меньше. Они представлены зернами цинкистой меди, являющейся аналогом искусственной латуни, Fe-Cr-Ni и Au-Cu-Ag сплавами. В корках с возвышенности Академии наук также встречаются Fe-Cr-Ni соединения и самородный вольфрам (93,89 масс. %).

Хаотичное распределение золота и серебра в гидротермально-осадочных железомарганцевых корках Охотского моря позволяет предположить, что это – механическая примесь. Источником их, вероятнее всего, являются гидротермальные плюмы. Исследования, проведенные в Атлантике, показали, что взвесь и осаждающийся материал в гидротермальном плюме обогащены золотом и серебром [3]. И если, для впадины Дерюгина и банки Кашеварова мы можем предполагать терригенный источник этих металлов, то для корок подводных вулканов в центральной части моря и на океаническом склоне Курильской дуги, где нами также обнаружены включения благородных металлов, этот источник крайне сомнителен.

Интерметаллические соединения, обнаруженные на склоне банки Кашеварова, вероятно, были в первичном осадке, сцементированном железомарганцевыми гидроокислами. Являются ли источником интерметаллических соединений гидротермальный плюм или подстилающие базальты мы пока однозначно ответить не можем, так как, хотя и в меньшем количестве и более простого состава, они встречаются в рудных корках с незначительной примесью обломочного материала на подводных вулканах Охотского моря. Тем не менее, наличие интерметаллических соединений и сульфидов в районе банки Кашеварова позволяет выделить этот район как перспективный на обнаружение промышленных полиметаллических залежей.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Мировой океан» и ДВО РАН (грант 06-05-96129).

1. *Астахова Н.В.* Аутигенные образования в позднекайнозойских отложениях окраинных морей Востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2007. 244 с.

2. *Астахова Н.В., Саттарова В.В.* Геохимия железомарганцевых образований центральной части Охотского моря // Вулканология и сейсмология. 2005. № 3. С. 29–33.

3. *Лукашин В.Н., Алейник Д.Л., Исаева А.Б., Лейн А.Ю., Виноградов Г.М.* О геохимии плюма нейтральной плавучести над гидротермальным полем Рэйнбоу и потоках осадочного материала из него // Геохимия. 2004. № 5. С. 488–502.

The numerous fine grains of native elements, intermetal alloys or less often in the sulphidic form of Ag, Au, Cu, Zn, Pb, Ni, Sn, Sb, W, Cr, Mo are revealed in the iron-manganese crusts of the Okhotsk Sea. There are any possible sources of these metals in ore crusts of this region.

Н.В. Астахова

(Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, e-mail: n_astakhova@poi.dvo.ru)

Особенности выделения цветных металлов в железомарганцевых корках Японского моря

N.V. Astakhova

(V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok)

Peculiarities of mineralogical forms of nonferrous metals in iron-manganese crusts of the Japan Sea

Железомарганцевые корки мощностью от 1 мм до 20 см были подняты при драгировании склонов подводных вулканов Японского моря в первых же морских экспедициях отдела морской геологии ТОИ ДВО РАН. По содержанию главных рудных элементов эти корки отличаются от корок северо-западной части Тихого океана высоким содержанием Mn и аномально низким – Fe. В основном, содержания Mn в них варьируют в пределах 20–40%, а Fe 1–8%. Четкой закономерности между содержаниями Fe и Mn не выявляется. Можно лишь отметить, что для Центральной котловины характерны более марганцевистые образования. Диапазон отношений Mn/Fe очень широк и изменяется от 0,11 до 571 в среднем (за исключением максимального и минимального) составляет 28,4. Содержание микроэлементов в изученных образцах низкое и составляют десятые и сотые доли процента. Химический состав и приуроченность корок к привершинным частям подводных вулканов позволило сделать вывод, что образование их связано с поствулканическим гидротермально-осадочным процессом [1, 2].

При изучении шлифов железомарганцевых корок при помощи микрозондового анализатора JXL-8100 во всех образцах были обнаружены многочисленные включения цветных металлов различного состава. Самой распространенной является медь. Затем, по мере убывания, следуют цинк, свинец, олово, никель, сурьма, вольфрам, хром, молибден. Кобальт, мышьяк, рений и селен присутствуют в качестве примесей. Судя по данным химического анализа, выявлены самородные медь, свинец и олово; сульфиды меди, олова, цинка, свинца и никеля (халькопирит, станин, сфалерит, галенит, пентландит); сульфаты цинка и свинца; оксиды меди, цинка, свинца, олова, сурьмы и висмута; обогащенные кобальтом, медью или никелем вольфраматы; молибдат и оксигалоидное соединение свинца. Обычно, размеры этих минералов не превышает 1–2 микрона.

Повсеместно в марганцевой матрице встречаются интерметаллические соединения, преимущественно меди и цинка. Содержания металлов в них варьирует в очень широких пределах: от 70,85 до 2,66 % Cu и от 85,78 до 2,31 % Zn. В большинстве случаев они содержат примеси свинца, олова, железа, никеля, мышьяка и сурьмы в разных количествах. Также встречаются

ся соединения Cu-Sn, Cu-Sn-Pb-As, Sn-Pb, реже Ni-Fe-Mn, Fe-Cr-Ni-Mn, Sn-Cr. Часто эти соединения в той или иной мере окислены. Форма зерен различная: от округлой до удлиненной. Размеры также варьируют от 1 до более 10 микрон.

Полученные данные свидетельствуют, что цветные металлы в гидротермально-осадочных рудных корках Японского моря присутствуют в виде самостоятельных минералов. Наиболее вероятно, источником их являются базальтовые магмы, в конечную фазу ликвации которых происходит обособление наиболее богатой летучими флюидно-силикатной части магматического расплава, обогащенной рудными компонентами [3].

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Мировой океан» и ДВО РАН (грант 06-III-A-07-249).

1. *Астахова Н.В.* Аутигенные образования в позднекайнозойских отложениях окраинных морей Востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2007. 244 с.

2. *Астахова Н.В., Введенская И.А.* Химический состав и генезис железомарганцевых образований подводных вулканов и возвышенностей Японского моря // Вулканология и сейсмология. 2003. № 6. С. 36–43.

3. *Прокопцев Н.Г.* О механизме поступления рудного вещества на дно океана из базальтового расплава // Докл. АН СССР. 1985, Т. 283, № 4. С. 964–968.

The fine accessory minerals of nonferrous metals (Cu, Zn, Pb, Sn, Ni, Sb, W, Cr, Mo, Co, As) in the form of native elements, sulfides, sulfates, oxides or intermetal alloys are revealed during the REM and microprobe investigation polished samples of iron-manganese crusts of Japan Sea. It is supposed, that sources of this metals is due to postvolcanic gas-hydrothermal processes.

Н.Р. Аюпова

(Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, e-mail: aypova@mineralogy.ru)

Оксидно-железистые отложения колчеданосных зон

Уральского палеоокеана

N.R. Ayupova

(Institute of Mineralogy, Uralian Branch, Russian academy of Sciences, Miass)

**Oxide-ferruginous sediments in massive-sulfide bearing zone
of Uralian paleocean**

На многих колчеданных месторождениях мира отмечается тесная ассоциация сульфидных руд с ярко-красными яшмовидными гематит-кварцевыми породами. Исследователи подчеркивают, что гематит-кварцевые образования часто распространены и вне какой-либо связи с колчеданообразующими процессами. Выяснение генезиса сходных по строению, составу и механизму формирования кремнисто-железистых отложений, встречающихся в пределах самых разнообразных палеоокеанических структур является принципиально важным, так как эти породы являются одним из решающих поисковых признаков для обнаружения колчеданного оруденения.

На уральских колчеданных месторождениях среди кремнисто-железистых пород выделены три литогенетических типа: *джаспериты*, *госсаниты* и *умбриты* [Масленников и др., 1989; Теленков, Масленников, 1995; Масленников, 1999]. Это подразделение в какой-то мере условно, поскольку могут быть выделены и переходные разновидности [Аюпова, 2004]. Известные оксидно-железистые образования различаются по облику, минеральному составу, положению относительно залежей сульфидных руд, пространственно-возрастным соотношениям с сульфидными рудами и, очевидно, по условиям образования.

Джаспериты (red hematitic cherts, англ.) или «яшмокварциты» – оранжевые и ярко-красные гематит-кварцевые породы обычно приурочены к кровле как рудоносных, так и безрудных эффузивно-гиадокластитовых построек базальтового или кислого состава. В основании залежей они связаны постепенным переходом с гиадокластитами и переслаиваются с непреобразованными гиадокластическими прослоями, а верхняя граница железисто-кремнистых слоев обычно резкая.

Госсаниты («gossany» – принадлежащий железной шляпе, англ.) образуют седиментационные ореолы вокруг рудных тел в виде пластообразных залежей мощностью от первых сантиметров до 1 м. Автохтонные госсаниты обычно залегают в кровле сульфидных руд, имеют массивный и грубополосчатый облик и содержат сульфидные рудокласты, в различной степени замещенные оксидами железа. Аллохтонные разности располагаются на выклинках колчеданных залежей, имеют обычно слоистые текстуры, чаще переслаиваются с сульфидными песчаниками и хлоритолитами.

Умбри́ты или умбры (от *umber*, англ.) – оксидно-железистые породы, отличающиеся повышенными содержаниями марганца образуют маломощные прослои над слоями джасперитов и/или госсанитов и представляют породу, состоящую из оксидов железа и марганца с примесью кварца, карбонатов, хлорита и марганцевых силикатов.

Не отрицая теоретической возможности поступления и локального отложения гидротермального железистого материала и кремнезема, следует заметить, что в колчеданосных зонах Южного Урала более надежными оказываются признаки гальмиролитического происхождения кремнисто-железистых пород, включающие реликтовые текстуры и структуры придонного замещения гиалокластов, биокластов и кластогенных сульфидов.

Джаспериты являются продуктами щелочного гальмиролиза гиалокластических осадков. В формировании госсанитов, кроме гиалокластов и карбонатных биокластов, принимали участие окислявшиеся сульфиды. Концентрация марганецсодержащих корок в кровле слоя джасперитов или госсанитов обусловлена диагенетической миграцией марганца из нижней части слоев в верхние в окислительных условиях диагенеза, что характерно для современных осадков. Во многих случаях апогиалокластитовые и апосульфидные железистые породы в результате процессов гальмиролиза почти полностью утратили облик исходных осадков.

1. *Аюпова Н.Р.* Апогиалокластитовые железистые и марганцовистые породы Узельгинского колчеданосного поля (Южный Урал). Автореф. дисс. ... канд-та геол.-мин. наук. Миасс: ИМин УрО РАН, 2004. 19 с.

2. *Масленников В.В.* Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданосных палеогидротермальных полей (на примере Южного Урала). Миасс: Геотур, 1999. 348 с.

3. *Масленников В.В., Зайков В.В., Теленков О.С.* О выделении генетических типов металлоносных отложений на колчеданных месторождениях Южного Урала. Кремнисто-железистые отложения колчеданосных районов. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 163–189.

4. *Теленков О.С., Масленников В.В.* Автоматизированная экспертная система типизации кремнисто-железистых отложений палеогидротермальных полей Южного Урала. Миасс: ИМин УрО РАН, 1995. 200 с.

There are different types of submarine siliceous-ferruginous sediments (red hematitic chert) on massive sulfide bearing area of Southern Urals: gossanites, jasperites and umberites. They are depended on the primary rations of hyaloclastic, carbonate and sulfide components in sedimentary mixtures exposed to «submarine weathering» (halmyrolysis).

Е.С. Базилевская

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, e-mail bazilev@ocean.ru)

**Геоисторические аспекты океанского Fe-Mn
рудобразования**

E.S. Bazilevskaya

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

Geohistorical aspects of ocean Fe-Mn ore metallogeny

Fe-Mn рудогенез – процесс осадочный. Начало его синхронно с началом осадкообразования в океане, а, следовательно, и с образованием самого океана на Земле.

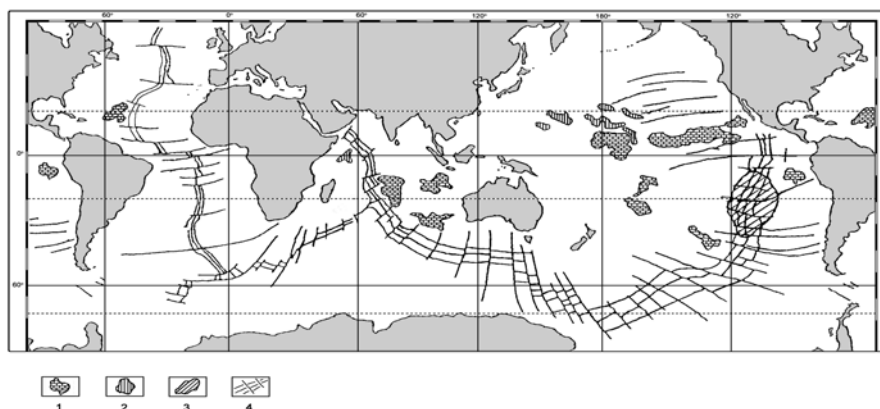
Все известные палеогеографические реконструкции (начиная с 3 млрд лет), подразумевают существование океана, на фоне которого происходили глобальные процессы создания суперконтинентов и их распада на отдельные блоки.

Слоистые осадки раннеархейского возраста обнаружены на нескольких континентах, что свидетельствует о существовании в то время терригенного сноса и формировании коры выветривания.

Возраст воднослоистых осадков в западной Гренландии по данным Нутмана с соавт. [1] более 3850 млн лет. Авторы считают, что в это время существовала атмосфера и происходили хемогенно-осадочные процессы, причем условия, удовлетворяющие стабильности жидкой воды, означают, что температура поверхности суши была сходна с современной. Р.Гаррелс и Ф.Маккензи [2] пришли к выводу, что примерно 3 млрд лет назад закончилась ранняя стадия образования океана, а становление условий, близких к современным, произошло 2–1,5 млрд лет назад.

Доказательств, которые свидетельствуют о глубокой древности существования океана на Земле, появляется все больше.

Чтобы понять, как же соотносится процесс Fe-Mn рудонакопления в океане с возрастом океана, кратко остановимся на геохимии главного рудообразующего металла железо-марганцевых отложений (ЖМО) – гидроксида Mn, обладающего высокой сорбционной активностью и контролирующего состав ЖМО. Существовать в твердой фазе он может только в окислительной среде, характерной для современного океана. При изменении среды на восстановительную гидроксид Mn растворяется и ЖМО разрушаются. Образующийся Mn^{2+} насыщает морскую воду и сохраняется в ней до нормализации окислительных условий, в которых происходит регенерация гидроксида. Круговорот Mn в океане замкнут, что отличает его от Fe, которое в восстановительных условиях способно осаждаться в форме собственных минералов или входить в состав других, и таким образом частично изымается из океанского рудообразования.



В истории Земли известны периоды глобальных катаклизмов. Все они сопровождались активизацией магматизма, резким повышением температуры и снижением содержаний кислорода в океанской воде, что приводит к растворению ЖМО. Аналогичные последствия, хотя и локальные, имеет и современная эндогенная активность, широко проявленная в спрединговых центрах.

Mn не имеет временной метки, поэтому определить наличие древнего Mn в современных ЖМО невозможно.

На карте распространения рудных полей в океанах (рис. по [3]) четко видно асимметричное их расположение в глобальном масштабе.

К Индо-Тихоокеанскому сегменту приурочено 9 крупных полей, к Индо-Атлантическому – 1. Расчет по накоплениям Mn в рудных полях разных океанов свидетельствует о резко выраженной асимметрии между Индо-Тихоокеанским и Индо-Атлантическим сегментами, разделение которых проходит по Срединно-Индийскому хребту. В первом случае накопление Mn (и сопутствующих металлов) в десятки раз выше. Это объясняется более древней историей существования Океана в этом сегменте Земли. Образование молодого Индо-Атлантического океанского сегмента началось после раскола Гондваны, поэтому и рудогенез здесь молодой.

Mn является хорошим геоисторическим репером, который целесообразно использовать при палеореконструкциях.

1. Nutman A.P., Mojzsis S.J., Friend C.R.L. *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 1997. V. 61, № 12. P. 2475–2484.

2. Гаррелс Р., Маккензи Ф. *Эволюция осадочных пород*. М.: Мир, 1974. 271 с.

3. Аникеева Л.И., Андреев С.И., Александров П.А. и др. *Разведка и охрана недр*. 2005. № 1. С. 47–54.

Fe-Mn ore formation is a sedimentary of Ocean process. It was began synchronously with ocean formation on the Earth. This formation in compliance with contemporary conception was more than 2–2,5 Ga ago.

General asymmetry in the deposition of main ore nodules fields (fig. 1) tells about the younger age of Indo-Atlantic segment and older age of Indo-Pacific segment of Earth.

Special features of Mn geochemistry in Ocean allow to use it as a perfect geohistorical indicator for modeling paleoreconstructions.

Г.Н. Батурин

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, e-mail gbatu@ocean.ru)

Роль вулканизма в глобальных циклах углерода и фосфора

G.N. Baturin

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

The role of volcanism in global cycles of carbon and phosphorus

Роль вулканизма в связи с накоплением углерода фосфора в осадочных породах относится в вечным проблемам геологии, обсуждение которых продолжается в течение более ста лет при диаметрально противоположных точках зрения различных исследователей. В фундаментальной работе А.Б. Ронова [1], базирующейся на анализе представительных материалов о составе фанерозойских пород, было показано, что между массами вулканогенных пород главных стратиграфических подразделений и массами содержащихся в одновозрастных осадках органического и карбонатного углерода имеется значимая корреляционная связь, что интерпретировалось как свидетельство прямого влияния вулканизма на цикл углерода. Однако вопрос о том, каким образом это влияние реализовалось, не рассматривался.

В связи с этим на основании упомянутых данных, дополненных материалами по распределению в породах фосфора, выполнена новая серия расчетов соотношений между массами пород и названных элементов.

В своих работах А.Б. Ронов оперировал массами пород и элементов, накопившихся в течение крупных геологических эпох, продолжительность которых меняется в значительных пределах. В связи с этим оказывается, что чем длительнее эпоха, тем больше масса приуроченных к ней пород и осадков. Поскольку такое сопоставление является недостаточно объективным, нами выполнено сравнение скоростей накопления за единицу времени масс органического и карбонатного углерода, а также фосфора в составе терригенных, карбонатных и вулканогенных пород. Заметим, что данные А.Б. Ронова по содержанию углерода базируются на результатах прямых определений, а по фосфору приняты средние содержания в трех названных типах пород – соответственно, 0,056, 0,043 и 0,11%.

Результаты выполненного сопоставления демонстрируют, что степень корреляции между распределением органического и карбонатного углерода значительно ниже, чем представлялось А.Б. Ронову. Так, пики накопления обеих форм углерода совпадают только в девоне-карбоне и палеогене-неогене. Об относительно слабой корреляции двух форм углерода свидетельствует также широкий диапазон колебаний соотношения масс $C_{\text{карб}}/C_{\text{орг}}$ – от 1,23 в олигоцене до 29,33 в позднем кембрии.

Что касается масс вулканогенного материала в целом и масс заключенного в нем фосфора, то скорость их накопления также лишь частично соответствует скоростям накопления органического и карбонатного углерода.

Так, пик вулканической активности в среднем девоне несколько опережает пики обеих форм углерода. Пик накопления карбонатного углерода в ранней перми не сопровождается пиками других рассматриваемых компонентов, а пик вулканической активности в позднем триасе не оказывает заметного влияния на скорость накопления ни карбонатного, ни органического углерода. В палеогене и неогене на фоне постепенного увеличения относительно слабой вулканической активности скорости накопления органического и карбонатного углерода менялись согласованно между собой, но неравномерно, с минимумами в олигоцене и плиоцене. При этом между абсолютными массами вулканогенного и терригенного материала выявляется значимая прямая корреляция.

Согласно расчету, относительная доля вулканогенного фосфора в его общем балансе фанерозойских пород колебалась от 13–14% в позднем кембрии и олигоцене до 43–48% в среднем девоне – раннем карбоне, ранней перми и среднем триасе. В связи с этим представляется возможность сопоставить темпы накопления углерода в осадочных толщах с темпами накопления именно вулканогенного фосфора.

При таком сопоставлении оказывается, что большая часть результатов, относящихся к органическому углероду, размещается в двух корреляционных полях. Основное поле представляет совокупность эпох, демонстрирующих прямую корреляционную связь между вулканической активностью и накоплением органического вещества в осадках, отражающим, в свою очередь, уровень биологической продуктивности. Второе поле, охватывающее раннюю юру, ранний мел, эоцен, олигоцен и неоген, свидетельствует о меньшей зависимости накопления органики от проявлений относительно слабого вулканизма в указанные эпохи. За пределами этих полей остаются, с одной стороны, средняя и поздняя юра, когда обогащенные органическим веществом осадки формировались при отсутствии активного вулканизма, и с другой стороны – ранний девон, ранняя пермь, средний и поздний триас, когда активный вулканизм не сопровождался заметным накоплением органики в осадочной толще.

Сходная картина выявляется при сопоставлении темпов накопления карбонатного углерода с накоплением вулканогенного материала (и соответственно фосфора), с той лишь разницей, что все эпохи размещаются в пределах трех корреляционных зон, демонстрирующих соответственно слабую, умеренную и значительную корреляционную связь.

Рассмотренные данные свидетельствуют, во-первых, о том, что интенсивность вулканических процессов оказывает заметное влияние на общие темпы осадконакопления, стимулируя накопление терригенного материала; вероятно, это обусловлено интенсификацией выветривания континентальных пород в результате выброса в атмосферу газообразных продуктов вулканической деятельности. Столь же важен тот факт, что вулканизм влияет, хотя и не всегда, на темпы накопления органического и карбонатного углерода в осадках.

Известно, что осаждению карбоната кальция, в том числе биогенного, способствует щелочная реакция морской воды, а повышению биологической продуктивности и накоплению органики в осадках – в первую очередь приток фосфора. Но поставка в морскую воду избыточного вулканогенного CO_2 вызывает ее подкисление, что должно приводить не к осаждению, а к растворению карбоната кальция. Что же касается фосфора, то в гидротермальных растворах его крайне мало [2, 3], а в базальтах он геохимически слабо подвижен.

Преодоление этого противоречия заключается в том, что значительная часть вулкаников представлена тонкодисперсным туфогенным материалом, содержащим относительно подвижный фосфор, выносимый из вулканогенных толщ вадозными водами [4].

Другим источником фосфора могут быть гиалокластиты и другие продукты подводного вулканизма [5]. Третий источник подвижного фосфора – усиливающийся благодаря вулканизму сток продуктов химического выветривания с континентов. В современных условиях ускоренный приток антропогенного фосфора в океан приводит к росту биологической продуктивности, увеличению содержания растворенного углерода в морской воде и к инверсии потока углекислого газа в системе океан-атмосфера [6].

По всей видимости, именно дополнительный приток фосфора являлся причиной увеличения биологической продуктивности морских бассейнов фанерозоя во время ряда проявлений активного вулканизма. При этом активизация накопления биогенных карбонатов происходила в результате биохимического потребления фитопланктоном и фитобентосом углекислоты, что влекло за собой подщелачивание морской воды и повышение ее активной реакции (pH) до 9 или более и нейтрализовало эффект подкисления, возникавшего за счет растворения вулканогенного CO_2 .

1. Ронов А.Б. Стратисфера или осадочная оболочка Земли. М.: Наука, 1993. 144 с.
2. Гордеев В.В. Металлогения современных и древних океанов. М.: ЦНИГРИ, 1992. С. 181–183.
3. Tunncliffe V., Botros M., de Burgh M.E. et al. Deep-Sea Res. 1986. V. 33. № 3. P. 401–412.
4. Фелицын С.Б., Кирьянов В.Ю. Литология и полез. ископаемые. 2002. № 3. С. 316–320.
5. Курносов В.Б. Гидротермальные изменения базальтов в Тихом океане и металлоносные отложения. М.: Наука, 1986. 256 с.
6. Савенко В.С. Геохимия. 2000. № 3. С. 350–352.

Таблица
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ФАНАЕРОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Возраст (млн л)	Масса пород 10^{15} т		Масса С 10^{12} т		Содержание С, %		Масса Р, 10^{12} т			Отн. % Р вул-кан.	Накопл. С, 10^{12} т/ 10^6 л		$C_{\text{вул}}/C_{\text{оф}}$
	Оса-донч.	Вул-каног.	Ор-ган.	Кар-бон.	Ор-ган.	Кар-бон.	Тер-риг.	Кар-бон.	Вул-ка-ног.		Ор-ган.	Кар-бон.	
N ₂ (7)	21.16	2.24	100	140	0.47	0.66	13.46	0.19	2.46	15.0	14	20	1.42
Ni ₁ (16)	40.13	5.57	310	770	0.77	1.89	23.03	2.02	6.13	19.7	19	48	2.52
P ₃ (10)	21.56	2.04	200	250	0.93	1.11	13.01	0.66	2.24	14.1	17	21	1.23
P ₂ (22)	43.62	7.78	420	1790	0.96	4.06	20.86	4.997	8.56	24.9	20	85	4.25
P ₁ (11)	12.54	2.46	100	440	0.74	3.25	6.72	1.38	2.71	25.1	12	55	4.58
K ₂ (35)	98.56	22.04	620	4070	0.63	4.09	45.52	11.66	24.24	29.8	18	119	6.61
K ₁ (40)	106.8	21.39	750	3040	0.70	2.82	55.53	9.19	23.53	26.7	23	95	4.13
J ₃ (25)	55.95	6.55	590	2310	1.05	4.09	25.88	6.94	7.20	18.0	28	110	3.93
J ₂ (10)	49.59	5.71	490	1580	0.99	3.15	24.99	4.79	6.28	17.4	33	105	3.18
J ₁ (20)	46.53	5.57	280	1450	0.60	3.09	23.18	4.67	6.13	18.0	16	85	5.31
T ₃ (15)	59.44	21.17	220	1900	0.37	3.16	30.93	5.10	23.29	39.3	9	76	8.44
T ₂ (10)	22.26	11.04	40	920	0.18	4.09	10.48	2.64	12.14	48.1	4	92	23.0
T ₁ (15)	23.37	4.73	60	760	0.26	3.21	12.60	1.72	5.20	26.6	4	51	12.7
P ₂ (20)	3783	6.97	100	1230	0.26	3.17	21.36	2.14	7.67	24.6	5	61	12.2
P ₁ (15)	6176	23.74	220	4130	0.36	6.54	20.40	13.06	26.11	43.8	9	165	18.3
C ₂₊₃ (33)	69.25	10.95	380	3250	0.55	4.58	29.21	10.45	12.04	23.3	10	81	8.10
C ₁ (32)	60.48	25.62	550	4780	0.91	7.72	14.55	16.38	28.18	47.7	22	191	8.68
D ₃ (20)	54.84	26.46	360	2800	0.66	4.98	22.04	9.00	29.11	48.4	24	186	7.75
D ₂ (13)	58.65	22.85	290	2880	0.49	4.79	24.40	9.08	24.70	43.2	18	180	10.0
D ₁ (22)	53.22	14.78	80	1560	0.15	2.87	28.05	4.33	16.26	33.4	3	65	21.7
S (35)	65.06	6.64	180	2130	0.28	3.24	33.29	5.96	7.30	15.7	5	60	12.0
O (60)	92.55	17.95	480	3990	0.52	4.27	44.02	10.66	19.74	26.4	9	72	8.0
C ₃ (20)	44.53	3.47	80	2210	0.18	4.92	17.20	7.70	3.82	13.3	3	88	19.3
C ₂ (28)	49.20	5.40	140	2630	0.28	5.28	18.26	9.08	5.94	17.8	5	87	17.4
C ₁ (22)	56.25	8.85	2307	3080	0.41	5.42	20.81	10.42	9.73	24.0	9	123	13.7
(542)	1306	292.1	7270	54090	0.56	4.14	600.6	164.2	321.4	29.6	12	95	7.92

Г.Н. Батури¹, В.Т. Дубинчук²

(¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, e-mail: gbatur@ocean.ru;

²ФГУП ВИМС)

**Редкие элементы в железомарганцевых корках
подводных гор**

G.N. Baturin¹, V.T. Dubnchuk²

(¹Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow; ²VIMS, Moscow)

Rare elements in ferromanganese crusts on subsea mountains

В связи с перспективами разработки месторождений железомарганцевых корок на подводных горах Тихого океана продолжается исследование их строения, минерального и химического состава. Особое внимание уделяется содержащимся в корках микроэлементам, которые могут извлекаться из них попутно или экологически опасны. При комплексном изучении технологических проб корок с Магеллановых гор, находящихся в пределах российского заявочного участка, нами получены новые сведения о минералогии и геохимии содержащихся в этом материале благородных металлов, молибдена, таллия, теллура и редкоземельных элементов (РЗЭ). Минеральный состав корок исследовался методами аналитической электронной микроскопии, включая микродифракцию. Элементный состав определялся методом ИСП-МС.

Установлено, что платина находится в корках в форме самородного металла в ультрадисперсном состоянии без четкой приуроченности к железомарганцевому материалу, но иногда ассоциирует с фосфатной фазой, которая является обычным компонентом корок. Встречаются также частицы платины размером до 60 мкм.

Золото ассоциирует преимущественно с минералами железа и находится в ультрадисперсном состоянии в форме гидрата золота и реже – в виде самородного металла, а также в составе интерметаллических соединений. Основным источником ультрамикроскопических частиц благородных металлов является, видимо, океанская вода, в то время как относительно крупные частицы самородных металлов происходят из подстилающих корки выветрелых базальтов.

Молибден, таллий и теллур исследовались как в исходных технологических пробах, так и в продуктах их кислотной переработки. В тех и других установлены ультрамикроскопические включения молибденита, оксида и хлорида таллия и оксида теллура. Предполагается, что генезис молибденита связан с осаждением из морской воды частиц органического вещества, спорадически создающих в отдельных участках корок восстановительную микросреду.

Присутствие в корках хлорида таллия сопоставляется с наличием аналогичного соединения в океанской воде, что относится также к оксидам и таллия, и теллура. Эти результаты свидетельствуют, что в железомарганцевых

корках присутствуют наряду с сорбированными формами названных элементов также их самостоятельные минеральные фазы.

Во всех пробах корок присутствует фосфатная фаза, среднее содержание которой составляет 10%. С нею, как показали также предшествующие исследования, связана преобладающая часть РЗЭ, чем обусловлено относительное обогащение корок этими элементами.

Основная масса фосфатных включений представлена идиоморфными кристаллами апатита в виде гексагональных табличек и короткостолбчатых призм.

Из большой группы сульфидных минералов, обнаруженных ранее в железомарганцевых корках и конкрециях, в рассматриваемом материале присутствует только пирит в форме кубических кристаллитов размером до 0,3 мкм.

Грани кристаллов апатита местами покрыты тонкой сыпью, состоящей из частиц церианита $(\text{Ce, Th})\text{O}_2$ размером в сотые доли микрометра. При плотной упаковке этих частиц они образуют пленки, обволакивающие поверхность апатита. Реже встречаются мелкие пленчатые выделения паризита $(\text{Ce, La})_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$, который также ассоциирует с кристаллами апатита. Присутствует также “островковая” форма выделения этих минералов, представленная единичными и агрегированными округлыми частицами размером менее 1 мкм, которые спорадически встречаются в фосфатной матрице. В этом заключается отличие поведения РЗЭ в фосфатной фазе рудных корок от их поведения в шельфовых фосфоритах, где они находятся в составе аутигенных редкоземельных фосфатов и карбонатов.

Ряд рассмотренных минеральных образований присутствует как в исходных пробах корок, так и в продуктах их кислотной переработки, которая при случае недостаточной концентрации не обеспечивает полного извлечения микроэлементов из рудной массы, что приводит к необходимости применения более эффективных реагентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту № 07-05-407а.

Mineralogy and geochemistry of a number of microelements in technological samples of Fe-Mn crusts was studied by several methods. It was established that most Pt and Au are finely dispersed in the oxide matrix. Mo is related to Fe-Mn oxides and to rarer sulfides, Te and Tl form chlorides and oxides, whereas REE prefer phosphatic phase and form their own minerals.

И.Ф. Габлина

(Геологический институт РАН, Москва, e-mail: gablina@ilran.ru)

Месторождения меди в древних морских бассейнах

I.F. Gablina

(Geological Institute RAS, Moscow, Russia)

Copper ore deposits in ancient sea basins

На основе многолетнего опыта исследований минерального состава сульфидных руд, закономерностей распределения и генезиса медистых песчаников и сланцев представлена модель формирования сульфидных медных руд в осадках на дне древних морей и предпринята попытка их сопоставления с современными океанскими сульфидными образованиями.

Медистые песчаники и сланцы пространственно и генетически связаны с аридными красноцветными формациями. Рудные тела локализованы в зонах геохимического противоречия, образованных осадочными породами с резко различными физико-химическими характеристиками: окислительной в красноцветных отложениях и восстановительной сероводородной в сероцветных отложениях. Рудные тела обладают зональным строением: в непосредственной близости от красноцветных отложений располагается зона халькозиновых руд, далее следует зона борнита и наиболее удалена от красноцветов зона халькопиритовой и пиритовой минерализации. Однотипна и геохимическая зональность: ближе к красноцветам развито медное оруденение, на удалении от них – свинцовое и цинковое. В настоящее время наиболее обоснованной и общепринятой в мире является гидрогенная концепция генезиса экзогенных месторождений меди, впервые высказанная А.И. Перельманом [1], А.И. Германовым [2], У.С. Уайтом [3] и получившая дальнейшее развитие в работах А.М. Лурье, И.Ф. Габлиной, А. Роса, Ф.Б. Густафсона, Н.Уильямса, А.Водзицкого, А.Пистржинского и других исследователей. Суть её заключается в следующем: медь и другие металлы выносятся подземными водами из терригенных красноцветных формаций и концентрируются на сероводородных геохимических барьерах.

Основным источником меди в красноцветных толщах, определяющим ее фоновое содержание, является область питания. Меденосные (рудоматеринские) красноцветные формации, как правило, образуются в континентальных условиях в предгорных и межгорных впадинах, при разрушении изверженных пород. Чем больше изверженных пород основного состава, отличающихся, как известно, повышенным (в среднем 0,01%) содержанием меди, подверглось размыву, тем выше среднее содержание меди в осадках. Последующее выщелачивание меди и других металлов из пород и переход их в растворенное состояние понижает фоновое содержание этих металлов в красноцветных толщах. В то же время в пластовых водах красноцветных формаций содержание растворенной меди существенно увеличивается (до 100 и более мг/л).

Осаждение меди и других металлов происходит в сульфидной форме на восстановительных геохимических барьерах при участии сульфатредуцирующих бактерий. Нами выделяются сингенетические и эпигенетические барьеры. Сингенетическими барьерами (сформированными на стадии сингенеза) могли служить донные илы при разгрузке меденосных вод на дне моря, а также любые обогащенные органикой континентальные фации в красноцветных формациях (озерные, болотные, русловые, дельтовые). Эпигенетические барьеры возникали на стадиях катагенеза при проникновении восстановителей (нефтяных вод, битумов, нефти, газов) в породы-коллекторы красноцветных формаций.

Для нас в данной работе интерес представляют месторождения, сформированные на дне моря, т. е. связанные с сингенетическим геохимическим барьером, образованным в результате трансгрессии моря в область развития красноцветных формаций. В основании морских отложений, залегающих на красноцветах, часто образуются горизонты с повышенным содержанием меди. Примером являются морские верхнепермские отложения цехштейна Центральной Европы, в основании которых развит горизонт Медистого Сланца, залегающий на Мертвом красном лежне. В Африке это Рудный горизонт морских отложений Нижнего Роана, в США базальный горизонт сланцев Нонсач, залегающих на нижнепротерозойской красноцветной формации Коппер-Харбор. Упомянутые горизонты характеризуются повышенным фоном меди по сравнению с вмещающими породами, что обусловлено диффузией меди из подстилающих красноцветов. Минералогически это проявлено в присутствии рассеянной вкрапленности сульфидов.

В процессе уплотнения осадков медьсодержащие подземные воды красноцветных формаций вытесняются из глинистых пород в проницаемые горизонты и двигаются по ним к местам разгрузки. Если на их пути встречаются сероводородсодержащие илы или пиритсодержащие отложения (геохимические барьеры), то в этих местах образуются существенные отложения меди в виде сульфидов. Наиболее часто они приурочены к вышеописанным горизонтам с повышенным фоновым содержанием меди. В горизонте Медистого Сланца находятся рудные тела месторождений Мансфельд, Зангерхаузен, Шпремберг-Вайсвассер, Любин-Серошовицкое и др. К основанию морских отложений Нижнего Роана (Рудный горизонт) приурочена большая часть месторождений Медного Пояса Африки. В нижней части разреза сланцев Нонсач находятся рудные залежи месторождения Уайт-Пайн. Для поступления больших масс меди и сопутствующих металлов к геохимическим барьерам необходима благоприятная палеогидрогеологическая обстановка, которая допускает длительную разгрузку рудоносных растворов в дренирующие их водоемы и определяется строением подстилающих орудуемых толщ и длительным прогибанием бассейна.

Отличительной особенностью главных рудных минералов медистых песчаников и сланцев является их нестехиометричность, обусловленная де-

фицитом меди в их кристаллической решетке. Зональной ряд неметаморфизированных месторождений имеет следующий вид: джарлеит ($\text{Cu}_{1.96}\text{S}$) – [дигенит ($\text{Cu}_{1.8}\text{Fe}_{0.8}\text{S}$) + борнит (Cu_5FeS_4)] – х-борнит ($\text{Cu}_{5-x}\text{FeS}_4$) – халькопирит (CuFeS_2) – пирит (FeS_2). Джарлеит и х-борнит характеризуются низкими температурными пределами устойчивости (93°C для джарлеита и 75°C для х-борнита), присутствием в кристаллической решетке (наряду с одновалентной медью) ионов окисленной (двухвалентной) меди и являются минералами-индикаторами экзогенных условий рудообразования.

Сопоставление медистых сланцев с современными океанскими сульфидными образованиями гидротермальных полей САХ, связанных с ультраосновными породами (Логачев 1, Логачев 2, Рейнбоу), несмотря на несомненные различия условий их формирования, выявляет некоторые общие черты. К ним относятся: геохимическая специализация оруденения (Cu , $\text{Zn} \pm \text{Pb}$); геохимическая зональность в распределении металлов; близкий минеральный состав руд, присутствие нестехиометрических и метастабильных минералов систем Cu-S и Cu-Fe-S .

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований: грант № 05-05-64952

1. *Перельман А.И.* Некоторые вопросы геохимии катагенеза в осадочных месторождениях типа медистых песчаников. Тр. ИГЕМ АН СССР. Вып. 28. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 5–21.

2. *Германов А.И.* Гидродинамические и геохимические условия образования некоторых гидротермальных месторождений // Известия АН СССР. Серия геол. 1962. С. 79–98.

3. *White W.S.* The White Pine copper deposit (discussion) // Economic Geology. 1960. V. 55. P. 402–410.

Exploring the mineral composition of sulfide ores, distribution and genesis of cupriferous sandstone and shale deposits are allowed designing a model of the formation of sulfide Cu-ores in sediments at the floor of ancient seas and an attempt to compare them with modern ocean sulfide formations was made.

В.Я. Евзеров

(Геологический институт Кольского НЦ РАН, Апатиты,
e-mail: yevzerov@geoksc.apatity.ru)

**Эволюция Беломорского бассейна в четвертичный период
и формирование прибрежно-морских россыпей**

V.Ya. Yevzerov

(Geological Institute of Kola Science Center RAS, Apatity)

**Evolution of the Belomorian basin in the Quaternary period
and the see coast placers formation**

Беломорский водоём подразделяется на три составляющие: Бассейн – основную часть моря с Кандалакшским, Онежским и Северодвинским заливами, Воронку с Мезенским заливом, открытую в сторону Баренцева моря, и расположенный между Бассейном и Воронкой узкий пролив – Горло Белого моря. Наиболее древними из обнаруженных в Беломорской котловине, вмещающей Бассейн Белого моря, являются отложения микулинского межледниковья. Вполне вероятно, что указанная котловина и образовалась непосредственно перед или в самом начале этого межледниковья.

Морские осадки микулинского межледниковья (понойские слои) залегают на морене московского оледенения и перекрыты либо морскими отложениями стрельнинской трансгрессии, либо мореной поздневалдайского оледенения. Они распространены в акватории Белого моря, где вскрыты бурением, и в периферических районах восточной части Кольского полуострова. Суммарная мощность этих отложений около 30 м. Они сложены песками, супесями, суглинками, реже глинами и, как правило, характеризуются присутствием многочисленных палеонтологических остатков в виде раковин морских моллюсков, фораминифер, диатомовых водорослей, пыльцы и спор наземных растений. В разрезах понойских слоёв, отражающих отдельные этапы трансгрессии, не обнаружены пляжевые отложения завершающего её этапа. Установлено, что трансгрессия началась в суровых климатических условиях позднеледниковья и быстро достигла максимального распространения.

Более поздняя по возрасту межледниковая морская толща, названная автором стрельнинскими слоями, с размывом залегают на понойских слоях или на отложениях московского оледенения и перекрыта мореной поздневалдайского оледенения. Её трансгрессивная серия мощностью от 2 до 15 м начинается маломощным базальным горизонтом песчано-гравийно-галечных осадков. На нем залегают супеси и суглинки. Регрессивная серия мощностью, как правило, более 10 м представлена песками с прослоями супесей и суглинков; отложения пляжа в ней не установлены. Стрельнинские слои не повсеместно и в небольшом количестве содержат раковины морских моллюсков. Состав стрельнинского комплекса фораминифер значительно уступает понойскому и по разнообразию видов и по количеству их особей.

По палеонтологическим данным стрельнинская толща сформировалась в межстадиальной климатической обстановке, скорее всего в раннем валдае в период межстадиала оддераде. Отнесение стрельнинских слоёв к этому межстадиалу хорошо согласуется с материалами по опорному разрезу четвертичных отложений Северной Финляндии [1]. Однако, отложения мезенской трансгрессии – вероятного аналога стрельнинской трансгрессии в Архангельской области – по результатам датирования помещены в средний валдай [2]. Не исключено, что после палинологического изучения мезенских отложений их возраст будет пересмотрен в сторону удрежнения.

Наиболее полно реконструировано развитие Беломорского водоёма в период деградации поздневалдайского оледенения и в голоцене. Детальное изучение отложений озерных котловин, изолированных от моря вследствие поднятия континента, показало, что морские воды проникли в депрессию Белого моря в конце аллерёда [3], а уже в позднем дриасе трансгрессия сменилась регрессией, которая продолжается до сих пор [4]. Морские осадки представлены как алевритом и песком различной зернистости, так и органическим материалом: отдельными раковинами морских моллюсков, их фрагментами или скопления в виде банок мощностью до 1,2 м.

Благоприятные условия для формирования россыпей у отмелых берегов юго-восточного побережья Кольского полуострова возникли около 5 тыс. лет назад. Россыпи в основном тяготеют к приустьевым участкам рек. Обогащенные шлиховыми прослоями пески приурочены к ровным участкам пляжа, современному береговому валу и древним береговым валам позднеголоценовых террас. Формировались отложения в процессе отступления береговой линии, о чем свидетельствует наклон поверхности террас в сторону моря и регрессивный характер разрезов: снизу вверх увеличивается размер зерен песков, слагающих террасы. Оруденелые пески морские и эоловые, включающие безрудные прослои, образуют узкие вытянутые субпараллельно береговой линии полосы мощностью до полуметра, редко больше и залегают, как правило, на поверхности; изредка встречаются на глубине до 2,5 м. Они хорошо отсортированы и содержат 2,72 до 88,92% минералов тяжелой фракции. Методом множественной корреляции данных 44 анализов установлено, что в песках, слагающих береговые валы, содержание тяжелой фракции тем выше, чем лучше отсортирован песок и чем асимметричнее распределение. Установленные статистические связи свидетельствуют о том, что гранулометрическая дифференциация, ведущая к образованию хорошо отсортированных отложений, влечет за собой дифференциацию гравитационную, следствием которой является образование концентраций тяжелых минералов. По мере увеличения содержания последних (до тех пор, пока они не начинают резко преобладать в осадке) возрастает асимметрия распределения обломочных частиц по размерным классам, поскольку максимум распределения минералов тяжелой фракции в осадках всегда смещен в сторону более мелких размерных классов относительно соответствующего

максимума минералов легкой фракции. Тяжелая фракция характеризуемых россыпей представлена в основном амфиболами и пироксенами, на долю которых приходится в среднем 60,39%. Высокое среднее содержание характерно для гранатов (14,68%) и минералов группы эпидота (7,72%). В количестве, превышающем 1%, встречаются сфен, магнетит и ильменит [5].

Таким образом, морские бассейны имели место в Беломорской котловине в периоды микулинского межледникового, раннего или среднего валдая и конца плейстоцена – голоцена. В завершающие этапы эволюции плейстоценовых бассейнов, несомненно, создавались благоприятные условия для формирования прибрежно-морских россыпей на южном побережье Кольского, аналогичные имевшим место в голоцене. Однако небольшие по масштабам комплексные россыпи установлены только в голоцене. Ранее образованные россыпи, очевидно, были ассимилированы и разрушены покровным ледником.

Работа выполнена в Геологическом институте Кольского Научного Центра РАН при поддержке программы ОНЗ РАН -14.

1. *Helmens, K.F., Räsänen, M.E., Jochansson, P.W., Junger, H., Korjonen, K.* The Last Interglacial-Glacial cycle in NE Fennoscandia: a nearly continuous record from Sokli (Finnish Lapland) // *Quaternary Science Reviews* 19, 2000. P. 1605–1623.

2. *Jensen M., Larsen E., Demidov I.N., Funder S., Kjaer K.H.* Depositional environments and sea-level changes deduced from Middle Weichselian tidally influenced sediments, Arkhangelsk region, northwestern Russia // *Boreas*, Vol. 35, 2006. P. 521–538.

3. *Yevzerov V.Ya.* Deglaciation of the Kola Peninsula and the Belomorian depression// Abstract of Second Quaternary Environment of the Eurasian North (QUEEN) workshop. S.Petersburg, Russia, February 5–8, 1998. P. 55.

4. *Kolka V.V., Yevzerov V.Ya., Möller J.J., Corner G.D.* Neotektonic and paleogeographic aspects of the South Part of the Kola Peninsula development in Pleistocene and Holocene // *PAGES meeting on High Latitude Paleoenvironments*. Moscow, May 16th–17th, 2002. P. 11.

5. *Yevzerov V.Ya.* Placer deposits as unique formations in loose cover of the Baltic Shields // *Lithology and Mineral Resources*. 2001. Vol. 36. № 2. P. 109–115.

Sea basins took place in the Belomorian depression during the periods of Mikulinian Interglacial, Early or Middle Valdai and the End of the Pleistocene-Holocene. Sea coast placers could be formed in all the specified periods. However small in scale complex placers have been established only in the Holocene deposits. Earlier placers have been obviously destroyed by ice sheets.

Е.А. Ельянова, Ю.Г. Зорина

(Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ), Москва, e-mail: elyanovaelena@mail.ru)

Значение некоторых современных сульфидных залежей для оценки металлогенического потенциала Западно-Тихоокеанской переходной зоны

E.A. Elyanova, Yu.G. Zorina

(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals (TsNIGRI), Moscow)

The significance of some modern sulfide deposits for estimation of metallogenic potential of West-Pacific transition zone

В бассейнах Западно-Тихоокеанской переходной зоны присутствуют многочисленные рудопоявления разных типов. Некоторые из относительно недавно выявленных современных сульфидных залежей имеют особое значение для оценки металлогенического потенциала этого региона.

Первая из них – крупная активно растущая сульфидная залежь Санрайз в подводной кальдере Мийоджин Кнолл (Идзу-Бонинская островная дуга, хребет Сичито-Иво-Джима). Дно кальдеры находится на глубинах 1350–1400 м ниже уровня моря и имеет диаметр 3–4 км. Залежь расположена у подножия восточной стенки кальдеры на глубине 1210 м. В стенке кальдеры обнажены неизмененные риолиты, брекчии и кислые пемзы. Размеры видимой части залежи в плане – 400х400 м, средняя мощность около 30 м. Кровля рудного тела осложнена «хребтами», которые состоят из десятков сульфидных холмов и более сотни труб. Промежутки между «хребтами» и трубами заполнены сульфидными обломками, оксидами Mn и илистым материалом. Около 70% труб неактивны. Из активных выделяются черные дымы и термальные воды (максимальная измеренная температура 278°C). Руды состоят из барита, халькопирита, галенита, марказита, пирита, сфалерита, теннантита, тетраэдрита и ковеллина. Реже руды содержат также иорданит, пирсит, пираргирит, самородные As и S, реальгар, аурипигмент и вюртцит. В рудах содержится 5,5% (0,12–30,7%) Cu; 21,9% (0,34–52,1%) Zn; 2,27% (0,08–11%) Pb; 20 г/т (0,8–49 г/т) Au; 1213 г/т (36–4530 г/т) Ag. Масса залежи Санрайз была оценена примерно в 9×10^6 т, что сопоставимо с массой крупных месторождений типа куроко. По составу руды залежи аналогичны рудам типа куроко, за исключением того, что в них повышены содержания не только золота, но и серебра.

Открытие в кальдере Мийоджин Кнолл крупной сульфидной залежи, руды которой обогащены золотом и серебром, повышает вероятность того, что и в других содержащих кислые вулканиды четвертичных подводных кальдерах во фронтальной части Идзу-Бонинской островной дуги могут быть обнаружены аналогичные рудные тела. Это, в свою очередь, позволяет

предполагать, что металлогенический потенциал региона может оказаться более высоким, чем это предполагалось ранее.

Второй объект, принципиально важный для оценки металлогенического потенциала Западно-Тихоокеанской переходной зоны, – залежь содержащих сульфиды металлоносных осадков в заливе Луиз Харбор, являющемся подводной частью вулканической кальдеры на восточном побережье острова Лихир (цепь островов Табар-Фени, островная дуга Новый Ганновер–Новая Ирландия–Бугенвиль).

В мелководных гидротермальных системах залива в результате взаимодействия флюида с морской водой и детритовыми минералами железа образуются пирит и марказит. Гидротермальное поле находится примерно в 100 м от берега на мелководье (3–10 м) в пределах области площадью около 5000 м². В этой области выявлены сфокусированные мощные выбросы газа и жидкости (60–96°C) из жерл диаметром 20–50 см, а также участки с менее интенсивным выделением газовых пузырей через неконсолидированные осадки без формирования жерл. Сульфиды железа осаждаются вблизи жерл, в 10–20 см ниже границы морская вода–осадки и образуют колломорфные слои и фрамбоидальные агрегаты в пустотах или замещают органические фрагменты, первичные оливин и магнетит. Таким образом, в Луиз Харбор современные гидротермально-осадочные процессы формируют ленточную залежь сульфидов железа мощностью до 10 сантиметров и шириной несколько метров, состоящую преимущественно из колломорфных марказита и пирита с небольшим количеством маккинавита.

Наблюдаемое в настоящее время формирование сульфидов железа в заливе Луиз Харбор у восточного побережья острова Лихир вызывает особый интерес из-за их сходства (и возможно связи) с золоторудным месторождением мирового класса Ладолам, расположенном на самом острове Лихир, которое начало формироваться около 350 тысяч лет назад. Дальнейшее изучение подобных систем может способствовать лучшему пониманию современных рудообразующих процессов и более адекватной оценке потенциальной золотоносности островных дуг региона.

Таким образом, многообразие геодинамических обстановок и геологических условий в окраинных бассейнах Западно-Тихоокеанской переходной зоны предопределяют разнообразие рудообразующих процессов и их продуктов и позволяют предполагать, что в этом районе могут быть обнаружены не только новые рудопрооявления, аналогичные уже известным, но и рудные образования других типов.

Some of the recent sulfide deposits in the marginal basins of West-Pacific transition zone are special important for research of metallogenic potential of this region. The first of them is a large and actively growing Sunrise sulfide deposit in Myojin Knoll submarine caldera (Izu-Bonin arc). The second is lenticular deposit of colloform Fe-sulphide in Luise-Harbor bay (Tabar-Feni island chain).

Д.В. Ерошенко

(Атлантическое отделение института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Калининград, e-mail: ioran@atlas.baltnet.ru)

Измененная вулканокластика отложениях Центральной Атлантики

D.V. Eroshenko

(P.P.Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Atlantic Branch,
Kaliningrad)

The altered volcanoclastic deposits of Central Atlantic Ocean

Проблеме изменения и преобразования вулканического стекла были посвящены работы А.Г. Коссовской, И.В. Хворовой, О.С. Ломовой, Г.С. Харина, И.О. Мурдмаа, В. Мелсона, Г. Томпсона и других исследователей. Изменения вулканических пород океанского ложа и вулканического стекла происходит под воздействием гидротермальных процессов, гальмиролиза, диагенеза, окисления с выделением в качестве продуктов преобразования вторичных минералов: цеолитов (клинопиллолита, филлипсита, в отдельных случаях – гейландита), смектита, пылагорскита. С появлением проектов глубоководного бурения DSDP и ODP стало возможным оценить роль вулканокластического материала в процессах океанского седиментогенеза. Подсчеты частоты встречаемости, количества слоев пепла, его мощностей, объемов вулканокластики дали возможность выявить глобальные циклы эруптивного вулканизма в океанах. Результаты этих обобщений представлены в работах А.П. Лисицына, М.А. Левитана, П.Н. Куприна, М.К. Шимкуса, Г.С. Харина, Ларсена, Шминке, Кеннета, Райта. Но при этом пеплы, состоящие целиком или наполовину из продуктов изменения вулканического стекла часто не учитывались. Поэтому, вполне вероятно, содержание пирокластического материала в океанических осадках сильно занижено. В данной работе приводится краткий обзор распределения измененного вулканокластического материала в осадках Центральной Атлантики, сравнение текстуры выделенных слоев с прослоями пеплов эолового разноса, приводится подсчет мощностей цеолитизированного, смектитизированного пирокластического материала. Количественный анализ их содержания в осадках, изучение минерального состава, сравнение гранулометрических показателей основывался на обработке около 1500 smear-слайдов, около 2000 литологических описаний по 30 скважинам глубоководного бурения DSDP и ODP в Карибском море и Центрально-Восточной Атлантике (ЦВА). Возраст изученных отложений – от 170 млн лет до современного.

Дифрактометрия и микроскопия показали, что в вулканокластических отложениях Центральной Атлантики часто встречаются смектиты, цеолиты (клинопиллолиты, филлипситы), реже – палыгорскиты. Они зафиксированы в осадках разного возраста и в ряде образуют слои измененных пеплов с сохранившейся текстурой, характерной для эолового разноса. Отличительной

их чертой является преимущественно мономинеральный состав с небольшой (до 20%) доли примесей, среди которых фиксируются единичные зерна вулканического стекла (сидеромелана). По сравнению с вмещающими их осадками эти слои практически не содержат биогенных и терригенных компонентов. Отмечено, что цеолитивые пеплы и туфы имеют алевритовый, алевритово-пелитовый состав, чем обычно выделяются среди вмещающих их преимущественно пелитовых отложений.

Смектитизированные пеплы и туфы в ЦВА сосредоточены, преимущественно, в меловых и палеогеновых отложениях вулканического плато Кабо-Верде, а также в Канарской котловине и у подножия восточного склона подводного хребта Мадейра. Отмечено присутствие подобных слоев и в неогеновых горизонтах. Как правило, смектит развивается по краям зерен вулканического стекла, образуя на ранней стадии коллоидоподобную аморфную массу. В вулканических пеплах ЦВА верхнемелового (турон, сантон, маастрихт) и ранне-среднеэоценового возраста он практически полностью замещает вулканическое стекло базальтового состава, образуя мономинеральные пелитовые слои по 10–20 см, общей мощностью около 2 м. Скопления слоев цеолитизированных пеплов и туфов зафиксировано в эоценовых и олигоцен-миоценовых отложениях северной части Канарской котловины (6 слоев, каждый мощностью по 10–20 см). Содержание клиноптилолита в пробах 70–80%. В составе слоев зафиксированы единичные зерна вулканического стекла (1%). Цеолитовые пеплы и туфы базальтового и андезитового составов неогенового возраста (общая мощность 5 м) сосредоточены в районе Канарских островов. В состав примесей входят клинопироксены и плагиоклазы, которые имеют высокий коэффициент корреляции с распределением вулканического стекла и обломков вулканических пород в разновозрастных осадочных толщах. Палыгорскитовые прослои вскрыты в позднемеловых (кампан, маастрихт) и раннеэоценовых отложениях южной части Канарской котловины и в районе хребта Мадейра. Эти образования подробно описаны в работах О.С. Ломовой, где отмечается, что они формируются по цеолитовым накоплениям основного состава под воздействием диагенетических процессов. Интенсивность этих процессов объясняется «многовыходным» мел-палеогеновым вулканизмом подводных гор в Канарской котловине, который является одним из проявлений внутриплитного магматизма.

В Карибском море цеолитизированные пеплы вскрыты в Юкотанской котловине в осадках раннего олигоцена и позднего миоцена. Это единичные слои средней мощностью 10 см. Петрохимический состав миоценовых пеплов тяготеет к андезито-дацитам, дацитам, совпадая по содержаниям SiO_2 , Na_2O , K_2O с разновозрастным вулканическим стеклом. Природа цеолитов доказывается характерной текстурой слоя, а также присутствием на зернах остатков стекла («стеклянной рубашки»). Смектитизированные пеплы в Карибском регионе распространены более широко. Их максимальные концентрации зафиксированы в Юкотанской, Колумбийской котловинах, в районе

хребта Беата, на хребте Барбадос в осадках кампан-маастрихского (10 слоев с суммарной мощностью – 113 см), миоцен-современного (71 прослой со суммарной мощностью – 5 м) возрастов. Пеплов верхнемелового возраста имеют базальтовый состав и характеризуются более низким содержанием глинозема, окислов марганца и магния и титана по сравнению с одновозрастными базальтовыми вулканическими стеклами. Одной из особенностей вулканокластики Карибского моря (а именно – Колумбийской котловины) является наличие в измененной (сметитизированной) миоценовой пирокластике большого количества фрамбоидов пирита, содержание которого достигает до 40%. Пиритизированные пеплы являются маркером восстановительной среды, в условиях которой происходило пеплонакопление. Причиной этого могли быть, в первую очередь, гидродинамические условия, которые привели к плотностной стратификации вод в Колумбийской котловине, а также процессы, связанные с ранней стадией диагенеза.

Количественный анализ слоев измененных пеплов и туфов, проведенный в рамках изучения всего спектра вулканокластического материала в Центральной Атлантике, позволил выделить верхнемеловой (кампан-маастрихский) – в Карибском регионе и альбский, туронский, маастрихский и среднеэоценовый – в ЦВА циклы накопления вулканокластики. Доля измененных пеплов от общего количества вулканокластического материала в ЦВА увеличивается с возрастом слоев (от 53–50% – в миоценовых до 75–100% – в палеогеновых и меловых вулканокластических отложениях). В Карибском регионе доля измененной пирокластики существенно ниже (в среднем около 30%).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 06-05-64169).

The analysis of altered volcanoclastic deposits in sedimentary strata of the Central Atlantic are submitted on the data base of DSDP and ODP. The thickness and the accumulation cycles of zeolitized and smectitized pyroclastic deposits are counted up. The main cycles are divided: upper cretaceous (Caribbean region – campanian-maastrichtian, Central-East Atlantic region (CEA) – albian, turonian, maastrichtian) and middle eocene cycles of CEA.

А.Е. Ескин

(Геологический институт РАН, e-mail: artye@yandex.ru)

Три типа океанических габброидов

A.Ye. Eskin

(Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow)

The three types of oceanic gabbros

Основными представителями третьего слоя океанической коры являются габброиды. Они приурочены к обнажениям в океанических структурах с резко расчлененным рельефом и имеют распространение главным образом в разломных зонах и рифтовых долинах низкосрединных срединно-океанических хребтов. На участках быстросрединных хребтов они обнаружены в значительно меньшем количестве. В некоторых районах третий слой океанической коры вскрыт глубоководными скважинами.

По структурным и вещественным признакам, а также особенностям метаморфического преобразования габброиды очень разнообразны. Данные различия можно видеть не только при сравнении габброидов из разных районов, но и при их изучении в отдельных разрезах океанической коры. В работе приведены основные результаты сопоставления габброидов из различных районов срединно-океанических хребтов.

Для низкосрединных хребтов установлено присутствие трех типов габброидов, различающихся по структурно-вещественным признакам и особенностям метаморфизма. На примере детального исследования третьего слоя океанической коры в районе нарушения Сьерра-Леоне рассмотрены возможные причины формирования габброидов первых двух типов.

Габброиды первой группы имеют очень широкое распространение в океанической коре. К поверхности океанического дна они выведены во многих зонах трансформных нарушений и в рифтовых долинах низкосрединных срединно-океанических хребтов. Данные породы представлены троктолитами, оливковыми габбро, габбро, габброноритами и анортозитами. Часто они находятся в ассоциации с комагматическими и толеитовыми базальтами. Для пород характерны структуры кумулятивной расслоенности. Присутствуют полосчатые и массивные разновидности. В полосчатых габброидах часто можно наблюдать структуры минеральной линейности, возникшие в результате течения магматического расплава. Габброиды этой группы являются наиболее типичными и наиболее широко распространенными в пределах океанов. Они представляют собой кумулятивные породы, формировавшиеся в результате кристаллизационной дифференциации толеитовых магматических расплавов типа NMORB в магматических камерах под срединным хребтом. Иногда в габброидах прослеживаются признаки регрессивных метаморфических преобразований.

Вторая группа представлена сильнодифференцированными рудными (оксидными) габброидами. Данные породы имеют более локальное распро-

странение, но в той или иной степени присутствуют в большинстве районов низкспрединговых срединно-океанических хребтов. Они обнаружены в районах разломов Атлантис II, Атлантис, Кейн, Зеленого мыса, Вима, Сьерра-Леоне и многих других. В значительно меньшем количестве рудные габброиды встречаются в зонах крупных трансформных разломов Тихого океана. Для рудных габброидов характерны резко повышенные концентрации титана и железа. Они имеют высокие содержания Fe-Ti-оксидных минералов, часто содержат коричневый амфибол, биотит и акцессорные кристаллики циркона и апатита. Рудные габброиды часто ассоциируют с кислыми и средними интрузивными породами океанической коры. Как и породы первой группы, они формировались из дифференцированных магматических расплавов, но резко отличаются по составу. Характерной чертой рудных габброидов является то, что они в значительной степени подвержены пластическим деформациям. Деформации начинались в присутствии остаточного магматического расплава и продолжались при последующем снижении температуры, увеличении стресса и количества водного флюида. На примере детального микроструктурного исследования габброидов района нетрансформного смещения Сьерра-Леоне рассмотрены возможные причины формирования рудных габброидов. При дефиците магматического расплава под низкспрединговыми срединно-океаническими хребтами спрединг происходит за счет тектонического растяжения и утоньшения коры. Это ведет к заложению разрывных нарушений, которые закладываются по наиболее ослабленным участкам коры, какими являются участки, обогащенные магматическим расплавом. Остаточные магматические расплавы, в свою очередь, проникают в деформационные зоны и мигрируют по ним. Вмещающие породы во многих случаях являются уже метаморфически измененными и, главным образом, гидратированными. При взаимодействии с вмещающими породами океанической литосферы расплавы в разной степени обогащаются рудными компонентами, в основном железом и титаном. Кристаллизация расплавов в большинстве случаев происходит в условиях сдвиговых деформаций (синдеформационная кристаллизация), что ведет к формированию в породах соответствующих деформационных структур. Взаимодействуя с более холодными вмещающими породами, расплавы кристаллизуются не достигая поверхности, что объясняет отсутствие на поверхности океанического дна их вулканических аналогов.

Третий тип – наиболее редко встречающиеся в океанах щелочные габброиды. Они обнаружены на разных участках Срединно-Атлантического хребта и наиболее детально исследованы в районе пересечения разлома Вернадского с северным сегментом рифтовой долины, где слагают мощный интрузивный комплекс [1]. По минералогическим и геохимическим признакам габброиды из этого района близки к толеитовым интрузивным ассоциациям крупных стратиформных интрузий, характеризующих начальные этапы континентального рифтинга, несут в себе признаки контаминации веще-

ства континентальной коры. При трековом датировании апатитов из габброидов установлен возраст их кристаллизации около 300 млн лет [1]. Породы группы щелочных габброидов в океанах слагают фрагменты неспрединговых блоков, являющихся представителями предрифтовой субконтинентальной литосферы и отражающих переходный период между собственно континентальной и океанической стадиями [1, 2].

В низкоспрединговых срединно-океанических хребтах имеют распространение все три типа описанных габброидов. В быстроспрединговых хребтах присутствуют только первые два типа, причем рудные габброиды встречаются только в зонах трансформных разломов. Это подтверждает то, что формирование последних связано с реологически ослабленными, главным образом деформационными, участками океанической литосферы.

1. *Кеппежинская П.К., Разницын Ю.Н., Дмитриев Д.А.* Состав и возраст неспрединговых блоков в зоне разлома Долдрамс / Строение зоны разлома Долдрамс: Центральная Атлантика. М.: Наука, 1991. С. 151–182.

2. *Bonatti E., Crane K.* Oscillatory spreading explanation of anomalously old uplifted crust near oceanic transforms // *Nature*. 1982. V. 300. № 5890. P. 343–345.

The third layer of the oceanic crust in various regions contains three main types of gabbros. By studying the samples of gabbros from the region of non-transformer fracture Sierra Leone the possible reasons of their formations have been considered.

В.П. Ивановская, А.И. Романчук, Д.Я. Кошель

(Федеральное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ), Москва, e-mail: tsnigri@tsnigri.ru)

Технологические исследования глубоководных полиметаллических сульфидов Мирового океана

V.P. Ivanovskaya, A.I. Romanchuk, D.Y. Koshel

(Central research institute of geological prospecting for base and precious metals, Moscow)

Technological research of massive sulphide ores of the World ocean

Глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС) входят в число основных видов твердых полезных ископаемых глубоководных районов Мирового океана и наименее изучены в сравнении с ЖМК и КМК.

Технологические исследования, выполненные в ЦНИГРИ, являлись составной частью всех этапов изучения ГПС российскими геологами, проводимыми с 80-х годов в пределах Восточно-Тихоокеанского Поднятия Тихого океана и Северо-Атлантического хребта в Атлантическом океане.

Пробы ГПС для технологических исследований были представлены медными, цинковыми и медно-цинковыми рудами, содержащими благородные металлы.

Содержание меди в пробах медных руд колебалось в интервале 1,2–18,0%; содержание цинка в цинковых рудах в среднем находилось в пределах 1,7–3,5%, однако исследовалась и колчеданная цинковая руда района САХ, содержащая 20% цинка.

Цинковые и медно-цинковые руды обогащены кадмием. Так в цинковой колчеданной руде района САХ содержится 1400 г/т кадмия, а в медно-цинковой колчеданной руде проб ВТП 90–240 г/т.

В рудах ГПС большой интерес представляют благородные металлы. Особенно богаты пробы цинковых и медно-цинковых колчеданных руд Атлантики и колчеданных медно-цинковых руд Тихого океана: содержание золота составляет 2,7–3,5 г/т, серебра 100–140 г/т.

Большинство исследованных проб представлено медно-цинковыми рудами с содержанием основных полезных компонентов в весьма широких пределах: меди 1,2–21,0%; цинка 1,7–22,0%; золота 2,7–3,5 г/т; серебра 20–26 г/т.

Фазовый состав благородных металлов в ГПС благоприятен для их успешного извлечения в концентраты цветных металлов. При измельчении до крупности, необходимой для последующего обогащения, основная часть золота и серебра находится в свободном состоянии или в открытых сростках, или заключена в сульфидах; не более 1–13% благородных металлов в разных типах руд ассоциировано с кварцем.

По вещественному составу и технологическим особенностям исследованные руды ГПС могут быть представлены следующими технологическими типами.

По содержанию серы:

1. массивные (колчеданные), содержащие более 50% сульфидной минерализации;
2. вкрапленные, содержащие менее 50% сульфидной минерализации.

По содержанию цветных металлов:

1. медные (меди >0,8%, цинка <1,5%);
2. цинковые (меди <0,5%, цинка >1,5%);
3. медно-цинковые (меди > 0,5%, цинка >1,5%).

Указанные типы руд по технологической принадлежности могут быть отнесены к следующим подтипам.

По степени окисленности:

1. сульфидные (до 10% окисленных форм меди и цинка);
2. смешанные (10% и более окисленных форм меди и цинка);
3. смешанные с пленочными покрытиями (10% и более окисленных форм меди и цинка).

По содержанию благородных металлов:

1. с малым содержанием благородных металлов (золота < 1 г/т, серебра < 15–20 г/т);
2. золотосодержащие (золота > 1 г/т, серебра < 60 г/т);
3. серебросодержащие (золота < 1 г/т, серебра > 60 г/т);
4. золотосеребросодержащие (золота > 1 г/т, серебра > 60 г/т).

ГПС характеризуются тончайшей ассоциацией сульфидных минералов и выделений сульфидов в нерудной части, присутствием заметных количеств оксидов и вторичных сульфидов меди, наличием пленок сложного состава на поверхности минералов, вследствие чего руды должны быть отнесены к труднообогатимому сырью.

Указанные особенности вещественного состава ограничивают применение чисто флотационных схем переработки ГПС, не всегда обеспечивающих возможность получения селективных концентратов. Поэтому для извлечения полезных компонентов из руд ГПС в большинстве случаев рекомендуются комбинированные флотационно-гидрометаллургические или гидрометаллургические технологии.

Для переработки наиболее труднообогатимых медно-цинковых колчеданных руд ГПС исследована и разработана комбинированная гидрометаллургическая технология, включающая окислительно-сульфатизирующий обжиг и выщелачивание огарка слабым раствором серной кислоты с переводом в раствор 96,6–99,5% меди, цинка и кобальта. Золото и серебро, остающиеся в кеке выщелачивания, извлекаются цианированием. Переработка продуктивных растворов кислотного выщелачивания включает очистку раствора от железа с осаждением ярозита, выделение меди цементацией цинковой пылью и осаждение карбоната цинка.

Схема обеспечивает получение медного концентрата, содержащего 85% меди при извлечении 97,2%; цинковый концентрат содержит 40,5% цинка и 0,68% кобальта при извлечении металлов 95,2 и 92,8% соответственно. Извлечение золота и серебра на ионообменную смолу составляет 96,4 и 88,5% соответственно.

Technological classification of massive sulphide ores had been proposed by samples which were discovered by Russian geological research in the East Pacific Rise and the Mid Atlantic Ridge. Variants of technologies for different types ores had been created with extraction of useful components about 88–96%.

**А.Н. Калягин, А.И. Обжиров, В.А. Абрамов,
Е.В. Коровицкая**

(Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
e-mail: pacific@online.marine.ru)

**Региональный прогноз нефтегазоносных провинций
и районов с трансструктурных позиций**

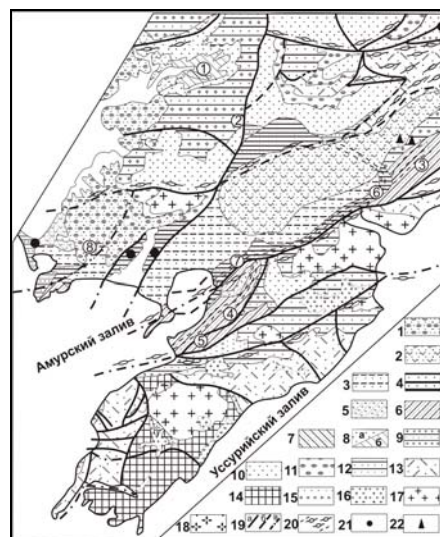
A.N. Kalyagin, A.I. Objirov, V.A. Abramov

(Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences,
Vladivostok)

**The regional forecast oil-gas provinces and areas
from transstructuring of the positions**

Нефтегазоносные и угленосные формации приурочены к поясам глубинных разломов и прогибов, что составляет доктрину геологии, в которой заложено учение о мегакорреляционных зависимостях минерализации с планетарными зонами ортогонального и диагонального плана. Статистика транспланетарных зон показывает, что в них сосредоточены уникальные месторождения нефти и газа. Становится очевидным, что трансграничные условия локализации месторождений угля, нефти и газа могут совпадать по геологическим и геодинамическим предпосылкам. Действительное положение угленосных и нефтегазоносных площадей в структуре Восточноазиатского сектора Трансструктурной зоны, выделенной в Азиатско-Тихоокеанском регионе, указывает на дифференцированный характер этих признаков. Распространение угленосных формаций и прогибов, разновозрастных и пространственно совмещенных полихронных месторождений угля имеет различную ориентировку, сложный характер разрывных и складчатых дислокаций. Особенностью диагональных структур является различный возраст угленосных провинций (Забайкальская – ранний мезозой, Буреинская – средний мезозой, Приморская – поздний мезозой-кайнозой, Камчатская, Сахалинская – кайнозой). Отсюда следует, что Восточноазиатский сектор с трансструктурных позиций является весьма интересным объектом для локализации месторождений угля в системах разного геодинамического режима. Развитие указанных впадин от этапа заложения свидетельствует о нестабильной динамике. Следует признать неравноценным влияние обычных структурно-динамических факторов на образование и закономерности распространения месторождений угля, нефти и газа. Становится очевидным необходимость учета трансструктурных процессов для оценки показателей прогнозирования скоплений углеводородов.

Региональная позиция углеводородных бассейнов и трансструктурные условия региона сопряжены с планетарными циклами тектогенеза. Они хорошо выражены на примере угольных бассейнов надвиговых структур Сихотэ-Алиня, которые составляют поперечное звено Трансструктурной зоны (рис.)



Южный фланг Приморского сектора Трансструктурной зоны: структурно-тектоническая схема Угловского углеводородного бассейна
(по материалам Н.Г. Мельникова и др., 1961–2001 гг.)

1 – пески, базальты неоген-плиоценовые; 2 – галечники, песчаники, лигниты миоценовые; 3 – песчаники, алевролиты, конгломераты, туфы олигоценовые; 4 – песчаники, аргиллиты, бурые угли эоцен-олигоценовые; 5 – песчаники, алевролиты, окаменевшая древесина нижне-верхнемеловые; 6 – песчаники аркозовые, конгломераты, алевролиты, каменные угли нижнемеловые; 7 – песчаники, каменные угли верхнеюрские; 8 – песчаники (а), алевролиты (б) среднеюрские; 9 – песчаники, кварциты, каменные угли, туфоконгломераты верхнетриасовые; 10 – песчаники, алевролиты, ракушники среднетриасовые; 11 – алевролиты, песчаники, конгломераты нижнетриасовые; 12 – алевролиты, песчаники, конгломераты, известняки, порфириты верхнепермские; 13 – вулканогенно-осадочная толща верхнепермская; 14 – песчаники, алевролиты, туфы нижнепермские; 15 – песчаники аркозовые, гравелиты, сланцы среднедевонские; 16 – гранитоиды позднемеловые; 17 – граниты, диориты, альбитофиры, диабазы малые интрузии раннепермские; 18 – гранитоиды среднепалеозойские; 19 – разломы установленные (а), предполагаемые (б), перекрытые (в); 20 – надвиги широтной ослабленной зоны фундамента и расланцевание; 21 – углепроявления; 22 – нефтегазопроявления. В кружках показаны месторождения каменного (1–5) и бурого (6–8) угля.

В Сихотэ-Алине большая группа мезозойских и кайнозойских месторождений каменного и бурого угля приурочена к ослабленным зонам фундамента и рифтогенным горстам. Динамика развития мезозойских и кайнозойских горстов менялась периодически и скачкообразно с широтной активной фазы разрыва ослабленных зон фундамента к диагональной фазе заполнения синрифтовыми или пострифтовыми продуктивными угленосными от-

ложениями, что обеспечивает полихронный тип структур угольных месторождений. Азимутальное склонение угленосных впадин относительно меридиана по времени составляет: 1) верхняя пермь – субширотное; 2) верхний триас – от субширотного до диагонального; 3) верхняя юра – субширотное; 4) нижний и верхний мел – $45-50^\circ$; 5) эоцен-олигоцен – $55-60^\circ$; 6) миоцен – $60-65^\circ$. Территориально разобщенные месторождения каменных и бурых углей юга Приморья с трансструктурных позиций представляют единую тектоническую структуру с многоуровневой цикличностью. Внутри каждого цикла направления основных впадин и простираний угленосных отложений осложнены активизированными и второстепенными разломами. Следует отметить, что рубежи бореальных трансгрессий Сихотэ-Алинского звена хорошо согласуются с ротационно-пульсационным режимом Земли.

При региональном прогнозе особое внимание следует обращать на обширные зоны теплого и жаркого климата на рубеже девона и карбона, сопровождавшихся уникальными скоплениями углеводородного сырья в районах современных умеренных широт. Восточноазиатский сектор Трансструктурной зоны входит в такой регион, в разрезе которого известны карбонатные рифы непрерывного разреза карбон – пермь. Это многократно увеличивает вероятность более широкого распространения в пределах мегазоны (Приморское звено) грубообломочных и тонкослоистых толщ раннего фанерозоя, особенно в краевом прогибе. Аллохтоны, проявленные в мезозое и кайнозое (рис.), перемещались в девонскую структурно-формационную зону и выходили за ее пределы. Следовательно, в трансструктурной системе существует реальная возможность развития (сходных Аппалачам, Скалистым горам, Кавказу и Альпам) объемных скоплений и месторождений углеводородного сырья в структуре краевого прогиба и надвигового пояса Сихотэ-Алиня, где, кроме известных месторождений в мезозойско-кайнозойских формациях, установлены прямые и косвенные признаки угленосности и нефтегазоносности в девонско-каменноугольных отложениях. Трансструктурный подход к прогнозу углеводородов выдвигает Приморский край (суша и шельф) в качестве первоочередных объектов на поиски нефти и газа.

Bases of the transstructuring geology and geophysics made it possible to allocate new oil-gas provinces in lithosphere of Pacific Ocean and a zone of transition.

А.В. Каракин¹, Л.И. Лобковский²

(¹ВНИИГеосистем, Москва; ²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва)

Механизм всплытия железо-марганцевых конкреций

A.V. Karakin¹, L.I. Lobkovsky²

(¹VNIIGeosystems, Moscow; ²P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Moscow)

Mechanism of the manganese nodules' floating

Известно, что железо-марганцевые конкреции образуются в результате химической адсорбции из морской воды на дне морей и океанов. Как правило, процесс инициируется зародышем, роль которого может играть любой твердый мелкий осколок раковины или камня. За сотни тысяч лет конкреции увеличивают свои размеры от размера зародыша до первых десятков сантиметров и больше. Сами конкреции имеют пористую структуру, но, несмотря на это, их плотность значительно превышает плотность неконсолидированных морских осадков, на поверхности которых они находятся.

Осадки (морской ил) представляют собой разжиженную гетерогенную смесь, которая обладает свойствами поровязкой среды. Парадокс заключается в том, что более плотные конкреции не тонут в менее плотной поровязкой среде осадков. Эти образования находятся на поверхности дна с момента их возникновения в течение многих тысяч лет. В то же самое время речной и морской ил легко засасывает другие предметы, которые так или иначе попадают на дно водоема. Обзор различных точек зрения на эту проблему содержится в монографии [1]. В настоящее время этому странному явлению нет на наш взгляд разумного объяснения.

В данной работе предлагается один из возможных механизмов этого явления на основе механики поровязкой среды. На наш взгляд парадокс существования конкреций разрешается лишь в том случае, если под конкрецией находится более легкое вещество осадков, которое вместе с конкрецией составляет одно целое. Поэтому поиски сводятся к объяснению образования указанного легкого вещества, которое обладает тиксотропными свойствами и образует квазитвердую коллоидную структуру. Она не позволяет утонуть конкреции в разжиженной среде ила и легко разрушается при малейшем движении. По этой причине данная структура не проявляет себя при измерениях и наблюдениях, и потому пока никем не была зафиксирована.

Эта структура напоминает корни гор и механизм изостазии, только в уменьшенном масштабе. Любой другой вариант объяснения парадокса вступает в противоречие с законами механики и наблюдаемыми фактами. Более того, фактор изостазии действует постоянно и безотказно в течение сотен тысяч лет, не давая возможности твердому предмету на поверхности ни утонуть, ни подняться вверх на возвышении из этого легкого материала. Это означает, что данный механизм обладает свойствами саморегуляции и стабильности. В результате изостатический корень растет вместе с ростом конкреции, строго соблюдая пропорции. Никакие внешние воздействия (ти-

па землетрясений, гидродинамических флюктуаций придонных течений или живых организмов) не обладают указанными свойствами и должны быть исключены из рассмотрения.

Обсуждение физических основ модели. Из приведенных рассуждений следует, что само явление представляет собой сочетание различных механических и физико-химических процессов, т.е. носит многофакторный характер. Описать их все в рамках одной комплексной модели достаточно сложно. Однако некоторые принципиальные моменты явления имеют разумное объяснение, которое допускает математическое моделирование в рамках механики гетерогенных смесей или, по крайней мере, обсуждение на физическом уровне.

Поровязкая среда ила под действием силы тяжести все время находится в процессе консолидации. Одновременно на поверхности осаждаются все новые слои ила. Другими словами, происходит уплотнение осадков, сопровождающееся фильтрацией воды вверх. Этот стационарный процесс происходит равномерно стабильно и неограниченно долго. Его невозможно ни остановить, ни затормозить. Только он один может быть физической основой искомого механизма. Точнее говоря, само это локальное явление протекает на фоне указанного глобального фонового процесса.

Когда на поверхность дна попадает тяжелый предмет (плотнее воды) с непроницаемой поверхностью, то под ним скапливается слой воды. Предмет тонет именно в воде, а не в поровязкой смеси. Поскольку водяной слой образуется непрерывно все время, то и предмет непрерывно тонет. Когда он касается поверхности скелета поровязкой среды, то пленка воды исчезает, а он оказывает воздействие на вязкий скелет, в результате чего поверхность скелета прогибается. Это и есть явление засасывания предметов в иле, болоте и зыбучих песках. До момента касания поверхности скелета вода обтекает предмет. В момент касания этой поверхности водяная пленка под предметом частично или полностью исчезает. Идущий снизу фильтрационный поток вынужден идти не по поверхности предмета, а сквозь объем поровязкой среды вниз, создавая вторичный поток. Формально с чисто математической точки зрения вторичный поток является следствием нарушения граничных условий внедряющимся телом на границе контакта с поровязкой средой. Кроме того, внедряющееся тело деформирует поровязкую среду в ближайшей окрестности, создавая в ней локальные возмущения.

Если же внедряющийся предмет пористый и достаточно проницаемый, то водяная пленка под ним исчезает, и вся тяжесть предмета переносится на скелет поровязкой среды. В этом случае также возникает локальное возмущение поровязкой среды и фильтрационного потока. При этом идущий снизу фильтрационный поток проходит сквозь пористый предмет (рис. 1а). Поэтому та составляющая фильтрационного потока, которая была направлена вниз, исчезает. В этом и состоит суть процессов, ответственных за наблюдаемые явления, и которые необходимо моделировать. Однако перечислен-



Рис. 1а

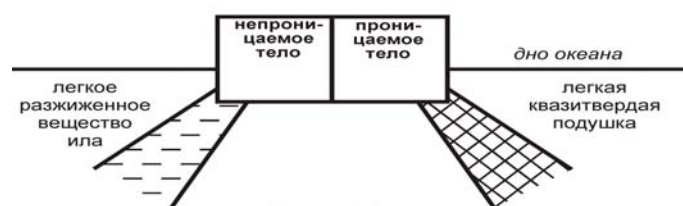


Рис. 1б

ные процессы не полны и могут объяснить только засасывание предмета. Для того чтобы объяснить механизм всплывания, необходимо учесть дополнительные свойства жидкой иловой смеси, которые не описываются моделью компакции в ее классическом виде, но могут стать причиной образования указанного изостатического корня.

Поскольку ил состоит из твердых минеральных частиц неправильной формы и окружающего их коллоидного вещества, то при сдвиговых деформациях возможны эффекты дилатансии. Далее, частички коллоидного вещества, двигаясь вместе с водой, в процессе фильтрации могут закупоривать поры, делая их непроницаемыми. Изложенные соображения можно конкретизировать в виде некоторых положений.

1. Процессы вязкой консолидации осадочного слоя и внедрения в поровязкую среду твердых предметов можно описать в рамках механики поровязкой среды [2–7]. Поровязкая модель позволяет получить распределение скоростей, напряжений и фильтрационных потоков в поровязкой среде.

2. При сдвиговых деформациях в поровязкой среде возникает дилатансионный процесс расширения порового пространства. Особенно значительно это расширение проявляется на краях границы контакта внедряющегося твердого тела.

3. Закупорка порового пространства глинистыми минеральными частичками и коллоидами происходит в сходящихся фильтрационных потоках, в которых трубки тока суживаются вдоль течения. В расходящихся потоках происходит обратный процесс раскупоривания порового пространства.

4. Если зоны дилатансионного расширения приходятся на расходящиеся потоки, то они сохраняют поровязкие свойства, и описываются механикой

компакции. Если же эти зоны приходятся на сходящиеся фильтрационные потоки, то эти зоны закупориваются и фиксируются, превращаясь в квазитвердое тело, обладающее тиксотропными свойствами. В результате под границей контакта внедряющегося квазитвердого тела образуются легкие квазитвердые манжеты, способные образовать изостатический корень.

5. Вещество железо-марганцевых конкреций обладает необходимыми свойствами (прежде всего – пористостью) для образования под ним квазитвердых манжет. По мере роста конкреций происходит последовательное нарастание манжет по периферии зоны контакта и вглубь поровязкой среды, приводя в конечном итоге к образованию изостатического корня (рис. 1б).

Большинство работ, содержащих объяснение парадокса всплывания тяжелых конкреций не выдерживает никакой критики и сводятся к некоторым умозрительным рассуждениям. Единственный механизм, который заслуживает внимания, содержится в работе [8]. Его можно рассматривать как некую альтернативу предложенному механизму. Выбор между ними требует глубокого исследования на основе экспериментов и наблюдений.

Батулин Г.Н. Геохимия железомарганцевых конкреций океана. М.: Наука. 1968. 328 с.

Каракин А.В. К выводу основных уравнений механики тающего льда // Физика льда и ледотехника. 87–97. Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1974.

Каракин А.В., Лобковский Л.И. Механика пористой двухфазной вязко деформируемой среды и некоторые геофизические приложения // Изв. АН СССР. 1979. МЖГ (6). С. 53–63.

Каракин А.В. Общая теория компакций при малой пористости // Физика Земли. 1999. 12. С. 13–26,

Karakin A.V., Lobkovskii L.I. Mechanics of porous two-phase visco-deformed medium and its geophysical applications // Lett. Appl. Sci. 1979. 17. P. 797–805.

McKenzie D. The generation and compaction of partially molten rock // Journal of Petrology. 1984. 25. (3). P. 713-765.

Karakin A.V. Compaction in Media with Inner Boundaries // Online journal. Russian Journal of Earth Science. 2002. V. 4, # 5. P. 1–26. <http://rjes.wdcb.ru/>

Баренблатт Г.И., Батулин Г.Н. О "непотопляемости" железо-марганцевых конкреций и некоторых особенностях придонного слоя океана // Доклады АН СССР. 1989. Т. 308. № 1. С. 183–188.

Р.П. Круглякова, П.И. Курилов, В.В. Кругляков

(ГНЦ «Южморгеология», Роснедра, Геленджик; e-mail: kruglyakova@ymg.ru)

Подвижные формы рудных элементов в осадках рудной провинции Кларион-Клиппертон в Тихом океане

R. Kruglyakova, P. Kurilov, V. Kruglyakov

(Federal Scientific Centre "Yuzhmorgeologiya", Rosnedra, Russia)

The mobile forms of ore elements in the sediments of the Clarion-Clipperton ore province in the Pacific Ocean

Для оценки масштабов массопереноса в осадочной толще и роли в формировании ЖМК на НИС «Южморгеология» в 2005 г. определены валовые и подвижные формы (ПФ) элементов в осадках и конкрециях (Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Pb) с использованием пяти экстрагирующих реактивов: дистиллированной воды, ацетатно-буферного раствора (4,8pH); щавелевой кислоты (3pH); реактива Честера (<3pH); азотной кислоты (1-2pH). Проанализировано 86 проб осадков и 7 проб конкреций. Анализ выполнен по влажным пробам сразу после подъема их на борт судна.

Показано, что в толще осадков провинции Кларион-Клиппертон Тихого океана элементы отличаются подвижностью. Доля ПФ изменяется от 5,5 до 73 % от их вала. Наиболее подвижная группа (%) – Mn (73), Co (66) и Ni (56), мало подвижная группа (%) – Fe (5,5), Zn (16) и Cu (31). Группа Mn связана, вероятно, с аморфным кремнеземом, а группа железа – с минеральной матрицей осадка. Установлен ряд подвижности элементов в осадках: Mn – Co – Ni – Pb – Cu – Zn – Fe. В конкрециях увеличивается доля ПФ всех элементов, составляя от 63 до 95 %, связанные в основном с оксидами марганца (Mn^{+3} и Mn^{+4}). Необходимо отметить, что слабоподвижные в осадках элементы группы Fe в конкрециях находятся в подвижной форме. Ряд подвижности элементов в ЖМК (%): Co (95) – Mn (90) – Ni (88) – Cu (86) – Zn (85) – Fe (63).

Характеристика подвижных форм рудных элементов в осадках по отдельным пачкам. В провинции выделено четыре последовательно залегающие пачки осадков, отличающихся физико-химической и геохимической характеристикой, водно-физическими свойствами [1]. Непосредственно на карбонатах (I) залегают радиоляриевые кремнисто-глинистые осадки (II). Выше по разрезу выделяются цеолитсодержащие красные глубоководные глины (III), затем глинистые осадки с пятнисто-полосчатой текстурой (IV). Осадочная толща провинции характеризуется различной физико-химической обстановкой. Отмечаются участки с высокими (500÷580 мВ) и относительно низкими (400÷500 мВ) значениями Eh. В толще осадка Mn может образовывать горизонты накопления, приуроченные к смене относительно восстановительных условий окислительными. Такой границей является величина Eh = +450 мВ. Известно, что при снижении Eh от +500 до +450 мВ

Мп переходит из Mn^{+3} и Mn^{+4} (твердая фаза) в Mn^{+2} , переходящий в поровые воды. Среда, характеризующаяся Eh от +450 до +500 мВ, является условно восстановительной, в которой возможно перераспределение форм Мп между твердой фазой и поровыми водами. Среда с Eh от +500 до +600 мВ – окислительной, Мп поровых вод переходит в твердую фазу осадка. Таким образом, окислительно-восстановительные условия – главные геохимические параметры, обуславливающие особенности миграции и концентрирования Мп в осадках. Участки, где в результате смены геохимических условий происходит перепад миграционной способности элемента и их концентрирование, были названы А.И. Перельманом геохимическими барьерами [2]. Направленная миграция рудного вещества в толще осадков к поверхности раздела осадок – придонная вода происходит за счет изменений валентности Мп. Движущей силой изменения валентности является реакционно-способное ОВ – продукт метаморфизации ОВ биогенного происхождения.

Показано, что основная доля ПФ элементов экстрагируется щавелевой кислотой. ПФ элементов разделены на три группы: легкоподвижные – водорастворимая и экстрагируемая ацетатно-буферным раствором; средне подвижные – щавелевой кислотой и реактивом Честера, слабо подвижные – азотной кислотой. В группе Мп большую долю составляют средне подвижные формы, в группе Fe – слабо подвижные формы.

Существует несколько геохимических барьеров, приуроченных к смене литологических типов осадка, в которых происходит накопление рудных элементов, в первую очередь Мп. На контакте разных типов осадков наблюдается образование слоя мощностью до 2 см, обогащенного микроконкрециями. Геохимическим барьером в толще являются радиоляриевые осадки (II) и красная глубоководная цеолитсодержащая глина (III). Осадки характеризуются более высоким Eh (Eh = +535 мВ при максимуме до +600 мВ), чем подстилающий их карбонатный осадок. Последний имеет самые низкие значения Eh (в среднем +477 мВ при вариациях +502 ÷ +445 мВ) [3]. Пачка III и переходный слой III–IV являются зоной концентрирования Мп. Отложения II и III пачки, с одной стороны, являются горизонтами накопления элементов (рудные илы, или рудоносные осадки), с другой – потенциальными источниками рудного вещества для формирования конкреций. При локальных изменениях физико-химической обстановки они могут перейти в поровые воды и диффундировать к верхнему геохимическому барьеру.

Глинистый осадок (IV) в разрезе играет роль транзитной зоны элементов к границе осадок-вода, к так называемому активному слою (АС), где формируются конкреции. Пятнистость осадка обусловлена разной степенью его окисленности: темные пятна – более окисленные, светлые – менее. Осадок IV характеризуется самым высоким разбросом Eh, изменяясь от 403 до 556 мВ. Такие перепады Eh достаточны для перехода Мп из твердой фазы в подвижную. О существовании восстановительных очагов в осадках провинции свидетельствуют многократно описанные зерна сульфидов, самородных ме-

таллов, интерметаллических соединений. В разрезе имеется множество микролокальных очагов восстановления, в результате которых в целом окисленных осадках идет интенсивное диагенетическое преобразование и перераспределение Мп. Наличие градиентов концентрации вызывает направленную вверх диффузию элементов к АС, а на границе осадок-вода Mn^{+2} вновь переходит в твердую фазу Mn^{+3} и Mn^{+4} , образуя скопления конкреций. АС, занимающий положение между лито- и гидросферой, представляет комплексный механический и физико-химический барьер, на котором происходит концентрирование Мп, сопутствующих элементов и формирование скоплений ЖМК.

В осадках валовое содержание элементов следующее: железо (46549), марганец (15667), медь (453), никель (134), кобальт (79). Рассматривая распределение элементов по пачкам, можно отметить:

- наблюдается минимальное содержание всех элементов в транзитной зоне пачки IV. Содержание Мп здесь в 5 раз ниже, чем в зоне накопления (III) и в 2 раза ниже, чем в АС;
- отмечается максимум всех элементов в зоне накопления (в цеолитсодержащих красных глинах) и в переходном слое III–IV;
- по характеру распределения ПФ отмечаются те же две ассоциации – Мп, Ni, Co и Fe, Cu.

Следовательно, в толще конкреционных осадков зоны Клариян-Клиппертон содержится значительное количество рудных элементов, в том числе и в подвижной форме, в результате массопереноса которых формируются конкреции на границе дно-вода.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №06-03-96661).

1. Кругляков В.В. Морские инженерно-геологические исследования // Тр. НИИГА-ВНИИОкеангеология. Т. 198. Санкт-Петербург, 2003. С. 47–72.

2. Перельман А.И. Геохимия. М., Высшая школа, 1979.

3. Круглякова Р.П. Геохимические исследования океанических железомарганцевых конкреций и вмещающих осадков // Сб. научных трудов НПО «Южморгеология». Геленджик, 1992. С. 17–24.

In the thickness of the Clarion-Clipperton nodule sediments there is a large quantity of ore elements which are also in the mobile form. A line of mobility of elements in deposits is established: Mn – Co – Ni – Pb – Cu – Zn – Fe. And as a result of mass transfer of these mobile forms the nodules are generated on a bottom-water interface.

В.Л. Лукша¹, Е.М. Емельянов²

(¹Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: sediment@geol.msu.ru; ²Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Калининград, e-mail: abio@atlas.baltnet.ru)

Комплексы глинистых минералов в разрезах голоценовых осадков Балтийского моря

V.L. Luksha¹, E.M. Emelianov²

(¹Geological Faculty of Moscow State University; ²Atlantic department of Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Kaliningrad)

Clay mineral complexes in sequences of the Holocene sediments of the Baltic Sea

Изложены результаты изучения глинистого вещества тонкопелитовой фракции (<2 мкм) по разрезам голоценовых отложений, вскрытых грунтовыми трубками в северной и южной частях Балтийского моря. Подобное положение рассматриваемых разрезов позволяет оценить своеобразие влияния источников терригенного материала на формирование глинистого комплекса балтийских осадков.

Характеристика глинистых минералов осуществлялась с помощью рентгеновского анализа по стандартной методике, используя ориентированные и порошковые препараты.

При сопоставлении результатов анализа намечаются черты сходства и отличия в составе и распределении слоистых силикатов по разрезам изученных колонок осадков. Как правило, комплекс глинистых минералов включает частицы слюдистых, хлоритовых, каолининовых и разбухающих (смектитовых + смешанослойных) структурных типов. Общей чертой всех проб является абсолютное преобладание в их составе гидратированных слюдистых минералов диоктаэдрического типа, среди которых выделяются гидрослюдистые и иллитовые разновидности, причем доля последних в большинстве образцов превалирует.

На этом фоне более разнообразны по составу комплексы глинистых минералов голоценовых осадков центральной части Гданьской впадины (ст. ПШ-4803, глубина моря – 95 м). В нижней части колонки тонкопелитовая фракция серых, насыщенных гидротроилитом, глинистых осадков (анциловых + иольдиевых? глины) в наибольшей мере обогащена иллитовым материалом (75–80%). Для этих частиц характерны повышенная дисперсность однородных кристаллитов и замещение части атомов алюминия в октаэдрах катионами железа ($I_{002} / I_{001} = 0,18–0,22$).

Соотношение интенсивностей базальных отражений хлорита указывает на железисто-магнезиальный тип его частиц, сохраняющих устойчивость структуры после прокаливания ($d_{001} = 13,9–13,8 \text{ \AA}$); содержание хлорита во фракции в пределах 10–12%. Постоянно, но несколько в меньшем объеме

присутствует каолинит (8–9%). Минимальная примесь (5–6%) приходится на неоднородные смектитовые структуры, содержащие 10–20% межслоев слюдистого типа.

Выше по разрезу анциловых осадков наблюдается некоторое сокращение содержания во фракции слюдистых компонентов (до 70%). Они выполнены частицами как иллитового, так и гидрослюдистого типа. Дифракционные показатели этих минералов указывают на "очищение" октаэдрических позиций от атомов железа ($I_{002} / I_{001} = 0,31–0,35$). Соответственно во фракции несколько повышается доля каолинитовой и разбухающей фаз (каждой до 10–11%); последняя представлена смектитовыми и смешанослойными (смектит-слюда) образованиями. Сходный состав глинистых проб обнаруживается и в образцах в нижних горизонтах литориновых отложений. Ряд образцов вышележащих литориновых зеленовато-серых илов выделяются сокращением доли смектитовых компонентов до минимума (<5%) и появлением примеси смешанослойных образований с преобладанием слюдистых пакетов (70–80%), что возможно обусловлено активизацией процессов выветривания на стадии "климатического оптимума".

Венчают разрез колонки серые глинистые илы современного этапа. Своеобразие их тонкопелитовых проб заключается в возросшей роли разбухающих минералов, где они становятся второй по значению фазой комплекса (до 13–15% фракции) после иллита. Преобладают среди разбухающих неупорядоченные смешанослойные образования, содержащие 70–90% межслоев смектитового типа.

Голоценовые отложения северной части Балтийского моря охарактеризованы по разрезу колонки ст. АКМ-2397 (на выходе из Финского залива, глубина моря – 88 м). В отличие от проб Гданьской впадины глинистое вещество данных осадков характеризуется более однообразным составом слоистых силикатов по всему разрезу колонки и обозначается как каолинит – хлорит – слюдистая ассоциация. Ведущую роль в этом комплексе играют слюдистые частицы (содержание их во фракции редко опускается ниже 80%), представленные преимущественно иллитовым материалом. Для структуры иллита характерна небольшая толщина однородных блоков, а в октаэдрах фиксируется замещение алюминия катионами железа ($I_{002} / I_{001} = 0,17–0,21$). Заметное присутствие железа наблюдается и в структуре триоктаэдрического хлорита, представленного железисто-магнезиальной разновидностью (10–12%). Доля каолинита проявляет тенденцию некоторого роста в пробах верхних горизонтов колонки (до 10%). В современных осадках также более отчетливо выражено присутствие гидрослюдистых частиц.

Таким образом, сравнивая состав глинистого вещества балтийских осадков можно заключить, что северная зона бассейна в голоцене находилась под господствующим влиянием питающей провинции Фенноскандии, что обеспечило доминирующее положение иллитового и хлоритового компонентов в составе глинистого комплекса и его стабильность по разрезу отло-

жений. В южной части Балтийского моря источники терригенного материала разнородны, в том числе за счет выноса рек южного и восточного бортов, что способствует формированию более разнообразного комплекса глинистых минералов. При этом выявляется более отчетливое влияние на его состав эволюции условий осадконакопления.

The composition of clay matter of the Holocene sediments of the Baltic sea is learnt. The complex of clay minerals of northern part of the Baltic sea is characterized by dominance illite and stability of a structure in a section. In a southern part of basin a structure and location of clay minerals are more various. It is determined by distinctions of source of clay materials' feeding provinces.

Т.И. Лыгина, Ж.В. Григорьева

(ГНЦ ФГУП «Южморгеология», г. Геленджик, e-mail: lygina_t@ymg.ru)

Погребенные железомарганцевые конкреции одного из участков месторождения провинции Клариион-Клиппертон

Tatjana I. Lygina, Janna V. Grigorieva

(SSC «Yuzhmoregeologiya», Gelendzhik, Russia)

The buried manganese nodules of the local area of nodule field of the Clarion-Clipperton ore province

В 2006 г. в процессе детальных работ на железомарганцевые конкреции ГНЦ «Южморгеология» изучен участок плащеобразной рудной залежи, приуроченной к вершинной поверхности одного из крупных региональных поднятий в центральной части провинции Клариион-Клиппертон.

Донное опробование проведено при помощи коробчатого пробоотборника площадью захвата 0,25 м² и глубиной отбора донных осадков до 40 см, а также грунтовыми трубками.

Выявлено многослойное строение залежи, с широким распространением погребенных железомарганцевых конкреций. Конкреции обнаружены в осадке до глубины 30–35 см, наиболее часто они встречены в интервалах разреза 10–15 и 15–20 см. На некоторых станциях эти образования встречаются одновременно на нескольких уровнях. Доля погребенных индивидов на многих станциях превышала 10 % от общей массы поднятых конкреций, достигая 800 г.

По морфологическим признакам погребенные конкреции соответствуют набору морфотипов, характерному для поверхностных конкреций. В то же время погребенные конкреции отличаются от поверхностных внешним видом и физическими свойствами (коричневато-бурый цвет, рыхлая, осыпающаяся поверхность, всесторонняя импрегнированность осадком, повышенная влажность), что свидетельствует о процессе разложения конкреций, попавших в восстановительные условия.

Погребенные конкреции отличаются от поверхностных также по химическому составу. Для всех погребенных индивидов характерно обеднение марганцем, никелем и медью. Поведение железа и кобальта в процессе захоронения конкреций носит двоякий характер. В 60% случаях в погребенных индивидах также отмечается понижение содержаний этих элементов, для второй группы, наоборот, характерна обогащенность захороненных конкреций, по сравнению с поверхностными, железом и, в особенности, кобальтом (0,278% по сравнению с 0,248%, в среднем, соответственно).

The morphology and chemical consist of the buried manganese nodules are study as a result of detailed investigation of the local area of nodule field of the Clarion-Clipperton ore province.

В.Ф. Мельник¹, Р.Г. Мельник²

(Государственный научный центр ФГУП «Южморгеология», Геленджик,
e-mail: ¹yfmelnik@ymg.ru, ²rgmelnik@ymg.ru)

Фауна железомарганцевых конкреций Тихого океана

V.F. Melnik, R.G. Melnik

(State Scientific Center “Yuzhmorgeologia”, Gelendzhik)

Pacific manganese nodule fauna

Железомарганцевые конкреции Тихого океана, залегающие в глубоководных зонах на мягких осадках, являются своеобразными островками жизни для специфической донной фауны. Твердая поверхность конкреций, приподнятость верхней части на несколько сантиметров над поверхностью осадка, многочисленные углубления создают массу удобных мест для временного поселения, постройки различного вида биогенных структур, отложения продуктов размножения и постоянного прикрепления.

Наиболее часто встречаются глубоководные коралловые полипы (Anthozoa). Эти животные имеют самые разнообразные формы и размеры. Их можно разделить на две группы – одиночные и колониальные.

Одиночные полипы представляют собой большей частью мелких (1–2 мм) животных белого или коричневатого цвета в форме зонтика на толстом, коротком известковом стебле.

Вторыми по встречаемости были биологические объекты каплевидной формы с небольшим хвостиком, розоватого или белого цвета (рис. 1).

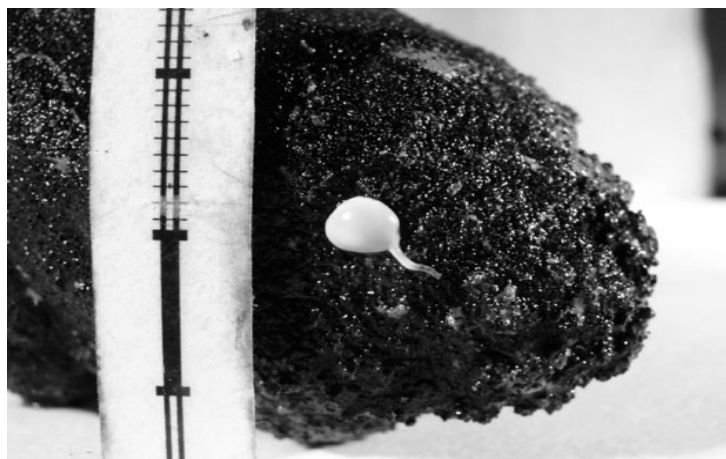


Рис. 1. Яйцевая капсула.

Размеры капсул обычно около 5–6 мм. Как правило, они располагаются ближе к периферии конкреций и на пояске, то есть в тех местах, где имеются достаточно широкие и глубокие ниши. Однако некоторые капсулы прикрепляются к ровной гладкой поверхности. Прикрепление капсул к поверхности осуществляется всей нижней стенкой очень прочно, поэтому удалить их неповрежденными можно, только срезав подстилающий конкреционный материал. После удаления видно, что нижняя стенка капсулы имеет такие же неровности, как микрорельеф той части поверхности конкреции, к которой она была прикреплена. Некоторые капсулы имеют небольшие разрывы верхней стенки, через которые, при большом увеличении, видно, что они пустые, у некоторых верхняя стенка полностью отсутствует. Такие капсулы имеют белый цвет, или их стенки полупрозрачны. Активные, «живые» капсулы имеют нежно розовый цвет.

Наличие твердого субстрата является неперенным условием размножения бентосного вида животного, откладывающего такие капсулы.

Третьими по величине встречаемости являются ксенофеофоры, которые обнаруживались на 20 % станций (рис. 2).



Рис. 2. Ксенофеофора в активном, растущем состоянии

Эти животные достигают размера 6 см, а на донных фотографиях встречаются экземпляры по 15–20 см. Несмотря на свои крупные размеры ксенофеофоры относятся к простейшим животным. Они имеют форму круглого или овального листа, могут быть плоскими или изогнутыми, иметь жесткий, хрупкий скелет или быть мягкими и гибкими. Несмотря на относительно высокую встречаемость большая часть ксенофеофор это всего лишь отмер-

шие животные или фрагменты тел этих гигантских простейших. Действительно живые растущие организмы этого таксона зеленовато-бурого цвета, по всему краю листа идет светлая полоса, в нижней части от тела в осадок опускаются разветвленные корешки. Поднятые пробоотборником и находящиеся в лаборатории ксенофеоры издают характерный запах рыбьего жира. Предыдущие исследования показали, что во фрагментах отмерших ксенофеофор могут обитать мелкие полихеты, нематоды, гарпактикоиды. Ксенофеофоры могут также расти и непосредственно на осадке.

Актинии (*Actiniaria*) по степени встречаемости приближаются к ксенофеофорам (14% станций). Этот класс животных обладает мягким, студенистым телом. Большая часть обнаруженных на конкрециях животных имеют форму плоского усеченного конуса и прикрепляются на верхней гладкой стороне конкреций. Размеры этих животных варьируют от 2 мм до 4 см. Тело животных полупрозрачное, иногда хорошо заметно внутреннее строение с радиальной симметрией. Некоторые актинии приспособились к обитанию и на нижней стороне конкреций (рис. 3).



Рис. 3. Актиния, обитающая на нижней стороне конкреции.

Описанные животные являются наиболее встречаемыми, связанными с конкрециями видами, однако своих представителей конкреционной фауны имеют и другие группы животных – ракообразные, полихеты, мшанки, губки и др.

Manganese nodules are the unique environment at the abyssal zone of Pacific ocean. Animals of many types and classes use the hard surface for attachment, dwelling and reproduction. The more abundant groups are Anthozoa, Actiniaria and Xenopheophora.

М.Е. Мельников

(ГНЦ «Южморгеология», Геленджик, e-mail: m_e_melnikov@mail.ru)

Распределения церия в скоплениях железомарганцевых корок Магеллановых гор различного ранга

M.E. Melnikov

(SSC «Yuzhmorgeologiya», Gelendzhik, Russia)

The Cerium distribution in the ferromanganese crust accumulation of the different range of the Magellan Mountains

Широкое использование новых аналитических методов при исследовании твердых полезных ископаемых Мирового океана позволяет рассмотреть вопросы, которые ранее и не ставились в связи со сложностью и трудоемкостью необходимых для их решения работ при не ясной перспективе получения результатов. В частности, использование многоэлементного анализа методом ICP-AES и ICP-MS позволяет изучить распределение большого числа химических элементов на разных уровнях организации естественных рудных скоплений. В представленном докладе рассмотрено распределение церия в кобальтоносных марганцевых корках Магеллановых гор Тихого океана. Этот элемент выбран для примера с одной стороны потому, что редкие земли являются потенциальным полезным попутным компонентом этого типа океанических руд, с другой, на примере церия можно достаточно уверенно выявить определенные закономерности его распределения на разных уровнях организации вещества.

Распределение суммы редких земель в корках Магеллановых гор дает весьма четкую закономерность – наблюдается устойчивое снижение их концентраций с северо-запада на юго-восток, причем средние содержания в корках падают почти вдвое – от 2020 г/т по гайоту Говорова на северо-западе до 1037 г/т по гайоту Бутакова на юго-востоке. Сходная картина отмечается и в распределении церия, элемента дающего более половины этой суммы – от 1167 г/т на г. Говорова, до 567 на г. Бутакова. Это снижение происходит последовательно в юго-восточном направлении: 1106 г/т (г. Альба) – 981 г/т (г. Федорова) – 892 г/т (г. Ита-Май-Тай).

Интересно, что для основных металлов корок – Mn, Fe, Co, Ni – ничего подобного не наблюдается – ни закономерности в латеральной изменчивости, ни столь существенного размаха значений.

Определенные закономерности отмечаются и в распределении Ce в корках рудных полей отдельных гайотов. Поскольку средний уровень содержания существенно изменяется, для описания распределения использовались статистические категории – группы значений разделены на максимальные ($>C+2S$), высокие (от $C+S$ до $C+2S$), повышенные (от C до $C+S$), пониженные (от $C-S$ до C), низкие (от $C-2S$ до $C-S$) и минимальные ($<C-2S$). При поверхностном взгляде может сложиться впечатление, что распределение це-

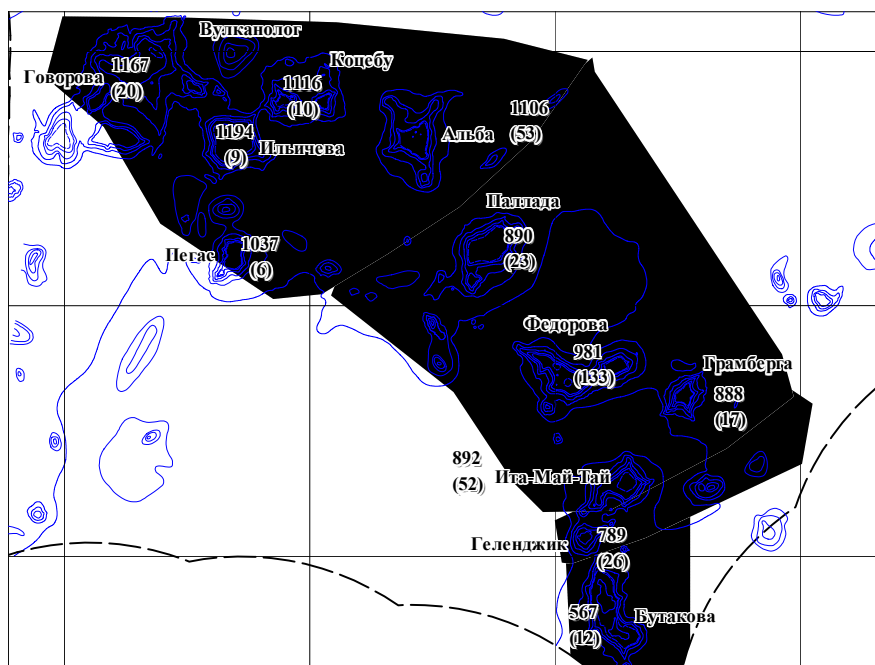


Рис. Распределение Се в корках Магеллановых гор. Верхняя цифра – среднее содержание Се в г/т по гайоту, нижняя (в скобках) – выборка.

рия сходно с распределением в корках основных полезных компонентов – Mn, Co, Ni. То есть, их содержания имеют сильную положительную корреляцию с гидродинамической активностью придонных вод и, соответственно, максимальные и высокие концентрации отмечаются в корках, развитых на выступах рельефа дна – отрогах, осложняющих конусах и куполах или в седловинах, а минимальные и низкие – в областях гидродинамического затишья. Однако, более детальное изучение распределений показывает, что это не совсем так, если не сказать, что совсем не так. В пределах отрогов, конусов и куполов, других выступов могут встречаться как максимальные и высокие, так и низкие и минимальные значения. Кроме того, нередко отмечается общее изменение фоновых содержаний от пониженных до повышенных в корках склонов различных экспозиций.

Так, на гайоте Грамберга повышенные значения тяготеют к корковым залежам склонов западной экспозиции, включая юго-западный отрог, на котором фиксируются высокие и максимальные значения. Пониженные значения преобладают на склонах восточной экспозиции. При этом западный

склон сложен преимущественно щелочными оливиновыми базальтами, а восточный, преимущественно пикритами.

На г. Геленджик максимальные, высокие и повышенные значения отмечаются на юго-западном склоне и северо-восточном отроге, а пониженные в корках всех остальных участков. Повышенные значения здесь также в значительной степени приурочены к зонам развития щелочных оливиновых базальтов, но более интересным представляется другой факт – на соседствующих вулканических конусах, однако имеющих разный геологический возраст, фиксируются максимальные и низкие значения.

При рассмотрении залежей, приуроченных к отдельным формам рельефа, видно, что, например, в корках юго-западного отрога г. Альба, повышенные значения фиксируются на гребневой поверхности отрога до глубин 2500 м, а также прослеживаются к северу на западном склоне, где встречаются и максимальные значения. Пониженные содержания фиксируются в корках, покрывающих борта отрога, глубже 2500 м. В седловине г. Федорова повышенные значения фиксируются в корках ее базисной поверхности, а также борта седловины и примыкающие к ним северные и южные склоны западной и восточной построек гайота в интервале 2000–2700 м. К этой же зоне приурочены высокие и максимальные значения. Пониженные и низкие значения фиксируются в корках покрывающих участки западной и восточной построек, примыкающих к седловине на меньших глубинах.

В целом очевидно, что те или иные градации концентрации церия приурочены к определенным участкам дна. Поскольку эти участки находятся в зонах различных гидро- и литодинамических обстановок, логично предположить, что подобные градации определяются различиями в породах субстрата и, в первую очередь породах магматического комплекса.

Следует добавить, ранее нами установлено, что по разрезу корок церий тяготеет к нижнему, наиболее древнему (позднепалеоценовому – раннеэоценовому) слою, который, как правило, нарастает непосредственно на породы субстрата. Концентрации элемента в этом слое почти вдвое превышает концентрации в каждом из вышележащих слоев.

Таким образом, учитывая приведенные особенности распределения церия в скоплениях корок разного ранга, представляется логичным предположить поступление этого компонента в корки не из водной толщи, как это принято считать, а из субстрата, в первую очередь магматических пород базальтового ряда, путем освобождения в процессе их гальмиролиза.

Based on the results of the studies of chemical composition of cobalt-rich manganese crusts of the Magellan Mountains with the use of ICP-MS methods, the distribution of cerium in the ferromanganese crust accumulation of different range was revealed. Assumption about halmirolithic origin of Ce was done.

**М.Е. Мельников¹, А.В. Дарьин², Г.А. Третьяков²,
И.А. Калугин²**

(¹ГНЦ ФГУП «Южморгеология», Геленджик, e-mail: melnikov@ymg.ru;

²Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск,
e-mail: avd@uiggm.nsc.ru; genatret@uiggm.nsc.ru)

**Распределение редких и рассеянных элементов в слоистых
железомарганцевых корках Магеллановых гор по данным
сканирующего рентгенофлуоресцентного анализа**

M.E. Melnikov, A.V. Daryin, G.A. Tretyakov, I.A. Kalugin

(¹State Scientific Centre Yuzhmorgeologiya, Gelendzhik, ²Institute of Geology
and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk)

**Distribution of Trace Elements in Banded Ferromanganese
Crusts from Magellan Seamounts by Scanning X-ray
Fluorescence Analysis**

Объекты исследования. Изучались железомарганцевые корки гайотов: Говорова, Пегас, Ита-Май-Тай, Коцебу (Магеллановы горы, Тихий океан).

Образцы и пробоподготовка. Для приготовления полированных плоскопараллельных пластин (слэбов) образцы железомарганцевых корок (ЖМК) были пропитаны раствором эпоксидной смолы с ацетоном (1:30) и высушены в вакуумной камере. Перед распиливанием образец укреплялся керамической плиткой. Изучаемая поверхность последовательно шлифовалась вручную на стекле и полировалась алмазными пастами. Толщина пластин составляла 5 мм, ширина – 15 мм, длина определялась профилем, пересекающим исследуемую поверхность от подложки до верхнего слоя ЖМК.

РФА СИ сканирование. Изучение микроразнообразности распределения элементов в представленных образцах выполнялось методом сканирующего рентгенофлуоресцентного анализа на пучках синхротронного излучения (РФА СИ), с учетом требований и метрологических характеристик МВИ-3-2006. Исследования проводились в Сибирском центре синхротронного излучения (Институт ядерной физики СО РАН) на экспериментальной станции «Элементный анализ».

Для снижения пределов обнаружения и расширения набора определяемых элементов использовалось несколько значений энергии возбуждения: 14, 20, 30 и 42 кэВ. Это позволило проводить количественное определение K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, по K-сериям, и Tl, Pb, Th, U по L-сериям. Содержания кобальта не определялись из-за interfering influence of K- β lines of iron.

Количественная оценка содержаний элементов выполнена методом внешнего стандарта, с использованием набора стандартных образцов химического состава природных минеральных веществ. При этом поправка на матричные

эффекты, связанные со специфическим видом исследуемых образцов и решаемой задачи (локальный микроанализ, отсутствие гомогенности, вариации поверхностной плотности и т.д.), делалась с учетом ранее известных данных по средним содержаниям элементов: Ti, Mn, Ni, Sr, Ba, La. Рисунок в качестве примера иллюстрирует кривые распределения концентраций элементов, наложенные для наглядности на изображение изучаемого объекта.

Основные результаты. Было исследовано 5 представительных образцов корок, содержащих различные слои оруденения: I-1, I-2, II, III. Общая длина слэбов составила 625 мм. Получено и обработано более 8000 спектров, содержащих информацию о концентрациях от 20 до 35 элементов.

Статистическая обработка результатов анализов проводилась по стандартной математической программе Statistica 5.5. Выборка была разделена на группы, соответствующие выделенным слоям ЖМК. Затем аномальные значения удалялись с помощью Q-метода. Для анализа распределений и корреляционных соотношений между элементами использовался R-метод с группировкой по евклидову расстоянию.

Основные закономерности содержания элементов в марганцевых корках данного района описаны в ряде работ, отметим лишь те особенности их распределения, которые позволяет выявить метод РФА СИ.

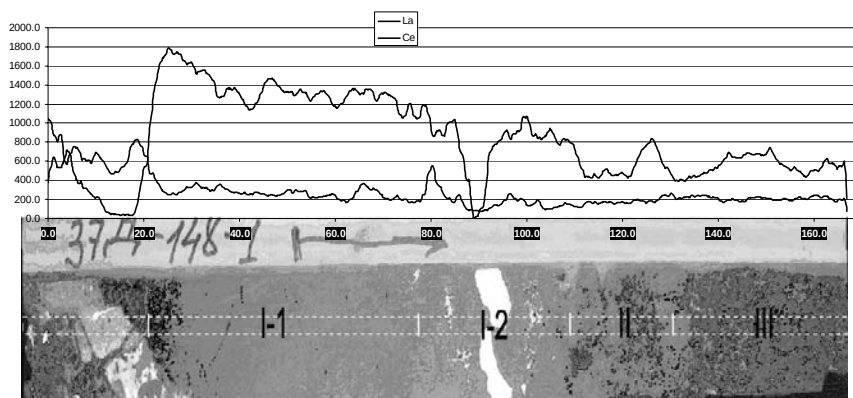


Рис. Вариации содержаний La (верхняя кривая) и Ce вдоль профиля образца 37Д-148 (бровка ЮВ склона гайота Ита-Май-Тай). По вертикальной шкале – концентрации (г/т), по горизонтали – расстояние в мм; I-1, I-2, II, III – номера слоев. Штрих пунктир на фотографии – границы полосы сканирования.

Слой I-1, черного цвета непосредственно примыкает к субстрату и характеризуется плотной слоистой текстурой с небольшим количеством примесного фосфатного материала. Слой I-2 пестроокрашенный со светлыми включениями (до 50%) карбонатно-фосфатного материала. Слой II пестроо-

крашенный, черные гидроокислы железа и марганца определяют его столбчатую текстуру с бежевыми интерстициями (до 60%) глинистого вещества. Слой III черный или пестрый с массивной или столбчатой текстурой и включениями бурого глинистого вещества.

По результатам статистической обработки установлено, что для слоя I-1 нет устойчивых групп элементов, а их ассоциации существенно варьируют от образца к образцу. Для слоя I-2, обогащенного фосфатами, устанавливается четкая положительная связь между лантаном и иттрием, в отдельных случаях к ним примыкает йод, что говорит о гидрогенном источнике этих элементов. На меньших уровнях значимости к ним присоединяются Nb, As, U, Ga, Rb, Th, Cs, Cd, Br, V. Эта группа «противопоставляет» себя элементам «группы марганца» (Mn, Sb, Zr, Sr, Zn, Cu, Ni, Mo, Sn, Pb, Fe, Ti). Наиболее тесно связаны между собой Cu, Zn и Ni. Обособляются также элементы, концентрирующиеся в карбонатно-фосфатном веществе – Ce, Te, Ba. Практически для всех слоев ЖМК во всех образцах характерна пара марганец + молибден с коэффициентом корреляции более +0.95 за исключением корки 12D-08 с горы Коцебу.

Для слоя II, существенно различающегося по содержанию глинистого материала в разных образцах, трудно установить какие-либо устойчивые группы, как, например, для слоя I-2. Отметим лишь, что сохраняется весьма тесная корреляция между Cu и Ni, а также Mn и Mo. Все другие группы весьма изменчивы по набору элементов от образца к образцу, что напрямую связано с существенными вариациями соотношения глин и гидроокислов.

Слой III во всех образцах обнаруживает две очень устойчивые группы элементов $Ce+La+Te\pm Sb$ и $Cu+Ni\pm Zn$. Очевидно, что эти элементы накапливаются в глинистом веществе, так как имеют отрицательную корреляцию с «группой марганца», в которую входят Mn, Mo, Nb, Pb.

Выводы

1. Метод РФА СИ позволяет с тонким разрешением проследить микронезональность и накопление элементов в образцах ЖМК.
2. По результатам изучения образцов с Магеллановых гор и их последующей статистической обработки выявлены устойчивые группы элементов, концентрирующихся в гидроксидах, карбонатно-фосфатном материале или глинах.
3. Установлено, что теллур накапливается в глинах, что имеет практическое значение, так как в случае добычи ЖМК возможно его механическое отделение и утилизация на стадии обогащения.

Constant associations of elements contained in hydroxides (Cu, Ni, Mo, Nb, Pb, Zn), in phosphates and clays (Ce, Te, Ba) are revealed in ferromanganese crusts from Magellan Seamounts analyzed by Synchrotron Radiation X-ray Fluorescence method.

Т.М. Папеско

(Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ), Москва, e-mail: tat-pap@yandex.ru)

Уникальная коллекция морских осадков, собранная экспедицией «Челленджера» (1872-1876 гг.), в Государственном геологическом музее им. В.И.Вернадского РАН**T.M. Papesko**

(Central Research of Geological Prospecting for Base and Precious Metals (TsNIGRI), Moscow)

The ocean sediments samples collected in the expedition on the H.M.S. “Challenger” (1872-1876) in Vernadsky State Geological Museum of the RAS

В Государственном геологическом музее находится часть уникальной коллекции образцов донных осадков, добытых во время экспедиции «Челленджер» (1872–1876 гг.). Она подарена академиком Ю.М. Шокальским академику А.П. Павлову – одному из основоположников музея, в начале двадцатых годов прошлого века. Предполагается, что это часть коллекции, выписанной Ю.М. Шокальским из океанографической лаборатории Эдинбургского картографического института, который он посетил перед началом IX Международного географического конгресса, для океанографического кабинета Морской академии.

Коллекция состоит из 14 предметов. Уникальность её в том, что в ней представлены основные типы океанских осадков, выделенные впервые на основе результатов экспедиции “Челленджер”. Так, образцы осадков Тихого океана представлены красной глиной, голубым, глобигериновым и радиоляриевым илом, коралловым песком. Образцы осадков Атлантического океана представлены вулканическим и известковым песком, вулканическим, птероподовым и глобигериновым илом, а образцы осадков Индийского океана представлены диатомовым илом.

Илы и пески хранятся в небольших сосудах с притертой пробкой.

На наш взгляд эта коллекция, кроме специальной информации, имеет в настоящее время большую историческую ценность. Ведь специально отобранные во время экспедиции на судне “Челленджер” (1872–1876 гг.) и тематически связанные между собой образцы, являются историческим свидетельством того этапа развития научно-технических взглядов.

Донные осадки Мирового океана являются летописью, которая позволяет восстанавливать время и генезис многих геологических процессов и имеет первостепенное значение как для понимания геологии Мирового океана в целом, так и его отдельных структур. К 1872 году знания океанических осадков были весьма ограниченными и отрывочными. Восполнить этот пробел была призвана экспедиция «Челленджера».



Образцы донных осадков. Экспедиция «Челленджер» (1872-1876 гг.)

Обработка материалов экспедиции длилась 15 лет. В 1891 году по результатам плавания «Челленджера» и других экспедиций английский океанограф Дж. Меррей и бельгийский профессор А. Ренар опубликовали книгу “Deep-sea Deposits”, к которой прилагалась многоцветная карта морских донных осадков Мирового океана, составленная по визуальным описаниям и данным количественного определения CaCO_3 . Авторами была разработана первая классификация морских и океанических осадков. С точки зрения географического и батиметрического положения осадки разбиты на три группы (глубоководные, мелководные, литоральные отложения), с точки зрения состава, а также их географического и батиметрического положения осадки разделены на две крупные группы (пелагические и терригенные отложения) [1, с. 214].

Подходя к оценке работы Дж. Меррея и А. Ренара в историческом аспекте, следует отметить, что для познания океанических и морских осадков она дала очень многое. Дж. Меррей и А. Ренар не только выделили новые типы глубоководных отложений, но и дали их подробную характеристику, сделав для этого все, что можно было осуществить техническими и лабораторными возможностями того времени. Работа включала все имевшиеся тогда знания о морской седиментации, ее закономерностях и механизме. «В настоящей

работе, – пишут авторы, – мы попытались выяснить состав и способ образования морских осадков в целом (in general), а также различных их типов на поверхности дна океанов» [2, с. 34].

К числу заслуг Дж. Меррея и А. Ренара можно отнести разработку двух основных идей, господствовавших во второй половине XIX в. Авторы впервые выдвинули идею о принципиальном генетическом различии между осадками, покрывающими шельф и континентальный склон и осадками океанического дна. Второй кардинальной идеей, была идея о химическом преобразовании веществ после их отложения на дне. Она являлась составной частью представления Дж. Меррея и А. Ренара о пелагических илах как о продукте преобразования in situ вулканического материала [2, 52].

Экспедиция на английском судне “Челленджер” (1872–1876 гг.) была первой, которая положила начало систематическому, детальному изучению Мирового океана. Именно по этой причине все материалы, относящиеся к этой экспедиции, имеют особое научно-историческое значение.

1. Осадконакопление в Атлантическом океане / Отв. ред. А.П. Лисицын. Калининград, 1975. 443 с.

2. *Страхов Н.М.* Развитие литогенетических идей в России и СССР. М., 1971. 622с.

Part of the ocean sediments samples collected by the “Challenger” is being kept in Vernadsky State Geological Museum of the RAS. The collection of the samples was gifted by Acad. Yu. Shokal'sky to Acad. A.P. Pavlov. The collection's originality is as well characterized by the representation of the main kinds of oceanic sediments, firstly defined on the basis of the “Challenger” expedition.

Д.М. Печерский

(Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, e-mail: diamar1@front.ru)

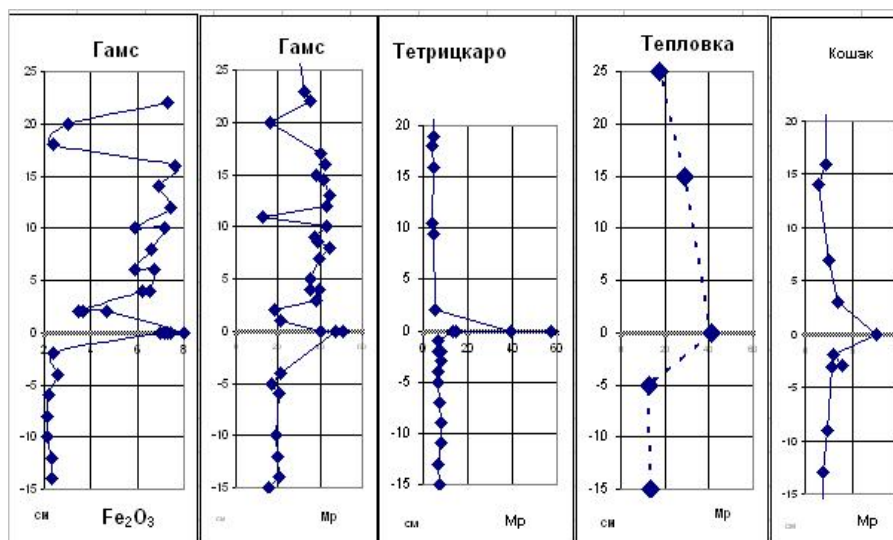
**Магнитные и парамагнитные минералы в осадках
на границе Mz/Cz**

D.M. Pechersky

(Institute of Earth Physics, Russian Academia of Sciences, Moscow)

**Magnetic and paramagnetic minerals in sediments
at K/T boundary**

Граница К/Т по многим данным фиксируется повышенной магнитной восприимчивостью χ морских и эпиконтинентальных отложений, что обычно связывают с притоком в осадки терригенного материала. Однако в колонках осадков, наиболее близких к континентам, χ -пик часто отсутствует [1]. До последнего времени анализировалось лишь поведение χ . Этот недостаток восполнен детальными магнитолитологическими и магнитоминералогическими исследованиями эпиконтинентальных отложений у границы К/Т [2–5]. Доклад посвящен обобщению результатов этих исследований. Как показали эти работы, вклад в χ магнитных минералов различен, чаще преобладает вклад парамагнитного материала, т.е. общим для пограничного слоя (граница К/Т) для всех изученных разрезов является повышенная парамагнитная намагниченность M_p (рис. 1).



Во всех разрезах содержание ферромагнитных гидроокислов железа (главным образом, гетит) практически повторяет поведение M_p и общее содержание железа по данным химического анализа [2, 3]. Следовательно, парамагнитный материал состоит в первую очередь из гидроокислов железа и обогащение ими, как в парамагнитной, так и слабой ферромагнитной форме, закономерно происходит на границе К/Т. Содержание магнетита варьирует, примерно от 0,0005 до 0,02%, более высокие его концентрации в песчано-глинистых отложениях. Содержание магнетита не является признаком границы К/Т. Еще меньше ощущается литологический контроль в накоплении зерен титаномагнетита. Его содержание широко варьирует от разреза к разрезу. Состав титаномагнетита типичен для базальтов [3]. Fe-сульфиды типа пирита, арсенопирита обнаружены в нижней части пограничного слоя разреза Гамс. Содержание достигает 0,2%. Встречаются шарики метеоритного железа, содержание его заметно колеблется от отсутствия до ~0,004%. Отсутствует какая-либо закономерность в его распределении, в частности – приуроченность к границе К/Т. В верхней части пограничного слоя разреза Гамс в единичных кусочках обнаружены металлический никель и его сплав с железом. В других разрезах никель не обнаружен.

Таким образом, лишь обогащение гидроокислами железа можно рассматривать как глобальное закономерное явление, связанное с границей К/Т. Все остальные магнитные минералы отражают происхождение этих минералов (например, шарики метеоритного железа и никеля, зерна вулканогенного титаномагнетита) или местные особенности накопления терригенного материала (например, магнетита, ильменита). Накопление гидроокислов железа подобно процессу образования металлоносных осадков и железистых микроконкреций в результате вулканической и гидротермальной деятельности.

В пользу глобальности накопления гидроокислов железа на границе К/Т говорит их синхронное накопление, по крайней мере, в пределах Европы, о чем свидетельствуют магнитостратиграфические данные [5, 7, 8]: граница К/Т находится внутри магнитохрона C29г на одном и том же уровне.

Скачок накопления гидроокислов железа в пограничном слое не имеет отношения к импактным событиям. Так, в разрезе Гамс признаки импактного события (появление никеля и сплава с железом, аномалия содержания иридия) приходятся на верхи пограничного слоя, тогда как скачок накопления гидроокислов железа и титаномагнетита приходится на низы этого слоя. Более того, рост содержания гидроокислов железа отмечен во всех перечисленных разрезах, тогда как никель отмечен только в разрезе Гамс. И ни в одном из изученных разрезов не отмечается обогащения на границе К/Т шариками метеоритного железа. Таким образом, граница К/Т не отмечается прямыми признаками импактного события.

1. *Pechersky D.M., Garbuzenko A.V.* The Mesozoic-Cenozoic Boundary: Paleomagnetic Characteristic // Russian J. Earth Sci. 2005. V. 7. N2.
2. *Печерский Д.М., Нургалиев Д.К., Шаронова З.В.* Магнитолитологическая и магнитоминералогическая характеристика отложений на границе мезозоя и кайнозоя: разрез Кошак (Мангышлак) // Физика Земли. №10. 2006.
3. *Pechersky D.M., Grachev A.F., Nourgaliev D.C., Tselmovich V.A., Sharonova Z.V.* Magnetolithologic and magnetomineralogical characteristics of deposits at the Mesozoic/Cenozoic boundary: Gams section (Austria) // Russ. J. Earth Sci. 2006. V. 8. №3. ES3001, doi: 10.2205/2006ES000204.
4. *Molostovsky E.A., Fomin V.A. and Pechersky D.M.* Sedimentogenesis in Maastrichtian-Danian basins of the Russian plate and adjacent areas in the context of plume geodynamics // Russ. J. Earth Sci. 2006. V. 8. ES6001, doi:10.2205/2006ES000206.
5. *Adamia Sh., Salukadze N., Nazarov M., Gongadze G., Gvartadze T., Kilasonia E., Asanidze B.* Geological events at the Cretaceous-Paleogen boundary in Georgia (Caucasus) // Geologica Carpatica. 1993. V. 23. №3. P. 35–43.
6. *Mauritsch H.J.* Der Stand der paläomagnetischen Forschung in den Ostaplen // Leobner Hefte für Angewandte Geophysik. 1986. V. 1. P. 141–160.
7. *Rocchia R., Boclet D., Bonte Ph., Jehanno C., Chen Y., Courtillot V., Mary C., Wezel F.* The Cretaceous-Tertiary boundary at Gubbio revisited: vertical extent of the Ir anomaly // Earth Planet. Sci. Lett. 1990. V. 99. P. 206–219.

Results of petromagnetic investigations of epicontinental sediments at K/T boundary are generalized. First of all the K/T boundary is noted by rise of the iron-hydroxides. Unlike iron-hydroxides accumulation of other magnetic minerals goes on in different ways, reflecting their different origin and local conditions of terrigenous material accumulation.

М. Ф. Пилипчук, В.Н. Шендеров

(ГНЦ «Южморгеология»)

**Гидрохимические исследования в рудной зоне Кларион–
Клиппертон Тихого океана**

M.F. Pilipchuk, V.N. Shenderov

(State Scientific Centre Yuzhmorgeologiya, Gelendzhik)

**Hydrochemical investigations in the Clarion-Clipperton ore
zone, Pacific Ocean**

Тяжелые металлы. Многолетние исследования ГНЦ «Южморгеология» тяжелых металлов в морской воде и поровой воде осадков рудной зоны Кларион – Клиппертон показывают, что наиболее значительные различия существуют в содержании марганца. Его концентрация в поровой воде осадков в 10 раз больше, чем в поверхностных водах (табл. 1), куда будут сбрасываться отходы при добычных операциях.

Таблица 1

Средние содержания (мкг/л) тяжёлых металлов в поровой воде осадков
рудной зоны Кларион – Клиппертон Тихого океана.

Элемент	Среднее содержание металлов в поверхностном слое водной толщи	Среднее содержание в поровой воде осадков
Железо	1,0	3,41
Марганец	0,5	4,96
Кобальт	0,3	0,07
Никель	0,5	2,00
Медь	1,0	3,54
Цинк	5,0	15,99
Свинец	1,0	2,18

Если сброс добычных отходов будет производиться ниже фотического слоя водной толщи, то аккумуляция избыточных количеств тяжёлых металлов биологическими объектами будет минимальной. В то же время существует фактор разбавления сбросов поверхностными водами абсолютно превосходящего объёма, и возможные негативные последствия биофиксации высоких концентраций металлов будут зависеть от скорости разбавления сбросов в воде поверхностного слоя.

Однако холодные сбросные воды могут элиминировать любую физическую деятельность теплолюбивых организмов поверхностного слоя океана, кроме их летального исхода, и биофиксация возможна только после прогрева и разбавления сбросных вод, т.е. высокие концентрации металлов фитопланктон ассимилировать не сможет. Но повышение концентраций тяжёлых

металлов в поверхностном слое воды в случае сброса на поверхность всё же будет иметь отдалённые последствия.

Биогенные компоненты в поровой воде. Определяемые концентрации минеральных форм азота, фосфора и кремния в поровых водах донных осадков важны для оценки влияния биогенных компонентов на экосистему поверхностного слоя воды океана в плане вероятности повышения продуктивности вод этого слоя и возникновения возможных негативных последствий.

Чтобы оценить влияние биогенных компонентов на экосистему поверхностного слоя воды океана, важно знать состав верхнего 10 см слоя осадка, который будет извлекаться на поверхность вместе с конкрециями. Концентрации биогенных элементов (табл. 2) в поровых водах донного осадка конкреционно-го района на 1–3 порядка превышают их состав в поверхностных водах.

Таблица 2

Средние содержания биогенных элементов (мкмоль) в 10 см слое донного осадка зоны Кларион – Клиппертон Тихого океана

Слой осадка, см	Si – SiO ₃ кремнекислота	P – PO ₄ фосфор фосфатный	N – NO ₂ азот нитридный	N – NO ₃ азот нитратный
0–2	310	2,70	0,20	40,7
2–5	360	2,77	0,13	43,9
5–10	391	2,82	0,11	42,2

Имеются различные мнения относительно динамика распространения шлейфа взвеси донного осадка в результате сброса в поверхностный слой воды добычных отходов.

Существуют донные распределения частиц сброса в поверхностном слое воды на основе смоделированных полномасштабных добычных операций, согласно которым шлейф взвеси распространяется на большие расстояния от источника по площади и глубине. В результате образования шлейфа взвеси наблюдается уменьшения слоя фотосинтеза по причине ослабления проникновения солнечного света в глубину, что в целом подразумевает понижение фотосинтетической активности и образование органического вещества.

А.И. Романчук, Д.Я. Кошель, В.П. Ивановская

(Федеральное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ), Москва, e-mail: tsnigri@tsnigri.ru)

Комбинированная технология извлечения полезных компонентов из глубоководных марганцевых руд

A.I. Romanchuk, D.Y. Koshel, V.P. Ivanovskaya

(Central research institute of geological prospecting for base and precious metals, Moscow)

Combined technology of extraction of valuable components from ferromanganese formations of the world

Технология и показатели переработки минерального сырья входят в число основных критериев, определяющих целесообразность и эффективность освоения месторождений.

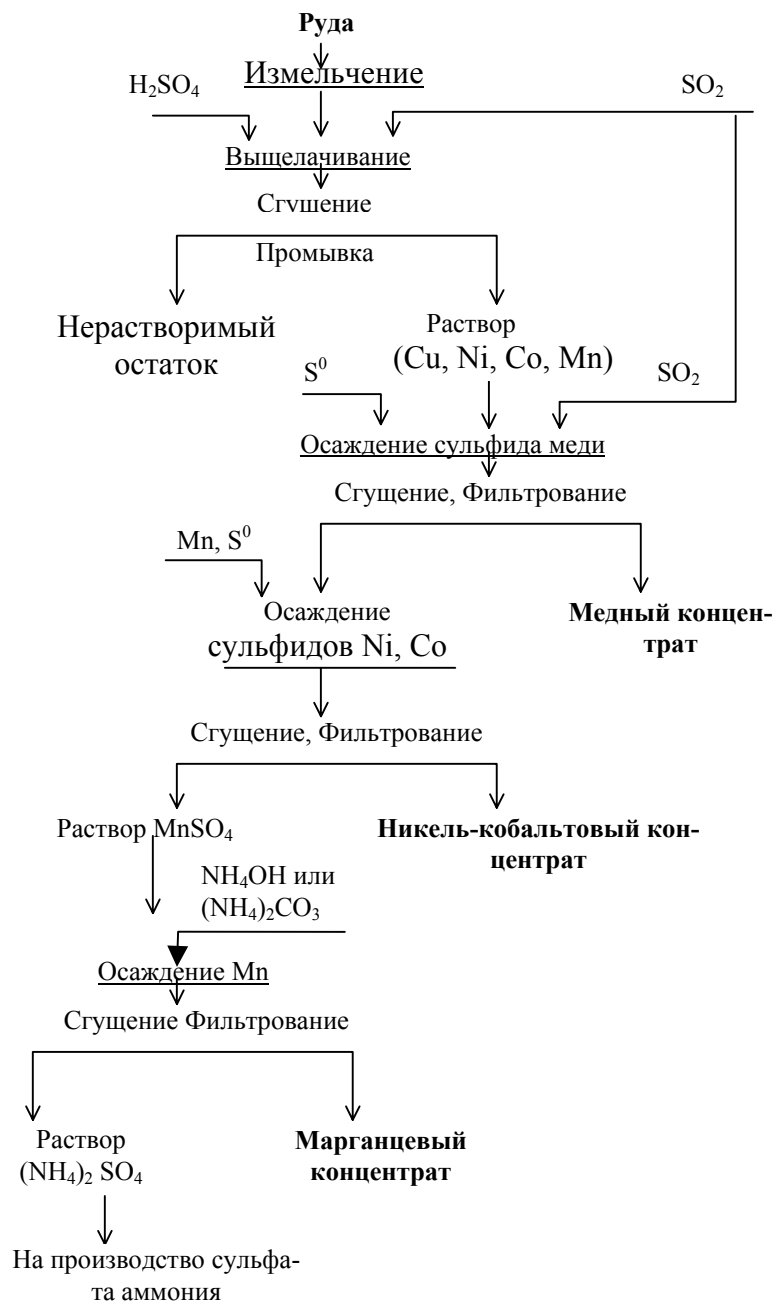
По своему составу глубоководные железомарганцевые образования – железомарганцевые конкреции (ЖМК), кобальт-марганцевые рудные корки (КМК) и корковые конкреционные образования (ККО) представляют собой комплексные руды, основными полезными компонентами которых являются медь, никель, кобальт и марганец.

Особенности минерального состава определяют неэффективность применения традиционных методов обогащения при переработке указанных руд. На основании результатов исследований проб ЖМК и КМК, отобранных в различных районах Тихого, Индийского океанов и Балтийского моря в ЦНИГРИ разработана универсальная гидрометаллургическая технология, обеспечивающая высокие показатели извлечения полезных компонентов из всех разновидностей подводных марганцевых руд.

Технология основана на селективном восстановлении марганца сернистым ангидридом в пульпе с образованием растворимых сульфатов. В результате Cu, Ni, Co и Mn переходят в раствор селективно от железа.

Переработка таких многокомпонентных растворов является одной из наиболее сложных задач в гидрометаллургии. ЦНИГРИ для выделения цветных металлов из сульфатных растворов выщелачивания железомарганцевых образований разработана безавтоклавная технология осаждения порошками металлического марганца и элементарной серы. На первой стадии из раствора порошком элементарной серы в присутствии восстановителя – сернистого ангидрида осаждают медь. На второй порошком металлического марганца и активированной элементарной серы – никель и кобальт. Процессы осаждения осуществляются при атмосферном давлении.

В результате получен медный концентрат, содержащий до 56 % меди и 46 % серы, при незначительном содержании других примесей, и никель-кобальтовый концентрат, содержащий 15 % никеля и 1,9 % кобальта. Извлече-



ние цветных металлов в концентраты от содержания в исходной руде составило, %: Cu – 92; Ni – 96; Co – 92,5 (результаты приведены на примере ЖМК района Кларион-Клиппертон следующего состава, %: Cu – 1,11; Ni – 1,18; Co – 0,16; Mn – 27,7, Fe – 5,16.

Очевидными преимуществами разработанной технологии выделения цветных металлов являются: доступность и низкая стоимость реагентов, осуществление процесса при атмосферном давлении, простое аппаратное оформление, высокая селективность осаждения меди, исключение загрязнения сульфатных марганцевых растворов посторонними примесями и возможность регенерации марганца.

Полученный после осаждения цветных металлов раствор содержит свыше 77 г/т марганца и пригоден для получения различных марганцевых продуктов: бесфосфористых марганцевых концентратов для выплавки ферросплавов, электролитического марганца, катализаторов, сорбентов, производство комплексных минеральных удобрений и др.

В результате осаждения из раствора гидроксида марганца получен марганцевый концентрат, содержащий 57 % основного компонента при содержании фосфора менее 0,01 %. По заключению института ЦНИИЧермет концентрат может быть использован для выплавки электротермического марганца и различных видов ферросплавов.

Разработанная ЦНИГРИ технология проверена в полупромышленных условиях.

В процессе выполнения исследований установлена возможность утилизации в процессе переработки ЖМК сернистого ангидрида отходящих газов металлургического и энергетического производства. В этом случае ЖМК выполняют функцию высокоэффективного марганцевого сорбента, а сернистый ангидрид – основного реагента для выщелачивания ЖМК.

Таким образом, одновременно решаются экологические проблемы, связанные с очисткой отходящих промышленных газов от SO_2 и снижением выбросов вредных веществ в атмосферу, а также задача растворения цветных металлов и марганца, что значительно улучшает технико-экономические показатели рекомендуемой схемы переработки глубоководных руд.

A combined technology of processing deep sea ore has been developed and tested on a pilot plant in TSNIGRI. The technology is based on selective leaching of base metals and manganese from ferromanganese formations by gas containing 10–12% (vol.) sulphur dioxide. The developed leaching regime allows to recover 95–98% Cu, Ni, Co and Mn into solution. In the course of investigations it was established that ferromanganese formations had sorption properties and could be used for environmental purposes: to clean waste industrial gas.

В.В. Саттарова, А.С. Астахов

(Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток, e-mail: sv_8005@mail.ru)

**Особенности распределения рудных элементов в осадках
впадины Дерюгина (Охотское море)**

V.V. Sattarova, A.S. Astakhov

(V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok)

**Features Distribution of Ore Elements in Sediments
of the Deryugin Basin, Sea of Okhotsk**

Материалом для данной работы послужили пробы голоценовых и позднелайстоценовых илов впадины Дерюгина. Содержание химических элементов в отложениях определялось по методике кислотного разложения. Измерения проводились методом ICP-AES на приборе «PLASMAQUANT 110» (Analytik Jena AG, Германия). Калибровка прибора осуществлялась по стандартным образцам ООПЕ402 (ил кремнистый) и MAG-1 (US Geological Survey, морской осадок).

Анализ пространственного распределения рудных элементов показал довольно низкое и равномерное их содержание в верхнелайстоценовых терригенных отложениях; в голоценовом терригенном горизонте выделяется несколько зон повышенных содержаний рудных элементов – в районе «Баритовых гор» (Mn, Ba, Zn, Ni, Cu, Pb) и к северу от них, а также в центральной части впадины (Fe, частично Mo); осадки голоценового диатомового горизонта характеризуются контрастным распределением Mn, Zn, Ni, Cu вблизи «Баритовых гор» и к югу от них, исключением является железо и свинец, обогащающие осадки юго-восточнее «Баритовых гор» и молибдена, повышенные содержания которого приурочены к западной части впадины. Подобное распределение рудных элементов характерно и для поверхностного слоя осадков, но в отличие от диатомовых осадков выделяется область аномальных содержаний марганца (до 4–5 %) вдоль Восточно-Дерюгинской шовной зоны.

В накоплении рудных элементов в донных осадках впадины Дерюгина предполагается влияние нескольких процессов:

- осаждение Mn, Ba и, возможно Fe из гидротермальных плюмов, эпизодически формирующихся в глубинной водной массе над низкотемпературными гидротермальными источниками «Баритовых гор» и более северных районов и соосаждение гидроксидами марганца и железа микроэлементов (Ni, Zn, Co, Cu);

- осаждение Mo и некоторых других микроэлементов из аноксидных и сероводородных придонных и иловых вод со специфическими гидрохимическими характеристиками, формирующихся вблизи элизионных источников по периферии Дерюгинского осадочного бассейна;

– раннедиагенетическим перераспределением марганца с концентрацией его в поверхностном слое осадков, наиболее эффективно проявляющееся вблизи Восточно-Дерюгинской шовной зоны.

It is studied the contents and distribution of ore elements in bottom sediments in the Deryugin Basin. The accumulation of ore elements in the sediments contributed to several processes: precipitation of Mn, Ba and probably Fe from hydrothermal plums periodically generated in the deep water mass above low-temperature hydrothermal springs of the Barite Seamounts; precipitation of Mo and some trace elements from anoxic and hydrogen sulfide bearing bottom waters; early diagenetic redistribution of Mn in the surface sediment layer.

Н.П. Сафина, В.В. Масленников

(Институт минералогии УрО РАН, Миасс, e-mail: safina@ilmeny.ac.ru)

Сопоставление минерального состава продуктов разрушения современных и палеозойских колчеданных руд

N.P. Safina, V.V. Maslennikov

(Institute of Mineralogy, Urals Branch of Russian Academy of Sciences, Miass)

Comparison of mineral composition of the clastic ores from the modern and paleozoic massive sulfide deposits

По результатам литолого-фациального картирования медно-цинково-колчеданного месторождения Яман-Касы установлено, что оно является слабо-разрушенным сульфидным холмом, состоящим из руд гидротермальной, гидротермально-биогенной, гидротермально-метасоматической и кластогенной фаций [1]. Рудокластические отложения, залегающие на флангах сульфидных холмов, являются продуктами взаимодействия с морской водой и фоновыми осадками [2]. Сравнительный анализ минерального состава рудокластитов, с привлечением образцов из современных околорудных отложений позволяет установить направленность процессов преобразования в различных окислительно-восстановительных обстановках колчеданообразования.

Кластогенные руды месторождения Яман-Касы представлены агломератовыми, псефитовыми и псаммитовыми разностями с градационной слоистостью. Присутствующие в их составе сульфидные обломки концентрируются в виде различных по внутреннему строению обособлений, сцементированных нерудным материалом.

Текстурно-структурный анализ обломочных руд позволяет выделить в их составе первичные и наложенные рудные ассоциации. Это представляется правомерным по аналогии с минеральным составом и текстурно-структурными особенностями сплошных сульфидных руд [1-4].

Для минерального состава рудных слоев характерно преобладающее развитие обломков пирита и марказита с разнообразной морфологией: псевдоморфной тонкодисперсной, колломорфной, фрамбоидальной, мелкозернистой ксеноморфной, гипидиоморфнозернистой, идиоморфной кристаллической.

Обломки тонкодисперсного пирита представлены скрытокристаллическими массами, замесившими таблитчатые кристаллы пирротина. Псевдоморфозы пирита по пирротину формируют крупные обособления (до 1 см) с многочисленными трещинками, выполненными халькопиритом, галенимом, теннантитом и энаргитом. Обломки колломорфного пирита сложены ламинарными, почковидными, глобулярными разновидностями. Фрагменты марказита с радиально-лучистым строением разбиты сеткой трещинок, заполненных халькопиритом в ассоциации с золотом, галенимом и теннантитом.

Эвгедральные кристаллы пирита, в отличие от рудокластов субгедрального пирита содержат в ядре реликты зонального пирита, пластинчатых,

коллоидных структур марказита или пирита, а также включения окружающих минералов, захваченные при росте.

Обломки сфалерита имеют коллоидно-почковидное, концентрически-зональное строение и тонкозернистую структуру. Для этой разновидности сфалерита характерно наличие тонкой эмульсии халькопирита, так называемой «халькопиритовой болезни» [1, 4], известной также в современных «черных курильщиках». Кроме того, в рудокластитах месторождения Яман-Касы отмечено присутствие более поздней разновидности сфалерита с идиоморфными двойникованными зонами, развивающимися вокруг обломков сфалерита или халькопирита.

Обломки халькопирита представлены несколькими разновидностями. Это мелкозернистые разности с реликтовыми включениями пирита и реликтовыми участками с решетчатым срастанием ламелей халькопирита в изокубаните. В обломках халькопирита с концентрически-зональным строением установлено присутствие мельчайших (до 5 мкм) включений теллуридов. Крупные обломки халькопирита с шестоватым строением выделяются своими размерами на фоне мелкообломочной сфалерит-халькопирит-пиритовой массы.

Отмечается интенсивное развитие псевдоморфного халькопирита в мелкообломочных рудах Яман-Касинского месторождения. Он замещает зерна, коллоидно-зональные и зернистые агрегаты пирита и сфалерита с развитием разнообразных структур замещения.

Гематит образует равномерную вкрапленность из пластинчатых агрегатов. Иногда наблюдается скопление гематита в хлорит-гематит-кварцевом материале в ассоциации с новообразованным пиритом, сфалеритом или халькопиритом.

В пользу обломочного происхождения сульфидных обособлений свидетельствуют: срезание текстурного рисунка, расположение в подошве сульфидных слоев, следы продавливания в подстилающие отложения. Для новообразованных сульфидных минералов характерно широкое развитие текстур замещения, пересечения, коррозии и обрастания.

Согласно сравнительным микроскопическим наблюдениям установлено, что продукты диагенетического преобразования рудокластитов, в условиях окислительного диагенеза (госанит-сульфидная ассоциация, месторождение Яман-Касы), имеют ту же историю, что и сульфидные пески современных гидротермальных полей (ТАГ, Брокен-Спур, Атлантика): рудокласты пирита обычно замещаются псевдоморфным халькопиритом или сфалеритом, имеющим двойниковое строение. Новообразованные минералы ассоциируют с эвгедральными кристаллами пирита, оксидами и гидроксидами железа. В кластогенных сульфидных образованиях месторождения Яман-Касы материалом для субмаринного минералообразования служат продукты разложения ранее образованных сульфидов и терригенных (биогенных) частиц, и гиалокластиков. При субмаринном гипергенезе кластогенных сульфидных

образований начальный этап характеризуется разложением неустойчивых сульфидов и терригенного материала (гиалокластики) [5]. Действие щелочной окислительной морской воды приводит к гидролизу соединений железа и марганца с образованием окси-гидроксидов и силикатов смектитового типа. Здесь же следует сказать, что диагенез сульфидных песчаников приводит к упрощению минералогического состава и формированию кварц-гематитовых пород.

Исследования проводились при поддержке РФФИ (грант 05-05-64532), программы Президиума РАН №14, ОНЗ РАН №2 и гранта Минобрнауки (РНП 2.1.1.1840).

1. Зайков В.В., Шадлун Т.Н., Масленников В.В., Бортников Н.С. Сульфидная залежь Яман-Касы (Южный Урал) – руины древнего «черного курильщика» на дне Уральского палеоокеана // Геология рудных месторождений, 1995. Т. 37. N 6. С. 511–529.

2. Масленников В.В. Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданосных палеогидротермальных полей (на примере Южного Урала). Миасс: Геотур, 1999. 348 с.

3. Масленникова С.П., Масленников В.В. Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщиков» (на примере Урала). Екатеринбург. 2007. 317 с.

4. Шадлун Т.Н. О некоторых сращениях сульфидов, характерных для современных океанических и древних колчеданных руд // Геология рудных месторождений, 1991. №4. С. 110–117.

5. Аюпова Н.Р., Масленников В.В. Гальмиролититы Узельгинского колчеданосного поля (Южный Урал). Миасс: УрО РАН, 2005. 199 с.

Forming ore clastic ores are related to processes of seafloor transformations of sulfide and hyaloclastic sediments.

В.Н. Свальнов, Е.С. Саранцев, Т.Н. Алексеева

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: tania@blackout.ru)

**Минеральный состав плейстоцен-голоценовых осадков
Канарской и Бразильской котловин**

V.N. Sval'nov, E.S.Sarantsev, T.N. Alekseeva

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

**Mineral composition of Pleistocene-Holocene sediments
in Brazil and Canary basins**

Изучение крупноалевритовой и субколлоидных фракций осадков, собранных в 40-ом рейсе НИС «Академик Курчатов» (Канарская котловина) и в 18-ом рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» (Бразильская котловина), свидетельствует о сходстве седиментационных процессов в названных котловинах, которые разделяют огромные расстояния, но роднит антициклоническая циркуляция поверхностных вод.

Субколлоидная ($< 0,001$ мм) фракция осадков Канарской котловины, в основном, представлена хлоритом, заметную примесь составляют палыгорскит, смектит, гидрослюда, кварц и полевые шпаты; присутствуют, вероятно, каолинит и серпентин. Высокое содержание хлорита и палыгорскита связано, по-видимому, с поступлением их из местных (эдафогенных) источников.

После пересчета результатов иммерсионного анализа крупноалевритовой (0,1–0,05 мм) фракции осадков на прозрачные минералы выявлено, что среди тяжелых компонентов суммарно преобладают эдафогенные тремолит и актинолит, моноклинные и ромбические пироксены, роговая обманка, оливин, хлорит, сфен, рутил, пренит; подчиненная доля приходится на терригенные минералы (гранаты, минералы группы эпидота, корунд, апатит, циркон, турмалин) и аутигенный барит. Легкие минералы в основном представлены терригенным кварцем, полевыми шпатами, наземно-вулканическим кислым стеклом, аутигенными цеолитами и глауконитом, нередко присутствуют (иногда в значительных количествах) эдафогенные серпентин и основные плагиоклазы.

Кроме перечисленных компонентов, в крупноалевритовой фракции осадков встречены биогенные кремнистые и карбонатные обломки, трудноопределимые зерна, черные рудные минералы, оксигидроксиды железа, единичные глобулы пирита, марганцево-железистые микроконкреции. Последние слагают местами до 42% фракций 0,1–0,05 мм и распределены в разрезах крайне неравномерно. В составе микроконкреций преобладают Fe-вернадит, Mn-ферроксигит и гётит, т.е. железистые минералы; подчиненную роль играют марганцевые фазы (гексагональный бернессит, асболан-бузерит).

В субколлоидной фракции Бразильской котловины преобладают смектит, образованный при гальмиролизе вулканогенного материала Южно-Атлантического хребта и возвышенности Риу-Гранди. При смещении от эк-

ватора к высоким южным широтам в осадках уменьшается содержание каолинита, а доли иллита и хлорита растут.

По комплексам крупноалевритовых терригенных и аутигенных минералов осадки Бразильской и Канарской котловин близки, но различаются по набору эдафогенных компонентов. Объединенный эдафогенный комплекс в осадках осевой зоны Бразильской котловины обусловлен, по-видимому, значительной удаленностью обследуемого района от Южно-Атлантического срединного хребта – основного источника эдафогенного материала.

Sediments formed in action radius of Atlantic anticyclonic flow whirls, are with a touch of coarse-grained silt minerals (terrigenic, autogenic, edaphogenic).

Н.В. Тюленева, А.В. Чепижко, И.А. Сучков

(Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Одесса, Украина;
e-mail: tyuleneva@yandex.ru)

**Сравнительная геохимическая характеристика
современных отложений ландшафтных районов
Днепровского желоба и внешнего уступа прибрежной части
северо-западного шельфа Черного моря**

N.V. Tyuleneva, A.V. Chepizhko, I.A. Suchkov

(Odessa national I.I. Mechnikov University, Odessa, Ukraine)

**Recent deposits comparative geochemical characteristic within
Dnieprovsky valley and outer terrace landscape areas of the
north-west Black Sea shelf**

Целью данной работы является изучение геохимии современных донных осадков двух ландшафтных районов (л.р.) – Днепровского желоба и внешнего уступа прибрежной части северо-западного шельфа Черного моря.

Для характеристики геохимии данных ландшафтных районов были использованы фондовые материалы лаборатории геологии и геохимии моря ОНУ им. И.И. Мечникова.

В основу исследований положено ландшафтное районирование, предложенное О.Е. Фесюновым [1]. Районирование базируется на двух наиболее важных признаках: литология донных отложений и положение в рельефе. Л.р. Днепровского желоба относится к ландшафтам палеодолин, которые связаны с опускающимися участками шельфа и, в основном приурочены к зонам тектонических разломов. В пределах л.р. Днепровского желоба в осадках преобладает пелитовая составляющая, что связано со снижением гидродинамического воздействия на дно. Ландшафтный район внешнего уступа прибрежной части шельфа расположен в интервале глубин от 25 до 45–50 м. Преобладающими осадками данного ландшафтного района являются илистые ракушники со средней карбонатностью 66,2 %. Микроэлементы в поверхностных осадках, в зависимости от формы миграции в питающих бассейнах рек, подразделяются на три группы [2]. К первой группе, геохимически слабоподвижных элементов, относятся Ti, Cr, V, Zr, поступающие исключительно во взвешенной форме. Ко второй группе относятся Mn, Ni, Co, Cu, Mo, CaCO₃, P. Эти элементы поступают с речным стоком в основном в растворах и тяготеют к мелкопелитовой фракции. В третью группу элементов входят Zn и Pb, характер распределения которых близок ко второй группе элементов. Изучение содержаний химических элементов в пределах л.р. Днепровского желоба позволяет сделать следующие выводы: средние значения Cr, Zr, Mo находятся выше кларкового уровня. В пределах л.р. внешнего уступа средние значения химических элементов находятся в пределах кларкового содержания. Среднее содержание элементов сравнивалось с кларковыми значениями по данным Виноградова, 1962 г.

В пределах л.р. Днепровского желоба отмечается пониженное (27,2 %), по сравнению с л.р. внешнего уступа, содержание карбоната кальция. В пределах л.р. внешнего уступа, где преобладают илистые ракушники, отмечается увеличение содержания Sr ($711 \cdot 10^{-4}$ %), что может объясняться изоморфным замещением Ca в кристаллической структуре карбонатов на катионы Sr [3]. Изменения содержания Ba в современных донных отложениях в целом напоминает распределение CaCO_3 , наиболее высокие значения отмечаются в илистых ракушниках внешнего уступа, что указывает на связь с биогенной составляющей [1]. Среднее содержание Ba $529 \cdot 10^{-4}$ %, в пределах л.р. внешнего уступа, и $406 \cdot 10^{-4}$ % в л.р. Днепровского желоба. Тесная связь с тяжелой фракцией глин отмечается у Cr, Ti, Sn, Zr. По-видимому, эти элементы являются минералообразующими для тяжелых минералов пелитовой фракции, или находятся в них как изоморфная примесь [4]. Для данных элементов характерно более высокое содержание в пределах л.р. Днепровского желоба. В этом же л.р. превышение фонового содержания в два раза отмечается для Cr и составляет $163 \cdot 10^{-4}$ %, характер распределения в общих чертах которого, совпадает с V [4]. Для Ni и Ti характерны повышенные концентрации в пределах л.р. Днепровского желоба, однако их содержания находятся в пределах фоновых значений. Повышенные содержания этих элементов объясняются тяготением их к глинистым илам терригенного генезиса.

Более высокие, по сравнению с районом внешнего уступа, содержания Zn и Cu так же отмечаются в л.р. Днепровского желоба. Влияние стока р. Днепр, несмотря на большую удаленность от л.р. илов Днепровского желоба, ощущается и проявляется в аккумуляции микроэлементов.

Выводы:

1. Накопление и распределение микроэлементов в ландшафтных зонах зависит от формы поступления веществ, условий осадконакопления и типа отложений.
2. Более высокие содержания Pb, Cr, Zr, Mo, V, Cu, Sn, Zn, Co, Ni, Mn, Ti, P отмечаются в осадках ландшафтного района Днепровского желоба по сравнению с л.р. внешнего уступа, что связано с разгрузкой растворенного и тонкозернистого твердого речного стока р. Днепр.

1. *Фесюнов О.Е.* Геоэкология северо-западного шельфа Черного моря. Одесса: Астропринт, 2000. 100 с.

2. *Страхов Н.М.* Геохимическая эволюция Черного моря в голоцене // Литология и полезные ископаемые. 1971. № 3. С. 3–16.

3. *Годовиков А.А.* Минералогия. М.: Недра, 1983. 645 с.

4. Геоэкология Черноморского шельфа Украины / Емельянов В.А., Митропольский А.Ю., Наседкин Е.И. и др. К.: Академперіодика, 2004. 296 с.

Recent deposits comparative geochemical analysis within Dnieprovsky valley and the outer terrace landscape areas of the north-west Black Sea shelf, shows

that accumulation and distribution of microelements depends on the microelements form, sedimentation conditions and lithologic type of sediments. Higher concentrations, in comparison with the outer terrace, of Pb, Cr, Zr, Mo, V, Cu, Sn, Zn, Co, Ni, Mn, Ti, P are discovered within Dnieprovsky valley landscape area. We regard it as a result of discharge of dissolved and fine-grained solid Dnieper river flow.

Д.Т. Фидаев

(Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Калининград, e-mail: ioran@atlas.baltnet.ru)

Некоторые новые данные исследований железомарганцевых конкреций Финского залива

D.T. Fidaev

(Atlantic Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Kaliningrad)

Some new research data related to ferromanganese concretions of the Gulf of Finland

Отбор и изучение железомарганцевых конкреций и корок Финского залива проводились лабораторией геологии Атлантики АО ИО РАН в 2005–2006 гг. при комплексном исследовании трассы проектируемого по дну Балтийского моря Северо-Европейского газопровода.

Экспедиционные работы проводились на судах АтлантНИРО и АО ИО РАН. Пробы донных осадков в Финском заливе отобраны на 200 станциях при помощи дночерпателя «Ван-Вин» и коробчатого дночерпателя типа «Box-scooper», каждый, площадью охвата по 0,16 м². Железо-марганцевые конкреции (ЖМК) отобраны на 41 станции в восточном, центральном и западном районах Финского залива.

Пробы донных осадков и ЖМК изучались в лаборатории геологии Атлантики института океанологии им. П.П. Ширшова. Количественный химический анализ валового содержания элементов донных осадков и конкреций выполнен методом атомно-адсорбционной спектроскопии.

Рельеф дна Финского залива состоит из многочисленных субмеридионально вытянутых моренных холмов и гряд. Пространства между последними занимают изолированные аккумулятивные впадины. Глубины залегания конкреций от 30 м до более чем 100 м.

Наибольшие площади развития конкреций расположены на вершинах, склонах и седловинах подводных холмов центрального и восточного районов залива. Наиболее богатые участки скопления ЖМК локализованы в восточной части залива, где по подсчетам [1, 2] запасы конкреций достигают до 20–30 кг/м². Во впадинах конкреции редки или вовсе отсутствуют.

ЖМК почти во всех участках распространения находятся на поверхности и среди буровато-коричневого наилка, покрывающего тонкой пленкой (0,5–3 см) осадки дна. Наилки, по сути, представляют собой концентрированный рудный раствор, где содержание Mn в иловой воде достигает 15–18 мг/л, а Fe до 1,3 мг/л.

Наблюдается определенная зависимость в распространенности морфологических типов конкреций от состава донных осадков. На участках скопления заиленных песчанисто-гравийных отложений наиболее развиты дискоидальные (размером до 5–8 см) и монетовидные (размером 1–4 см) кон-

креции. Для участков с гравийно-галечными отложениями обычным является морфологический тип обрастания галек гидроокислами Fe и Mn (с рудными кольцами шириной 1–3 см). Сфероидальные (шишковидные) конкреции (диаметром 0,5–3 см) распространены, преимущественно, на поверхности и среди маломощных (до 5–10 см) алевритовых илов, подстилаемых позднеледниковыми глинами. Илы покрыты коричневой окисленной пленкой (толщиной 2–3 см). На участках отсутствия современных осадков, где дно сложено плотными позднеледниковыми глинами, наибольшее развитие приобретают железо-марганцевые корки (размером до 15–20 см).

Послойный химический анализ вещества различных морфологических типов конкреций показало, что независимо от их морфологии, по составу конкреции относятся к смешанному – железо-марганцевому типу. Химический состав разных слоев одной и той же конкреции, хотя разительно отличаются по содержанию главных рудных элементов, но в целом сохраняется железо-марганцевый состав. Обычно слойку с максимальным содержанием Fe соответствует минимальное содержание Mn, или наоборот. В редких случаях пропорции Fe и Mn примерно одинаковы.

Наиболее высокое содержание Fe наблюдается в дискоидальных конкрециях (19,0 %), корках (18,22 %) восточных и обломков обрастания (21,7 %) западных районов залива. Высокое содержание Mn локализовано в сфероидальных конкрециях (25,5 %) восточных и корках (20,05 %) центральных районов залива.

Наряду с главными рудными компонентами (Fe и Mn), в конкрециях Финского залива в тесной ассоциации находятся сопутствующие элементы (средние содержания): цветные – Cu (0,0083 %), Ni (0,0408 %), Co (0,0135 %), Zn (0,0356 %), Pb (0,0016 %), As (0,0583 %); редкие – Li (0,0021 %), Cd (0,0002 %); нерудные – K (1,52 %), Na (1,47 %), Ca (1,14 %), Mg (1,18 %), Ti (0,14 %), содержания которых в ЖМК Финского залива, по сравнению с океанскими конкрециями, отличаются очень значительно. Сравнительный анализ среднего химического состава конкреций Финского залива и Тихого океана [3] показал, что в конкрециях Финского залива содержание Cu, Ni, Co, Pb в 20–50 раз, Ti в 5 раз, Zn в 2 раза, Mn, Mg, Na, Ca в 1,3–1,5 раза меньше, чем в ЖМК Тихого океана. Превышения наблюдаются в содержаниях Fe в 1,2 раза, K в 1,7 раза и As в 6,5 раза.

Указанные различия обусловлены разными механизмами и условиями формирования конкреций в Финском заливе и Тихом океане, а также особенностями гидрохимии водной среды, связанной с источниками поступления химических элементов.

Специфику химического состава ЖМК Финского залива определяет континентальный снос материала. Ежегодно в заливе по данным [4] аккумулируются 1,2 млн т взвешенного материала, в том числе 800 тыс. т речных наносов. Растворенный сток составляет 5,8 млн т, в том числе в виде комплексных металлоорганических соединений в залив поступает 61,7 тыс. т Fe и

340 т Мп. Основная масса седиментационного материала поступает в восточную часть залива, что не случайно, наиболее богатые для всей Балтики конкреционные поля расположены в этом районе.

Существование в донных осадках Финского залива поверхностной окисленной пленки с подстилающими их восстановленными отложениями со значительным накоплением $C_{орг.}$ [5] и рудных элементов (Fe, Mn), способствует диагенетическому преобразованию вещества и мобилизации рудных элементов. Последние диффундируют в окисленную зону, обогащая придонные воды и при благоприятных условиях участвуют в процессе конкреционного рудонакопления.

Исследования выполнены по проекту «Мировой океан».

1. Варенцов И.М., Блажчишин А.И. Железомарганцевые конкреции Балтийского моря // Геология Балтийского моря. Вильнюс: «Мокслас», 1976. С. 150–165.

2. Zhamoida V.A., Glasby G.P., Grigoriev A.G., Manuilov S.F., Moskalenko P.E., Spiridonov M.A. Distribution, Morfology, Composition and Economic Potential of Ferromanganese Concretions from the Eastern Gulf of Finland (2004) // Zeitschrift fur Angewandte Geologie, Sonderheft 2. P. 213–226.

3. Аникеева Л.И., Андреев С.И. Конкреции Тихого океана // Железомарганцевые конкреции Мирового океана. Л.: Недра, 1984. С. 108–127.

4. Блажчишин А.И. Геологическое строение и донные осадки Балтийского моря. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. канд. г.м.н. Вильнюс, 1972. 28 с.

5. Горшкова Т.И. Донные отложения Балтийского моря // Baltica. №1. Вильнюс, 1963. С. 189–210.

In the expedition of 2005–2006 at the 41 stations the ferromanganese concretions (FMC) in the western, central and eastern part of the Gulf of Finland are sampled. Its chemical composition is determined. The contents 16 chemical elements in various morphological types of FMC are studied layer by layer. The new data about the conditions of determination, formation and chemical composition of FMC in the Gulf of Finland are obtained.

Г.С. Харин

(Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
г. Калининград, e-mail: ioran@atlas.baltnet.ru)

**Фосфориты в мезозойских и кайнозойских отложениях
Юго-Восточной Балтики**

G.S. Kharin

(Atlantic Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Kaliningrad)

**The phosphorites of the Mesozoic and Cenozoic deposits
of the South-East Baltic Sea**

Фосфоритоносность мезозойских и кайнозойских отложений Калининградской области была выявлена при геологическом картировании 1:500000 масштаба, но специальных работ по ее оценке не проводилось. При разведке Приморского месторождения янтаря на побережье Балтийского моря были попутно оценены запасы желваковых фосфоритов в верхнеэоценовых отложениях, подстилающих янтароносную «голубую землю». На площади 8,5 км² они составляют по категории С₁ 3,9 млн т при среднем содержании Р₂О₅ 14,14%. Позже эти запасы были списаны с баланса ГКЗ по просьбе Янтарного комбината.

При геологическом картировании 1:500000 масштаба дна Балтийского моря, драгируя погруженные древнебереговые клифы, нами были обнаружены фосфориты и на дне Юго-Восточной Балтики. Учитывая, что фосфориты являются дефицитным сырьем, спрос на которые быстро растет, а в анклавных условиях Калининградской области цена этого многотоннажного удобрения намного дороже, чем в остальных областях России, возникает необходимость в изучении и систематизации известных проявлений фосфоритов. Ниже характеризуются литологические особенности фосфатоносных горизонтов разного возраста и дается оценка качества фосфоритов. Причем, анализируются лишь геологические разрезы по обнажениям, скважинам и колонкам, находящимся на побережье или акватории моря.

Наиболее древнее проявление Желваковых фосфоритов обнаружено в скв. 1 (пос. Янтарный). Оно приурочено к черным глинам верхней юры (келловей ?). В интервале глубин 395–400 м отмечено обилие сферических желваков (конкреций) с содержанием (%): Р₂О₅ – 9,58, SiO₂ – 36,72, TiO₂ – 0,19, Fe₂О₃ – 4,97, СаО – 16,82, MgO – 0,91. Выше по разрезу до глубины 346 м аналогичные по виду желваки найдены в черных алевролитах келловей (?). Еще выше в интервале глубин 322,2–342 м залегает алевроитовый известняк с аммонитами, птероподами и мелкими фосфатными зернами. Валовый химический анализ 2-х проб известняков показал содержание Р₂О₅ около 1%. Драгировками на дне Юго-Восточной Балтики черные фосфатные глины и алевролиты с Р₂О₅ – 2–3% были обнаружены на глубинах 60–90 м. По этим данным можно сделать вывод: в верхнеюрских отложениях

Калининградской области имеется слабоизученная мощная (около 80 м) фосфатоносная толща, которая обнажается и размывается на дне Балтийского моря. Более изучены фосфатоносные отложения мела. В них отмечено не менее 6 горизонтов желваковых и желваково-плитных фосфоритов, залегающих среди глауконитовых песков альба и сеномана, суммарной мощностью 65–115 м. Содержания P_2O_5 в отдельных желваках до 20%, но чаще от 4 до 14%. В вышезалегающих мергелях и алевролитах турона, коньяка и сантона также отмечаются желваки фосфоритов, но в меньшем количестве. В алевролитах коньяка даже при отсутствии желваков наблюдается повышенная фосфатность (P_2O_5 – 2,22%). Наибольшая концентрация желваковых фосфоритов наблюдается на границе альбских и сеноманских отложений. В основании сеномана почти повсеместно присутствуют крупнозернистые кварц-глауконитовые песчаники с известково-фосфатным цементом – это «фосфоритовая плита». Она является хорошим маркирующим горизонтом, обладает повышенной γ -активностью и хорошо фиксируется на каротажных диаграммах. Мощность ее от 0,3–0,6 до 4,0–4,5 м. Содержание P_2O_5 в ней колеблется от 7,84 до 16,23%, среднее 13,20%.

Фосфоритоносность палеогеновых отложений изучена наиболее полно на Самбийском полуострове. При разведке янтаря здесь выявлено не менее 7 горизонтов желваковых, желваково-плитных и плитных фосфоритов, которые хорошо узнаются макроскопически по морфологическим и цветовым признакам, отличным от вмещающих осадков. Но вопрос о наличии зернистых фосфоритов остался открытым, т.к. не проводилось даже качественное опробование на фосфор. Фосфориты встречены на следующих горизонтах палеогена: 1 – в песчано-гравийных отложениях основания любавской свиты нижнего палеоцена, 2 – в базальных песках самбийской свиты среднего эоцена, 3 – в глинистых песках основания слоя «дикой земли» алкской свиты среднего эоцена, 4 – в верхней части этой же свиты среди глауконитовой глины, 5 – в глинистых песках слоя «дикой земли» прусской свиты верхнего эоцена, 6 – в глинистых песках слоя «голубой земли» той же свиты, 7 – в песках основания слоя «голубой земли» пальвеской свиты нижнего олигоцена.

Из перечисленных горизонтов лишь горизонт 5 подвергался изучению и опробованию попутно при разведке янтаря Приморского месторождения, на площади которого и были подсчитаны запасы (3,9 млн т) желваковых фосфоритов со средним содержанием 14,14% P_2O_5 . Этот горизонт сейчас иногда вскрывается при углублениях на дне янтарных карьеров. Экскаваторами при выемке янтароносного слоя «голубой земли» случайно захватывается и нижележащий фосфоритоносный горизонт. По нашим наблюдениям он в верхней части представлен желваково-плитным очень твердым образованием толщиной не менее 0,5 м с P_2O_5 15–18%, с повышенной γ -активностью (содержание U 32 г/т), повышенным содержанием Sr и PЗЭ. Все фосфатные горизонты палеогена, как и меловые, выходят на дно моря на склоне Самбийского полуострова в районе поселков Янтарный, Синявино, Филино,

Приморье. Они размываются штормами и вдольбереговыми течениями. В местах размыва образуется «булыжная мостовая», состоящая из желваковых и плитных фосфоритов. Анализы, собранных нами при дражировках образцов таких фосфоритов, показывают, что содержание P_2O_5 в них колеблется в пределах 14–18%.

Заключая краткий обзор фосфоритоносности мезозойских и кайнозойских отложений Юго-Восточной Балтики следует отметить главные моменты:

1 – все отмеченные горизонты фосфоритов связаны с мелководными морскими отложениями и являются продолжением фосфоритоносных горизонтов суши Калининградской области в Балтийском море;

2 – процесс формирования фосфоритоносных горизонтов сопровождался неоднократными перемывами осадков, в результате которых рассеянная фосфоритоносность обогащалась и приводила к появлению более насыщенных желваковых и желваково-плитных фосфоритов;

3 – такой процесс в наше время наблюдается в Юго-Восточной Балтике, где формируются современные фосфоритоносные россыпи на подводном склоне Самбийского полуострова;

4 – обилие фосфатоносных горизонтов желваковых и желваково-плитных фосфоритов, большая мощность фосфатоносных отложений мезозоя и кайнозоя, их слабая опробованность на фосфор дают надежду на открытие зернистых фосфоритов и фосфатных кор выветривания с более концентрированными скоплениями фосфатов.

In Mesozoic and Cenozoic of SE Baltic Sea there are the thick phosphatic deposits with the large number horisonts of the nodular phosphorites. The marine erosion of these deposits takes phase and forms the marine placer deposits of phosphorites.

А.И. Хисамутдинова

(Геологический Институт РАН, Москва, geoaisulu@gmail.com)

**Характеристика обломочной компоненты эоценовых
песчаников Западной Камчатки (снатольская свита)
и её изменения по латерали**

A.I. Khissamutdinova

(Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow)

**Characteristic of Eocene sandstone's clastic part in Western
Kamchatka (snatolskaya formation) and its lateral variation**

Западная Камчатка является одним из интереснейших участков Охотоморского региона. При достаточно хорошей обнажённости пород по морскому береговому обрыву возникает возможность коррелировать их с одно-возрастной толщей Сахалина, а, значит, и строить предварительные схемы геологического строения дна Охотского моря, выделяя перспективно нефтегазоносные участки.

В геологическом строении Западной Камчатки принимают участие породы от мезозойских до кайнозойских. Их взаимоотношениям, характеру залегания, стратиграфическому расчленению посвящены работы [1, 2, 3]. Возраст самых древних пород, выходящих на дневную поверхность, меловой. Это вулканогенно-кремнистая толща, в разрезе которой встречаются олистолиты кремней, датированные J_2-K_1 [1], выше несогласно налегает терригенная, флишоидная толща омгонской серии, по возрасту отвечающая позднему мелу. Затем в палеоцене наступает перерыв в осадконакоплении, и на меловой толще с угловым несогласием отлагаются эоценовые породы тигильской серии: хулгунская, напанская и снатольская свиты. Шире остальных обнажена снатольская свита. Она представлена двумя своими литолого-фациальными комплексами: вблизи меловых выступов это мелководные отложения с мощной пачкой конгломератов в основании, а в других случаях – это мощная слоистая толща песчаников, возможный коллектор УВ.

Палеогеографическая обстановка, в которой происходило накопление терригенного материала в эоцене, отвечала мелководью, приливно-отливной зоне, лагуне. Снос осадков по замерам косой слоистости происходил главным образом в двух направлениях: северо-восточном и восточном.

В ходе исследований отрядом ГИНа детально изучались два крупных разреза, удалённых друг от друга на 65 км. На севере Западной Камчатки в разрезе морского берегового обрыва породы снатольской свиты обнажаются в ядре Точилинской антиклинали. Это переслаивание светлых зеленовато-серых мелко-среднезернистых песчаников с обильным углефицированным растительным детритом, скопления которого приурочены к поверхностям наслоения, чередующиеся с редкими буровато-серыми алевролитами, встречаются одиночные кремнисто-карбонатные конкреции диаметром до 1,5 м.

Петрография песчаников такова: они состоят из зёрен кварца, полевых шпатов, обломков горных пород, цемента, в качестве второстепенных минералов присутствует редкий глауконит, слюда, хлорит. Кварц составляет большую часть обломочной компоненты песчаников, встречаются как хорошо окатанные, так и совершенно остроугольные зёрна, полевые шпаты представлены основными плагиоклазами, реже микроклином. Это плохо окатанные, угловатые, реже вовсе не окатанные зёрна порой с выраженными гранями. В одном шлифе наблюдаются как сильно вторично изменённые зёрна, так и свежие. Лититовая часть обломочной компоненты сложена главным образом базальтоидами, кислыми вулканитами, осадочные породы (карбонатные) слагают менее 5%. Все обломки пород плохо окатаны, частично вторично изменены. Цемент песчаников базально-поровый, кремнисто-карбонатный. По классификационной диаграмме Шутова В.Д. [4] эти песчаники отнесены к полевошпатово-кварцевым грауваккам, граувакковым аркозам и мезомикто-кварцевым песчаникам (рис. 1).

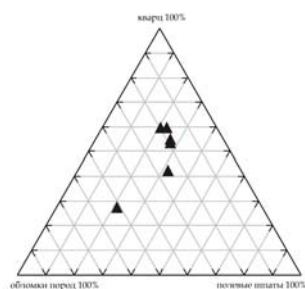


Рис. 1. FQL-диаграмма состава, песчаников, Точилинский разрез

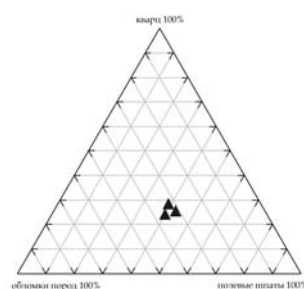


Рис. 2. FQL-диаграмма состава песчаников, Майначский разрез

В центральной части Западной Камчатки снатольская свита обнажается в береговом разрезе у устья р. Майнач. Здесь наблюдается переслаивание серых мелко- и среднезернистых песчаников с рассеянным углефицированным растительным детритом, отдельные прослои грубозернистых песчаников, горизонты карбонатных конкреций. При микроскопическом изучении эти песчаники по [4] отнесены к кварцево-полевошпатовым грауваккам (рис. 2). Среди обломочных зёрен преобладают полевые шпаты, реже кварц, обломки горных пород, второстепенные минералы: хлорит, слюды, редкий глауконит, циркон. Полевые шпаты представлены кислыми и основными плагиоклазами, единичными микроклинами; это неокатанные зёрна угловатой, таблитчатой формы, пелитизированные и сосюритизированные, часто встречаются сростки плагиоклаза и кварца, вероятно – обломки гранитоидов, единичные зёрна пегматитового облика. Кроме обломков гранитоидов в шлифе часто встречаются плохо окатанные вторично изменённые зёрна

основных вулканитов – базальтов, долеритов, метакварциты, редкие обломки хлоритовых(?) сланцев. Кварц слагает зёрна плохо окатанные и не окатанные, редко волнисто угасающие с микровключениями. По сравнению с песчаниками из Точилинского разреза здесь присутствует гораздо больше листочков хлорита, слюд, кристаллов циркона. При этом хлорит и слюда образовались не на постдиагенетическом этапе, а отлагались в первичном осадке. Межзерновое пространство выполнено матриксом из полевых шпатов и кварца, редко глинистым цементом.

Хорошо прослеживаются латеральные изменения обломочной компоненты песчаников снатольской свиты – возможном коллекторе УВ. В центральной части Западной Камчатки эти песчаники незрелые, их накопление происходило недалеко от вероятного источника сноса – Срединного хребта, об этом свидетельствует наличие обломков метакварцитов, хлоритовых сланцев, отдельных листочков хлорита. В Точилинском разрезе песчаники более зрелые, в них нет обломков хлоритовых сланцев, уменьшается количество зёрен гранитоидов, большую часть лититовых обломков слагают основные вулканиты, а доля кварца возрастает.

Финансовая поддержка исследований осуществлялась за счёт Гранта ведущих научных школ НШ-9664.2006.5 и Гранта молодых учёных ГИН РАН.

1. Западная Камчатка: геологическое развитие в мезозое / Ред. Гладенков Ю.Б., Паланджян С.А. М.: Научный мир, 2005.

2. Гладенков Ю.Б., Синельникова В.Н., Шанцер А.Е., Челебаева А.И. и др. Эоцен Западной Камчатки. М.: Наука, 1991 (Труды ГИН РАН. Вып., 467).

3. Кайнозой Дальнего Востока СССР (сборник трудов). Л.: ВНИГРИ, 1981.

4. Шутов В.Д. Минеральные парагенезисы граувакковых комплексов. М.: Наука 1975.

The clastic part of Eocene sandstones (snatolskaya formation) in Western Kamchatka is inconstant. In the south (Mainachskiy outcrop) the clasts consist dominant feldspar, quartz, pieces of granite, basic volcanic rock, rare metamorphic rock, chlorite and zircon. To the north (Tochilinskiy outcrop) sandstone's clast part change: feldspar grows down, quartz and basic volcanic rock dominate, metamorphic rocks pass off. From south to the north maturity of sandstones grow up.

М.А. Холмянский^{1,2}, Г.И. Иванов³, И.М. Ефрекин⁴

(¹Центр Инновационных технологий; ²ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург;

³ФГУНПП «Севморгео», Санкт-Петербург, e-mail-gennady@sevmorgeo.com;

⁴ООО ГАЗФЛОТ, Москва)

**Естественные электрические поля шельфа – фактор
рудобразования и техноседиментогенеза**

M.A. Kholmyansky^{1,2}, G.I. Ivanov³, I.M. Efremkin⁴

(¹Center of innovation technologies; ²VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg; ³State Company "SEVMORGEO", St. Petersburg, e-mail-gennady@sevmorgeo.com; ⁴GAZFLOT)

**Natural electrical fields of a shelf – ore formation
and technosedimentogenesis factors**

Естественное электрическое поле шельфа оказывает значительное воздействие на перенос и осаждение взвеси. Это воздействие соизмеримо с воздействием гравитационных и гидродинамических сил. Начиная с 1972 г. авторы занимаются изучением естественных электрических полей на шельфе арктических, Норвежского, Северного и Балтийского морей. Измерения выполнялись на трансрегиональных, региональных и локальных профилях общей протяженностью около 80 000 км. Кроме того, большой объем измерений выполнен на ряде участков шельфа, характеризующихся формированием россыпных месторождений и активным техногенным воздействием на природную среду.

Нами теоретически оценена роль естественных электрических полей в литодинамических процессах. На основании теоретических оценок и большого объема натурных измерений построен ряд металлогенических и экогеологических карт.

The natural electrical field of a shelf exercise significant influence on carry and sedimentation of a suspension. This influence is commensurable with influence of gravitational and hydrodynamical forces. Since 1972 the authors are engaged in study of natural electrical fields on a shelf Arctic, Norwegian, Northern and Baltic seas. The measurements were carried out on transregional, regional and local profiles by general extent about 80 000 km. Besides large volume of measurements is carried out on a number of areas of a shelf delineated by formation placer deposits and active technogenic influence on natural environment.

We theoretically appreciate a role of natural electrical fields in lithodynamic processes. On the basis of theoretical estimations and large volume in-situ measurements a number metallogenic and ecogeological of cards is constructed.

Г.А. Черкашёв, В.А. Кошелева, С.В. Булдаков

(ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, e-mail: Cherkashov@mail.ru)

Ориентировочная оценка запасов циркона, граната, титанистых и чёрных рудных минералов в голоценовых осадках арктических морей России

G.A. Cherkashov, V.A. Kosheleva, S.V. Buldakov

(VNIIOkeangeologya, St. Petersburg, e-mail: Cherkashov@mail.ru)

Rough estimation of stocks of zircon, pomegranate, titanous and black ore minerals in Holocene deposits of the Arctic seas of Russia

Комплексное изучение вещественного состава голоценовых осадков арктических морей России было выполнено по результатам донного опробования, проведённого сотрудниками НИИГА-ВНИИОкеангеология, в течение последних 50 лет. Проведённое исследование дало возможность получить достаточно информативный материал, позволяющий объективно откорректировать голоценовые осадки, установить их мощность и состав.

Для расчетов содержаний отдельных минералов тяжелой фракции в голоценовых осадках было использовано более 1500 образцов. Расчёт проводился по процентному содержанию конкретного минерала или группы минералов (чёрные рудные; титанистые) в тяжелой фракции и её выходу (процентному содержанию тяжелой фракции в 100-граммовой навеске). Количество циркона, граната, титанистых минералов, а также чёрных рудных, пересчитывались на килограммы в тонне преимущественно алевритоглинистого осадка, наиболее широко распространенного на арктическом шельфе.

Далее на отдельные картографические бланки изучаемых морей масштаба 1:6 000 000 выносились результаты расчетов по конкретному минералу (числитель) и мощности голоценовых образований (знаменатель). Для работы были использованы карты мощностей голоценовых осадков: для Баренцева моря – карта Д.С. Яшина (1999), для Карского моря – карта В.А. Кошелевой (1999), для морей: Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского – карты Б.И. Кима (1999) [1].

Результаты расчетов, вынесенные на карты, дали возможность выделить в исследуемых бассейнах площади или участки повышенных содержаний отдельных минералов. Анализ карт показал, что осадки с содержанием данных минералов в количестве более 0,5 кг; 1 кг и даже 2 кг на тонну приурочены, как правило, к границам разновозрастных коренных пород, подстилающих осадочный чехол, то есть, обусловлены местным геологическим строением (геологические карты Ю.Е. Погребницкого, 1983 [2], и А.В. Окулича, Б.Г. Лопатина и Х.Р. Джаксона, 1989 [3]). При одинаковом геологическом строении данные участки тяготеют к положительным структурным формам, прежде всего, к их периферии и, иногда, выявлены на склонах дан-

ных структур. Подстилающим коренным породам свойственен специфический набор минералов тяжелой фракции, подобный зафиксированному в голоценовых осадках.

Отдельным участкам, со сложным геологическим строением докайнозойского фундамента, или же с кайнозойскими доплейстоценовыми подстилающими образованиями, претерпевшими неоднократный переувлажнение при своем формировании, характерно повышенное содержание в осадке всех изученных твердых компонентов. Большинство же осадков на выделенных участках имеют концентрацию двух или трех минералов, что резко повышает их практическую ценность.

На основании расчёта площадей повышенных содержаний минералов и мощности голоценовых осадков на них, была проведена ориентировочная оценка ресурсов циркона, граната, титанистых и черных рудных минералов в голоценовых осадках изучаемых бассейнов.

Таблица 1

Ориентировочная оценка запасов циркона, граната, титанистых и черных рудных минералов в голоценовых осадках арктических морей России

Моря	Минералы · 10 ⁶ т			
	гранат	циркон	титанистые минералы	черные рудные минералы
Баренцево	16.25	16.62	14.65	8.31
Карское	737.59	526.09	564.68	258.
Лаптевых	1002.55	850.44	670.12	762.5
Восточно-Сибирское	406.54	511.37	625.85	376.76
Чукотское	202.35	153.68	387.45	213.04
ВСЕГО	2365.28	2058.2	2262.76	1618.71

Как видно из проведенных расчетов, голоценовые осадки на отдельных участках арктических морей России, являются природными коллекторами рассматриваемых минералов и могут представлять практический интерес для проведения поисковых и поисково-разведочных работ на данные твердые полезные ископаемые. Актуальность постановки вопроса доказывается, в частности, работами ИМГРЭ, который в рамках задания Роскомнедра по оценке минерально-сырьевой базы России 1996 г. оценил перспективы цирконийности шельфа России.

1. Кошелева В.А., Яшин Д.С. Донные осадки арктических морей России. СПб: ВНИИОкеангеология, 1999. 286 с.

2. Геологическое строение СССР. Т. 9. Моря Советской Арктики / ред. И.С. Грамберг, Ю.Е. Погребницкий. Л.: Недра, 1984. 280 с.

3. *Окулич А.В., Лопатин Б.Г., Джаксон Х.Р.* Циркумполярная геологическая карта Арктики. Геологическая служба Канады. Карта 1765А, масштаб 1:6 000 000.

By results of mineral structure Holocene deposits of the Arctic seas of Russia and to their capacities, the first attempt of a rough estimation of stocks of zircon, a pomegranate, titanous and black ore minerals in the given adjournment has been lead. During work sites of the raised maintenances of firm useful components at the bottom of the Arctic seas of Russia have been revealed.

Р.М. Юркова, Б.И. Воронин

(Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, e-mail: bivmyrzb@mtu-net.ru)

**Минералогия амфиболитов подводного хребта Ширшова
в Беринговом море**

R.M. Yurkova, B.I. Voronin

(Institute of Oil and Gas Problems, RAS, Moscow)

**Amphibolite mineralogy of Shirshova submarine ridge
in the Bering Sea**

Особенности минералогии амфиболитов хребта Ширшова в Беринговом море рассмотрены по материалам драгировок в 29-м рейсе НИС «Дмитрий Менделеев» в 1981 году. Хребет Ширшова является продолжением береговых структур складчатой системы Корякского нагорья, где детально изучались амфиболиты офиолитовых комплексов континентальных блоков, обрамляющих краевые моря в северо-западной части Тихого океана. Детально изучались роговые обманки и плагиоклазы с тем, чтобы оценить РТ-условия метаморфизма на основе существующих в настоящее время геотермометров и геобарометров. Наиболее оптимальным вариантом оценки условий метаморфизма по составу роговых обманок являются диаграммы В.В. Закруткина, разделяющие амфиболы в зависимости от соотношения в их составе Al^{IV} и Al^{VI} , а также щелочей и титана по принадлежности к той или иной фации метаморфизма [Закруткин, 1968]. На этих диаграммах прослеживаются два типа роговых обманок. Первый тип по соотношению тетраэдрически и октаэдрически скоординированного алюминия находится в поле амфиболитов из офиолитовых комплексов Корякского хребта, а также Санто-Антони Ньюфаундленда и Баллантре Шотландии, но отличается от них в целом более высокими содержаниями титана. Второй тип по соотношению Al^{IV} и Al^{VI} тяготеет к полю гранулитовой фации, близок к амфиболитам желоба Яп, но отличается от них более высокими содержаниями Al и особенно щелочей и титана. Наложенные диафорические изменения пород в сильной мере повлияли на состав плагиоклазов, изменяя его в сторону более кислого и, тем самым, занижая температуры раннего метаморфизма при оценке их по амфибол-плагиоклазовым геотермометрам. При изучении измененных плагиоклазов было предпринято тщательное исследование продуктов его изменения (соссюритизации) для восстановления их первичного состава по профилю зондирования участка измененного зерна плагиоклаза. После восстановления первичных составов соссюритизированных плагиоклазов, по параметрам составов равновесных амфибола и плагиоклаза оценены температуры образования амфиболитов, по геотермометру Л.Л. Перчука [1970]. По данным цифровой оценки температур выявляются те же два типа роговых обманок из амфиболитов, что и на фациальных диаграммах. Для первого типа температуры определяются в интервалах 540–615°C, вто-

рого – 650–675°C. Менее определенно оценивается величина давления. Установливаются давления >5 кбар и <5 кбар. Амфиболиты второго типа с железисто-паргаситовой $[(K_{0,16}Na_{0,64}Ca_{1,57})_{2,37}(Mg_{2,37}Fe^{2+}_{2,01}Mn_{0,06}Ti_{0,17}Al_{0,68})_{5,29}(Si_{6,45}Al_{1,55})_8O_{22}(OH)_2]$ или магнезиальной роговыми обманками, драгированные в интервале глубин 1600–1900 м (ст. 2585), формировались при более высоких температурах и низких давлениях, чем амфиболиты первого типа с магнезиальными роговыми обманками $[(K_{0,08}Na_{0,49}Ca_{1,65})_{2,22}(Mg_{3,24}Fe^{2+}_{1,39}Mn_{0,05}Cr_{0,01}Ti_{0,09}Al_{0,48})_{5,27}(Si_{6,92}Al_{1,08})_8O_{22}(OH)_2]$ или эденитом $[(K_{0,07}Na_{0,46}Ca_{1,68})_{2,21}(Mg_{3,23}Fe^{2+}_{1,48}Mn_{0,06}Ti_{0,04}Al_{0,50})_{5,31}(Si_{6,90}Al_{1,10})_8O_{22}(OH)_2]$, драгированные с меньших глубин (1235–1175 м, ст. 2584). Для высокотемпературных роговых обманок характерно наиболее высокое содержание тетраэдрически скоординированного алюминия, щелочей и железа и низкое – магния, что совпадает с известными в литературе данными. Кристаллохимические формулы роговых обманок рассчитывались на основе 23(O); названия даны по классификации Б.Е. Лика [1978]. Магнезиальная роговая обманка из бластомилонитов формировалась при таких же температурах и давлениях, что и роговые обманки первого типа, хотя породы драгированы с больших глубин. Исходя из сочетания наиболее высокотемпературных амфиболитов с бластомилонитами, можно предполагать образование амфиболитов второго типа в проницаемой зоне под влиянием тепла и флюидов, связанных с формированием дайкового комплекса в обстановке, которая была показана для офиолитов полуострова Шмидта [Юркова, 1991]. Амфиболиты первого типа формировались в условиях динамотермального метаморфизма, скорее всего, при пластичном перемещении блоков или пластин, с участием деформаций сдвига и скольжения, о чем свидетельствуют повышение давления при понижении температуры, а также уменьшение роли щелочей, что присуще динамометаморфизованным породам. Можно предположить, что амфиболиты двух типов формировались в одной структурной зоне, в которой сочетались условия флюиднотермального и динамотермального метаморфизма, подобной блоку дайкового комплекса на левобережье ручья Тапельваям в Вывенско-Ватынской зоне Камчатки [Юркова, 1991]. Возможно, амфиболиты первого типа образовались в более высоких горизонтах этой зоны, чем амфиболиты второго типа. Исходными породами для тех и других служили тектонизированные или бластомилонитизированные пироксеновые или двупироксеновые габбро. Эти габбро, будучи экранированными в междайковых пространствах, подверглись полистадийным изменениям в условиях флюиднотермального метаморфизма при понижении температуры от 700 до 400°C, что привело к формированию амфиболитов второго типа и их зеленокаменному изменению. В обстановке проявления деформаций сдвига и скольжения за счет габбро и бластомилонитов в условиях динамотермального метаморфизма были сформированы амфиболиты первого типа.

Формирование магнетита в амфиболитах было связано со сфенизацией ильменита исходного габбро, по-видимому, под влиянием щелочных флюидов. Щелочные флюиды, кроме того, могли служить катализаторами, ускоряющими течение реакций. Поздние гидротермально-метасоматические изменения амфиболитов, бластомилонитов и метагаббро, протекающие по типу пропилитизации, связаны, вероятнее всего, с внедрением гипабиссальных и субвулканических тел кварцевых кератофилов и плагиогранитов. Апатит $[\text{Ca}_{5,4}\text{P}_{3,02}\text{O}_{12}(\text{OH})]$ весьма характерный минерал для амфиболитов. Его присутствие в породе не ограничено единичными зернами, а достигает 2–3% в целом от объема породы. Они различаются по составу весьма незначительно, независимо от типа амфиболитов. Пироксены бластомилонитов представлены клинопироксенами салитового состава (17,8% FeSiO_3 , 36,1% MgSiO_3 , 46,1% CaSiO_3). Кроме широко известных параметров оценки условий образования роговых обманок, было обращено внимание на индикаторную роль размеров элементарных ячеек в структуре амфиболов. В выборке образцов однотипных магнезиальных роговых обманок из зон термального и динамотермального метаморфизма наибольшие значения объема элементарной ячейки наблюдались для термальных и низкобарических (≤ 5 кбар) роговых обманок. Выборка исследованных образцов дополнена данными о роговых обманках динамотермального ореала Динарид- и Уфалейского полиметаморфического комплекса [Pamir et al., 1973; Литвин и др., 1981]. Вырисовывается обратная зависимость между долей ионов Mg в октаэдрических позициях структуры и размерами элементарной ячейки. Может быть поэтому в составе амфиболов динамотермального комплекса главная роль принадлежит магнезиальным роговым обманкам. Основные отличия амфиболитов хребта Ширшова от амфиболитов офиолитового комплекса Корякского хребта и Восточного Сахалина заключаются в следующем: 1) относительно повышенном содержании катионов титана и щелочей в роговых обманках; 2) интенсивной соссюритизации плагиоклазов; 3) намечающейся связи образования амфиболитов хребта Ширшова с внедрением субщелочного силлово-дайкового комплекса. Дайково-силловый комплекс с субщелочными долеритами и диабазами, вероятнее всего, был сформирован в пределах океанических поднятий, отделенных впоследствии от океана островной дугой.

The paper discuss amphibolite mineralogy as indicators of geodynamic history of Shirshova submarine ridge in Bering Sea. Have been described two tipe of amphibolites: thermal ($T=650\text{--}675^\circ\text{C}$, $P<5$ kbar) and dynamothermal ($T=540\text{--}615^\circ\text{C}$, $P>5$ kbar). First tipe amphibolite contain edenite and magnesium hornblende, seconde-ferripagasite and magnesium hornblende. Amphibolite have been formed at the expense of subalkaline gabbro-diabase sill-dike complex as a result of metamorphism at paleo oceanic rise.

**ГЕОЭКОЛОГИЯ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ
МИРОВОГО ОКЕАНА, НОВЫЕ
МЕТОДЫ ЧЕТЫРЕХМЕРНОГО
МОНИТОРИНГА**

**В.И. Авилов, С.Д. Авилова, Н.А. Римский-Корсаков,
А.А. Пронин**

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия)

Геоэкологические исследования в Балтийском море

V.I. Avilov, S.D. Avilova, N.A. Rimsky-Korsakov, A.A. Pronin

(P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia)

Geoecological Investigation in Baltic Sea

В мае-июне 2007 г. выполнены газобиогеохимические исследования в экспедиции на НИС «Профессор Штокман» (86 рейс), организованный и проведенный под патронатом МЧС РФ. Работы проводили по акватории южной Балтики в районе Самбийского полуострова, мыса Таран, вблизи затопленных и естественным путем захороненных разнообразных объектов. Аппаратура и методика измерений создана в ИО РАН и опубликована в Методических указаниях, разработанных Авиловыми В.И. и С.Д. в рамках Государственной Программы «Экологическая безопасность России» (М.: РЭФИА, 1997, 35 с.). В данной экспедиции пробы грунта отбирали из дночерпателя (Дч) и трубки Ниемисте (Нт) с горизонтов 0–5, 20–25 см и далее по колонке до забоя. Придонную воду сливали из трубки Нт, суммарная проба воды по водной толще и из поверхностного слоя отбирали интегрирующим батометром (БИН). Газобиогеохимические исследования выполнены на всех точках и станциях 1 этапа экспедиции и на ходу судна. Обследованы все намеченные части морской среды: донные отложения, придонный и поверхностный слои воды, а также суммарно водная толща. Анализ полученного материала показал, что диапазон колебания биохимических данных значительный и составляет: АТФ в осадках – 75–1840 нг/г, АТФ в воде – 3350–19300 нг/г; при этом биомасса активных живых микроорганизмов (БАЖМ) по АТФ меняется – 18,7–460 мкгС/г в осадках и 837–4820 мкгС/г в воде; ЩФА (активность щелочной фосфомоноэстеразы) – 47–390 Е/г в осадках и в воде 116–712 Е/л. Изменения по газометрическим анализам в осадках не столь значительны и представляют: кислород – 0,8–12,9 % об, азот – 70,4–98,9 % об, двуокись углерода – 0,02–0,895 % об, метан – 0,0–6,87 % об. Обнаружены следы водорода. Наивысшие концентрации АТФ (БАЖМ) установлены в поверхностных интегральных пробах воды и придонной воде из БИН и НТ, соответственно. В донных осадках большие концентрации АТФ (БАЖМ) отмечены в грунтовых колонках из Ниемисте на двух станциях ПШ6213 и ПШ6221. Здесь же на первой из них определены максимальные содержания метана и следы водорода. Относительно ЩФА – ровно наоборот, то есть, где значительное содержание АТФ, ЩФА найдена невысокой. Отмечена высокая биологическая активность в воде и осадках. Геоэкологическое состояние изученных локальных экосистем обусловлено естественными природными процессами. Признаков токсикации не обнару-

жено как в районе подводных объектов, так и в фоновых районах окружающей среды. Анализ газобиогеохимических данных дает основание прогнозировать благоприятное дальнейшее развитие экосистемы исследованного региона. Следует выделить отдельные локальные экосистемы, на которых обнаружены признаки существования явления хемолитоавтотрофии в глубинах осадков на станциях ПШ6213 и 6221. Найдено характерное для явления хемолитоавтотрофии вертикальное распределение биохимических показателей, когда концентрация АТФ заметно увеличивается с глубиной, наращивается биомасса активных живых микроорганизмов. Можно ожидать распространение этого явления на большие глубины в осадках в этих зонах. Высокая биологическая активность в донных осадках, вызванная глубинными потоками газов, может стать причиной геоэкологических рисков. В этом случае вероятно расконсервация объекта не только от внешнего механического воздействия, что несомненно контролируется, но и от природного, взрывного действия выходов газов. Геоэкологический риск снижается систематическим проведением мониторинга состояния окружающей среды.

The distribution of main biochemical and gas indices in water and sediments determined normal and high activity geoecological state of near bottom environment at the areas of the Baltic Sea, where the objects were dumped. Pollution was not discovered.

Н.А. Айбулатов

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва; e-mail: aibulatov@ocean.ru)

**О соотношении природного и антропогенного факторов
в современной эволюции шельфовых зон Мирового океана**

N.A. Aibulatov

(P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

**About the correlation between the natural and anthropogenic
factors in the modern evolution of the World Ocean's shelf zones**

Проблема, поставленная в докладе, не нова. Со времен Чарльза Лайеля и до наших дней она затрагивалась большим количеством ученых, однако дальше качественной оценки этого соотношения дело не шло.

В последнее время была проанализирована роль антропогенного фактора в формировании экосистем прибрежной зоны морей России (Айбулатов, 2005). Главный вывод из этого анализа: основное загрязнение и физическое воздействие на Мировой океан человеческой деятельности падает на его шельфовую зону и, несмотря на происходящие там процессы самоочищения, она остается самой грязной (по воде, грунтам и биоте). И второе – химическое и физическое загрязнение на шельфе носит пока локальный характер и приурочено к промышленным и сельскохозяйственным регионам на побережье, а также к объектам, сооружаемым непосредственно на шельфе. Появилась возможность оценить соотношение природного и антропогенного факторов в современной эволюции шельфовых зон и подойти к вопросу о прогнозировании океанологических процессов в шельфовых зонах Мирового океана.

Многообразие факторов формирования шельфовых зон Мирового океана можно разделить на: природные (пассивные и активные) и антропогенные (прямое воздействие человека на экосистемы). В самих природных факторах следует различать средние характеристики этих факторов и экстремальные (катастрофические) данные, такие как резкие колебания уровня океана, землетрясения, цунами, извержения подводных вулканов, изменения гидрохимического состава вод океана и др. А.С. Керженцев (2006) применительно к почвам последние факторы называет смешанными. Лучше – аномальными.

Природные факторы прямо воздействуют на функции морской экосистемы. Они ускоряют или замедляют динамику процессов анаболизма, нек-роболизма и катаболизма экосистемы.

Антропогенные факторы оказывают прямое воздействие на структуру экосистемы путем изъятия (отчуждения), привноса (поступления) и трансформации состава осадочного материала. На функцию метаболизма антропогенные факторы воздействуют опосредованно через изменяющуюся структуру экосистемы.

Взаимодействие природных и антропогенных факторов в механизме функционирования множества параметров шельфовых экосистем – область науки, требующая проведения натурных и лабораторных экспериментов. Сейчас ясно одно: отдельный показатель не может отвечать за общее состояние экосистемы, а совокупность показателей пока не поддается точной количественной оценке. Первые попытки решения этой задачи применительно к почвам уже появляются (Керженцев, 2006).

При изучении соотношения между природными и антропогенными факторами в шельфовой зоне стоят следующие задачи: получение интегральной оценки влияния всей совокупности природных условий на механизм функционирования экосистемы и выделение характеристик, от которых зависит емкость метаболизма экосистемы и скорость (интенсивность) этого процесса. Вторая задача – разработать основы управления хозяйственной деятельностью, т.е. учет всей совокупности параметров экосистем и факторов воздействия всего многообразия последствий (прямых и косвенных, ближайших и отдаленных, острых и хронических) для самой экосистемы и для ее окружения. Экосистема должна не только хорошо работать в постоянно меняющихся условиях среды, но и максимально поддерживать систему жизнеобеспечения человека в условиях активной хозяйственной деятельности.

Показатель $n_{\text{пр}}/n_{\text{антр}}$ (соотношение воздействия природных и антропогенных факторов на экосистему) может быть использован в качестве оценки роли природного и антропогенного факторов в эволюции региона, однако по нему нельзя судить о негативном или позитивном его значении.

Есть примеры, когда антропогенный фактор в эволюции экосистем имеет положительное значение. Так, исследования влияния различных типов берегоукрепительных сооружений на состояние морской экосистемы залива Осака (Япония) показали, что примененные гидротехнические сооружения создали условия для нормального функционирования фито- и зоопланктона, водорослей, рыб и прикрепленных живых организмов. Или, например, на участке между Туапсе и Сочи в верхней части пляжа воздвигнута гребенка бун для удержания галечных наносов и защиты берега, по которой идет железная дорога. Около 70% берега одето только волноотбойной стенкой. На поверхности бетонных бун широко распространены сообщества бурых водорослей, которые способствуют оседанию взвешенных веществ и поглощению содержащихся в воде азота и фосфора. Таким образом некоторые берегоукрепительные сооружения играют большую роль в самоочищении береговой зоны от загрязнений.

Потеря свойств шельфовых вод и дна для поддержания функционирования экосистем за счет химического загрязнения, физического воздействия можно назвать тихим самоубийством. По существу, речь идет о ликвидации самой «рыбной» зоны Мирового океана. Бесконфликтного перехода биосферы в ноосферу по данным, собранным на шельфе, не происходит. Однако, как далеко в море продолжается этот процесс, сказать трудно. Ведь пока

Мировой океан антропогенному влиянию подвержен в шельфовых зонах локально.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 05-05-65159).

Factors of the shelf zones' formation one can divide into natural, anomalous and anthropogenic. The correlation between these factors may be used as the estimation of their role in the region's evolution, but can not show the real negative effect of the anthropogenic factor. There is no the conflict-free transfer from the biosphere to the noosphere on the shelf.

Н.А. Айбулатов

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва; e-mail: aibulatov@ocean.ru)

Социальная океанология – наука XXI века

N.A. Aibulatov

(P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Social oceanology – the science of the XXI century

Автору за последние 15 лет пришлось обосновывать оптимальные трассы трубопроводов (Россия – Турция, Штокманское, Териберка, Приразломное – берег, Джубга – Сочи), кабелей (Италия – Турция – Украина – Россия, Джубга – Сочи – Потти, Западная Камчатка – Магадан, Крым – Болгария), места платформ («Приразломное»), выносных морских терминалов (Южная Озерейка, Черное море). Накопленный материал позволяет сформулировать понятие «социальная океанология» и ее ближайшие задачи. Под понятием «социальная океанология» мы подразумеваем учение о процессах эколого-экономического, правового и социального использования Мирового океана и регулирование многочисленных противоречивых интересов стран-пользователей.

Сегодняшние задачи стран-пользователей в Мировом океане согласно определению понятия «социальная океанология» тезисно можно сформулировать следующим образом:

1. Деградация морской окружающей среды при хозяйственной деятельности человека на море требует срочных ответных действий, направленных на сохранение целостности морской экосистемы.
2. Экосистемные подходы к хозяйствованию в океане следует фокусировать на управлении человеческой деятельностью, чтобы поддерживать, и при необходимости – восстанавливать здоровое состояние экосистемы.
3. Долгосрочная устойчивость морских экосистем – весьма приоритетная задача, поэтому в России необходимо срочно инкорпорировать экоси-

стемный подход, учитывая растущую нагрузку на морские экосистемы и возрастающие признаки физического разрушения. Экосистемный подход должен быть направлен на управление человеческой деятельностью, затрагивающей Мировой океан, а не на управление экосистемами как таковыми. Ученые являются основными источниками рекомендаций, они должны помогать руководящим работникам в наполнении задач практическим содержанием, привлекаться к выработке оценочных и мониторинговых стратегий.

4. В формировании социальной океанологии необходимо руководствоваться Конвекцией ООН по морскому праву (ЮНКЛОС), Конвенцией о биологическом разнообразии и национальными законами об охране окружающей среды.

5. Акцент на сохранение экосистемных структур, упор на взаимовлияние человеческой деятельности и экосистемы, учет факторов, появляющихся вне пределов определенного хозяйственного района, оценку рисков и применение осторожного подхода, оценку кумулятивного воздействия всех строящихся объектов (например, для всех портов Финского залива или для всех проектов «Сахалин», а не только для одного), стремление к сбалансированности мер по сохранению и устойчивому использованию морского биоразнообразия.

6. Стремление максимально сокращать негативное воздействие человеческой деятельности на морские экосистемы (на их биотическую и абиотическую части).

7. Формирование экосистемного подхода включает: оценку здоровья экосистемы, определение ключевых экологических лимитов, мониторинг, корректировку деятельности человека.

8. Формирование и поддержка осведомленности населения социальной деятельностью, а также организационно-политической воли.

9. Учет загрязнения из наземных источников.

10. Учет трансграничного переноса загрязняющих веществ по воде, атмосфере и подземным водам.

11. Учет опасных чужеродных (инвазивных) биотических видов в районе объекта хозяйствования.

12. Учет влияния крупных морских учений в океане на экосистемы.

13. Оценка самоочищающей способности моря в районах строящегося объекта или добычи полезных ископаемых.

14. Основные положения социальной океанологии должны разрабатываться коллективом специалистов биолого-географического направления независимого от политики и бизнеса.

15. При любой хозяйственной деятельности на море необходима оценивать, хотя бы качественно, соотношение природных и антропогенных факторов в эволюции региона.

16. Для ликвидации влияния антропогенного фактора на шельфе необходимо трубопроводы зарывать в рыхлые осадки.

17. Оценить воздействие объекта на окружающую среду с использованием численной имитационной модели (блоки: гидродинамический, адвективно-диффузионный, экологический, оптимизационный).
18. Системный анализ геоэкологических рисков.
19. При прогнозировании хода техногенных процессов в районе объекта учитывать палеогеографию региона.
20. Рассмотрение альтернативных решений по реализации проекта (поиск, оценка).
21. Непременное проведение производственного экологического мониторинга (ПЭМ) морского объекта, района рыболовства, добычи полезных ископаемых.
22. Оценка уровня конфликтности природопользователей океана и предложения по разработке его комплексного управления.
23. Ликвидация хищнических методов рыболовства путем создания охраняемых районов моря. Создание репрезентативных сетей таких районов и объявление определенных сезонов и зон закрытыми ради защищенности мест и периодов нагулов путем надлежащего управления.
24. Совершенствование сотрудничества и кооперации между международными морскими организациями. Разработка Всемирной хартии по хозяйственному использованию океанов и морей.

Ряд выдвинутых положений социальной океанологии созвучен с материалами доклада Консультативного процесса на его седьмом совещании, которое состоялось в июне 2006 г. в центральных учреждениях Организации Объединенных наций по вопросам Мирового океана и морского права, что укрепляет нашу веру в их реальность и придает творческие силы в работе по дальнейшей разработке научного направления «Социальная океанология».

In the article on the basis of the first hand the author declares the fundamental states of the new scientific branch in the oceanology – social oceanology. The main tasks of this branch including the elaboration of the World Charter on the economical activity in the oceans and seas are formulated.

Н.А. Айбулатов, П.О. Завьялов, В.В. Пелевин

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, e-mail: vvpelevin@mail.ru)

**Некоторые особенности гидрофизического самоочищения
русской прибрежной зоны Черного моря близ устьев рек**

N.A. Aibulatov, P.O. Zavialov, V.V. Pelevin

(Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

**Some features of self-purification of Russian Black Sea shoaling
waters near river entries**

Исследование механизмов естественного самоочищения шельфовых вод от загрязнения, в том числе и под воздействием речных струй, относится к актуальным вопросам океанологии и геоэкологии. Самоочищение шельфовой зоны моря происходит не только путем разбавления, но и в результате циркуляции течений, волнения, каскадинга. В устьях горных рек маргинальный фильтр (Лисицын, 1994), по-видимому, не работает.

Российское побережье Черного моря характеризуется наличием горных рек длиной менее 100 км и площадью водосбора не более 1000 км² (Хмаладзе, 1978) с расходами 10–15 м³/с.

В докладе рассматриваются особенности гидрофизического самоочищения вод русского шельфа Черного моря близ устьев рек. Нами проведены синхронные CTD зондирования термохалинной структуры моря, измерения скорости течений акустическим доплеровским зондом (ADCP) и измерения относительных концентраций растворенной органики, хлорофилла и взвеси ультрафиолетовым флуоресцентным лидаром УФЛ-8. Данный комплекс измерений позволил оценить уровень гидрофизического самоочищения вод шельфа без отбора многочисленных трудоемких анализов проб воды. Указанные измерения были проведены в 2006–07 гг. в приустьевых областях рек Мезыбь, Пшада, Вулан и Ашамба с борта нис «Ашамба».

В северо-восточной части Черного моря в пределах России в море поступает 930 тыс. м³ речных наносов. Часть из них (галка, гравий) остаются близ берега или на берегу, а тонкая (алеврит, пелит) уносится в открытую часть моря. Из-за антропогенных нарушений, таких как запруды, водозаборы и др., абсолютное количество речных наносов уменьшено не очень сильно, на фоне увеличения количества антропогенных загрязняющих веществ (ЗВ), поступающих вместе со водами речного стока. Несмотря на то, что протяженность устьевых участков невелика (по Мировому океану 14,6%), роль рек в формировании потоков взвеси остается решающей. На изученном участке эта закономерность также отмечается. Второй источник взвеси – абразия береговых обрывов (до 0,5 м/год) дает около 100 тыс. м³/год осадочного материала.

По данным ADCP зондирования северо-западнее устьев рек (Пшада, Вулан) располагалась область антициклонической завихренности, а юго-

восточнее – циклонической, с преобладанием сильного вдольберегового течения. В области конвергенции этих двух вихрей отмечалось струйное течение по нормали от берега (до 40 см/с). Как и опресненная область, зона повышенного содержания хлорофилла была смещена по отношению к оси бухты и занимала площадь свыше двух км². Концентрация хлорофилла здесь в 1,5–2,0 раза выше фоновой.

Классиками речной гидрологии было показано, что в зоне смешения морских и речных вод за счет процессов флокуляции и коагуляции растворенных (коллоидных) и взвешенных частиц происходит осаждение основной части твердого стока. А.П. Лисицын (1994) добавляет к этому еще и сорбцию, соосаждение со свежееобразованными оксигидратами железа и биоассимиляцию. Для горных рек, какими являются кавказские реки России (бассейна Черного моря) из-за больших скоростей в устьях и гранулометрического состава речных наносов последние факторы, по-видимому, не имеют большого значения.

Максимальная концентрация взвеси приурочена к устьям рек. Основной факел взвеси представляет собой сектор, на морской периферии которого глубина моря составляет около 25 м (до отн. ед. 400). Далее идет поле взвеси с относительными значениями 100–200 единиц, которое заканчивается глубинами 40–50 метров. На выходе из бухт, куда впадают реки, поле взвеси расширяется в обе стороны от осевого створа бухт; концентрация взвеси здесь в относительных величинах равна 25–100.

Ширина российского шельфа на Черном море составляет 9–6 км. По распространению взвеси, скоростям в речной струе на шельфе в половодье, по гидрохимическим показателям речные потоки могут пересекать неширокий шельф и поставлять осадочный тонкий материал и ЗВ на его бровку.

Подводные наблюдения из автономного обитаемого аппарата (Айбулатов, 2006) показали, что на краю бровки шельфа в этом районе происходит накопление тонкого осадочного материала. Надо отметить, что в бухтах, куда впадают горные реки, во время сильных волнений возникают «разрывные» (компенсационные) течения, которые усиливают струйные речные течения. Их скорости таковы, что они способны оттягивать бетонные «мертвяки» весом 200 кг от берега на глубину 7 метров.

Выводы:

1. Струйные течения малых горных рек, впадающих в Черное море в пределах России в меженный период влияют на гидрофизическое самоочищение до глубины 20 метров, в паводковый – до бровки шельфа.

2. Зарегистрированная на черноморском шельфе России поперечная компонента скорости, направленная в сторону континентального склона, возможно, обязана струйным течениям рек в периоды сильных паводков. В таких случаях на шельфе может возникать транзитивность тонкого осадочного материала и ЗВ.

3. Удаление ЗВ с вод шельфа не означает самоочищения моря в целом.

4. Через плюмажи (речные факелы) и связанные с ними мезомасштабные циркуляционные структуры может осуществляться один из механизмов кросс-шельфового переноса.

The research was performed in Black Sea in 2006–07 near the mouths of rivers Mezib, Pshada, Vulcan and Ashamba. CTD and ADCP measurements of thermohaline and currents structures, were carried out. Very high resolution spatial distributions of dissolved organic matter, chlorophyll and suspended matter concentration in the near-surface layer were obtained by the Ultraviolet Fluorescent Lidar UFL-8. In this report the self-purification of shoaling waters mechanism is discussing.

К.И. Аксентов

(Тихоокеанский институт океанологии им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, aksentov@mail.ru)

Ртуть в донных осадках Амурского залива Японского моря

K.I. Aksentov

(V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute Far Eastern Branch RAS, Vladivostok)

Mercury in bottom sediments of Amur bay of sea of Japan

Одним из основных факторов оценки окружающей среды являются данные геоэкологического мониторинга, по которым можно сделать не только вывод о современном состоянии, но и прогноз. При современном интенсивном использовании ресурсов шельфа, проведение геоэкологического мониторинга морских геосистем является весьма актуальной задачей.

В этом плане Амурский залив является одним из наиболее интересных объектов в Дальневосточном регионе. Основное влияние на акваторию залива оказывает стоки города Владивостока и река Раздольная. Донные осадки является конечным этапом миграции тяжелых микроэлементов, в частности ртути. Следовательно, донные осадки являются наиболее информативным и точным источником для оценки загрязнения морских систем.

Ртуть является трассером техногенного загрязнения наряду с кадмием, свинцом и мышьяком. Так же по литературным источникам известно, что ртуть накапливается в больших количествах по отношению к своему природному фону, чем другие тяжелые металлы. Однако ртуть обладает высокой миграционной способностью, что осложняет изучение и понимание ее геохимических циклов.

В период с 2005 по 2006 г. с борта маломерного судна были отобраны пробы донных отложений по всей акватории Амурского залива, в проливе Босфор Восточный, бухте Золотой Рог и западной части Уссурийского залива. Отработано более 100 станций, мощность отобранных колонок достигала 150 см. Колонки донных осадком отбирались с интервалом 3–5 см. В местах, где не представлялось возможным отобрать колонку донных осадков, используя, дночерпатель отбирали поверхностный слой мощностью до 6 см. Пробоподготовка проводилась по стандартной методике для литохимического опробования. Содержание ртути в донных осадках определяли на атомно-абсорбционном спектрометре РА 915+ с пиролитической приставкой РП-91С. Часть проб была сдана на определение других тяжелых металлов атомно-абсорбционным способом, для установления парагенетических закономерностей накопления с ртутью.

По результатам геохимического опробования было выявлено: минимальные содержания, не превышающие 25 нг/г, обнаружены в южной части Амурского залива и в центральной, напротив острова Русский. Донные осадки в основном сложены псаммитами и данный участок наименее подвержен антропогенному влиянию, что закономерно дало такие низкие со-

держания. Основная часть донных отложений залива сложена пелитовыми фракциями, которые являются хорошими сорбентами. Вследствие этого практически вся акватория залива в различной степени загрязнена ртутью. Максимальные содержания обнаружены в бухте Золотой Рог (1400 нг/г). Бухта испытывает наибольшую антропогенную нагрузку, имея много выпусков сточных вод, влияние судоходства, а так же расположением производственно-промышленных и военных объектов.

Загрязнение ртутью распространяется почти в радиальном направлении от города Владивостока. С севера вносит свой вклад сток реки Раздольной. В центральной части залива на содержание ртути в донных осадках большее влияние оказывают природные факторы, такие как сток рек, с западного берега (река Барабашевка, в устье которой известны сурмяно-ртутные проявления) и разрушающиеся породы островов архипелага Муравьева-Амурского (на острове Попова известна сульфидная минерализация, разрушенные породы которой образуют высокое содержание в прибрежных осадках). Наличие двух факторов затрудняет понимание влияния каждого, в особенности для шельфовых зон окраинных морей. Наличие подобной закономерности наблюдается ещё у некоторых тяжелых микроэлементов таких как свинец, цинк.

Детально был отработан район бухты Перевозная, в донных осадках которой обнаружены повышенные содержания, протягивающиеся полосой от полуострова Ломоносова в северо-восточном направлении. Максимальные содержания для этого района составили 100 нг/г, при среднем 30–40 нг/г.

Изучение распределения ртути в колонках показало наличие вертикальной закономерности. Нами условно было выделено три слоя: верхний – загрязненный за современный период (максимальные содержания по колонке); средний – образованный за счет биотурбации; нижний – образовавшийся в доиндустриальную эпоху (минимальные содержания). Подобная вертикальная закономерность наблюдается у меди, свинца цинка. В колонке, отобранной в бухте Золотой Рог, средний слой отсутствует вследствие периодически проводимых дноглубительных работ. В верхнем слое мощностью 30 см. среднее содержание составило 990 нг/г, а нижних слоях – 75 нг/г.

Обобщая данные по вертикальному распределению ртути в колонках донных осадков каждой станции и содержания в поверхностном слое, можно выделить общий фон для Амурского залива равный 20 нг/г. Тогда для оценки загрязнения ртутью донных осадков можно использовать коэффициент концентрации элемента (K_c), показывающий во сколько раз концентрация элемента превышает его естественный фон.

Следовательно, донные осадки основной части акватории Амурского залива загрязнены ртутью в 1,25–4 раза. Донные осадки части акватории прилегающей к городу – в 30–50 раз. Донные осадки бухты Золотой Рог загрязнены более чем в 60 раз. Однако, сопоставляя верхний и нижний слои каждой станции, максимальное соотношение равняется $13 \div 1$, что так же гово-

рит о значительном загрязнении поверхностного слоя донных отложений Амурского залива. В данной работе не оценивалось влияние ртутного загрязнения донных отложений на гидробионотов, но по предварительным результатам ртуть находится в устойчивой сульфидной форме, что предполагает минимальное влияние на биотические компоненты морских экосистем.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН № 06-III-B-07-281.

Accumulation of mercury in the top layer of bottom sediments of Amur bay is studied. Laws of vertical and horizontal distribution are revealed. Influence of anthropogenous sources on conditions of accumulation of mercury is estimated. Correlation dependences of accumulation of mercury together with other trace metals are established.

В.В. Аникиев

(Междисциплинарный Институт Экологических Проектов, Москва,
e-mail: anikiev@mail.ru)

Анализ и управление экологическим риском от затопленного химического оружия в Балтийском и Северном морях

V.V. Anikiev

(Interdisciplinary Institute of Ecological Projects, Moscow State University)

Analysis and management of ecological risk from chemical weapon sunk in the Baltic and the North seas

На основе новой концепции о влиянии природных процессов на судьбу боевых отравляющих веществ в морской среде осуществлен «сквозной» расчет их поступления в водную массу при различных гидрометеорологических условиях и рассмотрены возможные пути поступления токсикантов в человеческий организм из воздействующих сред [1–7].

Пессимистическая оценка величины экологического риска, под которой понимается вероятность гибели биологической системы, показала превышение допустимого уровня на 2–3 порядка (по стандартам РФ) и на 4 порядка и более (по стандартам стран ЕС и США) [6, 7].

Масштабы негативного воздействия боевых отравляющих веществ на морские экосистемы и население прибрежных стран сопоставимы с последствиями «фонового» загрязнения морской среды пестицидами и тяжелыми металлами.

Экологический ущерб от преждевременной смертности населения, введения моратория на потребление морепродуктов и закрытия рекреационных участков побережья может достигнуть ~19,0 млрд евро/год, что в ~2 раза больше годового объема финансирования стран ЕС на охрану окружающей среды [7].

Снижение экологического риска до допустимого уровня возможно путем повышения интенсификации природных деструктивных процессов *in situ*.

Для оптимизации режима деструкции отравляющих веществ в морской среде разработана кинетическая модель, которая учитывает совокупное влияние гидрофизических, физико-химических и микробиологических процессов на концентрацию загрязняющей примеси внутри водной массы и на ее границах с атмосферой и донными отложениями.

Дальнейшие научные исследования по данной проблеме должно быть направлено на построение компьютерных моделей, позволяющих прогнозировать:

1. токсичность энантиомерных продуктов деструкции отравляющих веществ;
2. изменение скорости и деструкции отравляющих веществ *in situ* за счет изменения численности и штаммов гетеротрофных микроорганизмов;
3. взаимодействие между отравляющими веществами и человеческим организмом на клеточном уровне.

1. *Аникиев В.В.* Оценка экологической опасности от химического оружия, затопленного в Балтийском и Северном морях / Труды международной конференции: «Европа – наш общий дом». Экологические аспекты. М., 2001. С. 153-164.

2. *Anikiev V.V., Tverdislov V.A., Poptsova M.S., Sidorova V.V.* New concept for modeling of migration and transformation of battle poisons in the Baltic Sea and the North Sea / Abstracts of International Ocean Research Conference. Paris, 2006. P. 49.

3. *Аникиев В.В., Рыбина Е.С.* Оценка совокупного влияния гидрофизических и биогеохимических факторов на судьбу боевых отравляющих веществ, затопленных в Балтийском море / Тезисы докладов 16 Международной школы морской геологии. М., 2005. С. 190–191.

4. *Anikiev V.V.* Decade experience of the ecological risk assessment for water ecosystem and human population in Russia/ Abstracts of US/EU – Baltic International Symposium, Klaipeda, 2006. P. 13–14.

5. *Аникиев В.В., Рыбина О.А.* Оценка величины экологического риска и ущерба для населения прибрежной зоны Балтийского и Северного морей, обусловленных затопленным химическим оружием // Моделирование экологического риска от затопленного химического оружия. М., 2007. Деп. ВИНТИ №650-В2007. С. 73–83.

6. *Аникиев В.В., Твердислов В.А., Яковенко Л.В.* Моделирование экологического риска от химического оружия, затопленного в Балтийском и Северном морях/ Материалы 12 международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций ЦСИ МЧС России, 2007.

7. *Anikiev V.V., Tverdislov V.A., Rybina O.A.* Modeling of biogeochemical processes influence in water-air and water-bottom sediments system on fate of battle poisons/ Abstracts of IMBER/LOICZ Continental Margins Open Science Conference, September 17–21, 2007. Shankhai.

Assessment of ecological risk and ecological damage were carried out by modeling of data about of behavior of battle poisons in marine environment and on boundaries between water, bottom sediments and atmosphere.

For management of ecological dangerous presented model reflecting joint influence hydrophysical, physicochemical and microbiological factors on destruction rate of battle poisons in systems: water-air and water-bottom sediments.

Т.В. Бодряков, В.А. Шахвердов

(Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), С.-Петербург, e-mail: Timofey_Bodryakov@vsegei.ru)

**Геохимические особенности береговых зон в районах
портовых комплексов г. Приморск и Высоцк
(восточная часть Финского залива)**

T.V. Bodryakov, V.A. Shahverdov

(Russian Research Geological Institute (VSEGEI), St. Petersburg)

**Geochemical features of coastal zone in regions of terminals
in Primorsk and Vysotsk (eastern Gulf of Finland)**

Проблемы экологии тесно связаны с геохимией, исследующей вопросы, связанные с природной и техногенной миграцией элементов. В техногенных системах накапливаются элементы, которыми активно пользуется человек для своих нужд. Следствием этого является возникновение техногенных аномалий (глобальных, региональных и локальных). Техногенные аномалии представляют большую опасность для человека. Изменение состава атмосферы в промышленных центрах и крупных городах, усиление эрозии почв, нехватка питьевой и технической воды, рост числа заболеваний, связанных с развитием техники – эти и многие другие проблемы современности демонстрируют отрицательные следствия техногенеза. Загрязнение среды быстро растет.

Возникновение техногенных аномалий рассмотрено на примере участков портовых комплексов Высоцк - Приморск. Районы Приморска и Высоцка являются достаточно типичными для всего Финского залива. Актуальность проведения диагностики состояния окружающей среды районов городов-портов Приморска и Высоцка обуславливается не только интенсивной деятельностью человека, но и огромным влиянием мегаполиса С.-Петербурга с его мощной инфраструктурой. В гаванях городов крупного промышленного значения происходит формирование комплекса техногенных отложений с аномально высоким содержанием токсичных тяжелых металлов, нефтепродуктов и различных соединений.

В результате сброса большого объема загрязняющих веществ формируются ореолы загрязнения, в пределах которых накапливаются тяжелые металлы, нефтяные углеводороды и др. Особенно следует выделить береговые зоны, для которых характерно максимальное проявление нарушений и загрязнения окружающей среды.

Крайне важным является исследование путей поступления и особенностей концентраций наиболее опасных для человека элементов, оказывающих вредное воздействие на организм человека. Такими элементами являются, в частности, ртуть, свинец, хром, кадмий, никель, кобальт, медь, цинк и др.

В результате проведенного анализа данных лабораторных исследований получены геохимические характеристики современных донных осадков и почв. Проведенный сравнительный анализ геохимических данных показывает, что наиболее высокий уровень содержания элементов в почвах и донных осадках отмечается в Высоцке. Средний уровень накопления элементов превышен для Cu, Co, Zn, Mn, Ni, Sn, Cr и Ag. В Приморске же фон превышен для Cr и Sn.

В районе порта Приморск за 2005 г. по результатам анализа проб на нефтепродукты, значения, превышающие ПДК, не установлены. Можно предположить, что это связано с активным водообменом в проливе Бюркезунд. Изменение концентраций, может меняться вследствие аварийных выбросов. Поэтому здесь необходимо проводить регулярные мониторинговые наблюдения.

Аналитические данные по району порта Высоцк позволяют выявить наиболее загрязненный нефтепродуктами участок – это бухта Пихтовая. Возможно, это связано с застойными явлениями, разливом мазута и интенсивным движением судов.

Для определения степени антропогенной нагрузки был определен процент станций, содержание тяжелых металлов в которых превышает региональный фон, относительно общего числа станций. Отчетливо видно, что наибольшую нагрузку испытывают районы порта в г. Высоцке и б. Ермиловская. Для этих территории доля станций с содержанием выше фона превышает 80% для большинства элементов. При этом также большую величину имеет средний коэффициент концентрации. Наименьшую степень антропогенной нагрузки по соотношению для большинства элементов – средний коэффициент концентрации / % станций с содержанием выше фона имеет район терминала г. Приморск.

Таким образом, данные геохимических исследований позволяют оценить современное состояние геологической среды, а также решать задачи выявления и изучения как реальных, так и потенциальных источников загрязнения окружающей среды.

As a result of building and exploitation of port complexes near towns Primorsk and Vysotsk an anthropogenic load on geologic environment essentially increases. Near Vysotsk terminal high level of oil pollution was fixed. For the degree of anthropogenic load definition percent of stations the contents of heavy metals in which one exceed a regional background, was determined. Maximum load is observed in regions of port in Vysotsk and Ermilovskaja.

Д.В. Бурков

(Архангельский государственный технический университет кафедра транспорта и хранения нефти и газа, Архангельск, e-mail: burkov-d@mail.ru)

Геологическое строение дна в районе морских сооружений Варандейского терминала

D.V. Burkov

(Arkhangelsk state technical university chair of transport and storage oil and gas, Arkhangelsk)

Geological structure seabed in zone sea installations of the Varandey terminal

Северная часть Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Ненецкий автономный округ Архангельской области), является одним из перспективных регионов, где планируется наращивать добычу нефти. Соответственно возрастают объемы транспорта добываемой продукции. На сегодня, единственным действующим транспортным объектом в северной части региона является экспериментальный отгрузочный терминал в районе Варандея в составе берегового резервуарного парка (БРП), подводного нефтепровода и стационарного морского ледостойкого отгрузочного причала (СМЛОП). С ростом добычи нефти в регионе существующей мощности Варандейского нефтяного отгрузочного терминала (ВНОТ) будет недостаточно для перевалки нефти, поэтому настоящее время выполняются работы по расширению мощности терминала с 1,5 до 12 млн тонн в год нефти.

Комплекс ВНОТ будет включать:

- БРП с общим объемом 325 тыс. м³;
- береговой и морской участки двухниточного нефтепровода «БРП – стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал (СМЛОП)»;
- стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал.

СМЛОП будет соединен с береговыми сооружениями морским трубопроводом длиной 23,4 км. Глубина моря в месте расположения СМЛОП составляет 17,8 м. Учитывая массогабаритные характеристики и условия эксплуатации, СМЛОП представляет собой достаточно сложное инженерное сооружение.

Эксплуатация ВНОТ связана с использованием универсальных природных ресурсов – морских вод и грунтов, атмосферного воздуха. Использование этих ресурсов сопровождается негативным воздействием на окружающую среду в виде перемещения донных осадков и выбросов различных загрязнителей, образованием отходов производства и потребления [1].

ВНОТ находится за Полярным кругом, в субарктической зоне. Данный район характеризуется крайне суровыми природно-климатическими условиями и неблагоприятными инженерно-геологическими условиями строительства.

Устойчивый ледяной покров образуется во второй декаде ноября. В прибрежных районах толщина льда до 1,25 м. В пределах глубин моря от 2 м до 14 м могут образовываться стамухи с горизонтальным размером 100 м и более. Средняя продолжительность ледового периода 247 дней. В прибрежном мелководном районе моря ежегодно образуется неподвижный ледяной покров максимальной шириной до 15 км.

Инженерно-геологический разрез с поверхности дна представлен песком гравелистым серым с включением гравия и мелкой гальки, который залегает с поверхности дна до глубины 1 м в береговой части трассы трубопровода, также встречаются пески мелкие средней плотности сложения насыщенные водой серые с редкими включениями гравия и мелкой гальки. Ил суглинистый темно-серый до черного распространен в прибрежной части трассы преимущественно с поверхности дна. Песок пылеватый насыщенный водой серый распространен практически повсеместно. Суглинок тугопластичный тяжелый песчанистый темно-серый распространен в центральной части трассы. Супесь пластичная зеленовато-серая распространена кое-где в центральной части трассы трубопровода, где залегает с поверхности дна или перекрыта маломощным слоем песка. Суглинок текучепластичный распространен в мористой части трассы трубопровода и залегает в основном с поверхности дна. Кроме этого в прибрежной части встречаются глины мягкопластичные тяжелые, а по всей трассе глины мягкие тугопластичные и суглинки твердые [2].

В результате проведенных инженерно-геологических исследований в районе проектируемого строительства трассы трубопровода и СМЛОП были установлены физико-геологические процессы и явления, которые могут негативно повлиять на сооружения.

Степень агрессивного воздействия грунтов на арматуру железобетонных конструкций можно охарактеризовать как неагрессивную, а на конструкции из углеродистой стали как слабоагрессивную.

Мелководная, прибрежная зона характеризуется наибольшей активностью перемещения грунтового материала из-за сильных течений (приливно-отливных, нагонных, вдольбереговых), что может привести к подмыву и деформациям трубопровода. Деформация дна в прибрежной зоне до глубин от 3 м до 4 м может достигать 1,5 м [2]. Также при строительстве и эксплуатации трубопровода, различные температурные и мерзлотные условия в зоне сочленения берег-море, могут негативно сказаться на состоянии сооружения.

В зимний период в прибрежной зоне образуются навалы льда. В тех местах, где лед ложится на дно, происходит промерзание грунтов. На акватории отмечены борозды в результате выпаживания дна крупными ледовыми образованиями – стамухами, которые могут негативно воздействовать на все виды гидротехнических сооружений. Рельеф дна прибрежного участка до отметок 8,0–8,1 м имеет ступенчатый характер и обусловлен абразионно-аккумулятивными процессами. Здесь выделяются ровные, практически го-

ризонтальные площадки, приуроченные к уровням абразионного воздействия на морское дно штормов различной силы; и аккумулятивные подводные валы [2].

Для снижения воздействия вредных факторов на морскую среду и своевременной их нейтрализации, необходимо проводить мониторинг мерзлотных, литодинамических и ледовых условий, как в период строительства, так и во время эксплуатации проектируемых сооружений.

1. *Тюстин Ю.Д., Губайдуллин М.Г., Коробов В.Б.* Проекты ранней добычи нефти с прибрежных месторождений Ненецкого автономного округа и оптимизация маршрутов ее вывоза морским транспортом // Труды Четвертой Международной конференции «Освоение шельфа Арктических морей России». С.-Петербург, 1999. Ч. 2. 345 с.

2. Материалы отчета АМИГЭ «Морские инженерные изыскания для технико-экономического обоснования Варандейского отгрузочного терминала», Мурманск, 2003.

At the present time, field development of particular deposits or deposits groups is becoming of greater importance. The deposits are located in the off-shore territory of the Nenets Autonomous Okrug and are better prepared for field operation and are not capital-intensive. Transport network optimization is to be fulfilled due to safety precautions, environmental awareness and it is to ensure the economic efficiency of the projects.

Д.В. Бурков¹, В.Г. Вахаев¹, М.Г. Губайдуллин²

(¹ОАО «Варандейский нефтяной терминал», Нарьян-Мар, ²Архангельский государственный технический университет, Архангельск, e-mail: inig@arh.ru)

Инженерно-геологические условия в районе морских сооружений Варандейского нефтяного терминала

D.V. Burkov, V.G. Vakhayev, M.G. Gubaidullin

(¹JSC "Varanday oil terminal", Naryan-Mar, ²Arkhangel state technical university, Arkhangelsk)

Engineering-geological conditions in area of sea constructions of the Varanday oil terminal

Северная часть Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Ненецкий автономный округ Архангельской области), является одним из перспективных регионов, где планируется наращивать добычу нефти. Соответственно возрастают объемы транспорта добываемой продукции. В настоящее время, единственным действующим транспортным объектом для вывоза нефти северным морским путем в юго-восточной части Баренцева моря является экспериментальный отгрузочный терминал в районе Варандея в составе берегового резервуарного парка (БРП), подводного нефтепровода и рейдового причала. С ростом добычи нефти в регионе существующей мощности Варандейского нефтяного отгрузочного терминала (ВНОТ) будет недостаточно для перевалки нефти, поэтому настоящее время выполняются работы по расширению мощности терминала с 1,5 до 12 млн тонн в год нефти.

Комплекс ВНОТ будет включать:

- БРП с общим объемом 325 тыс. м³ (в том числе 260 тыс. м³ – новое строительство), предназначенный для хранения запаса нефти и ее перекачки на отгрузочные причал;
- береговой и морской участки двухниточного нефтепровода диаметром 820 мм от БРП до отгрузочного причала;
- стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал (СМЛОП).

Через ВНОТ планируется отгружать нефти следующих месторождений: Мядсейского, Тобойского, Торавейского, Варандейского, Медынского, Перевозного, Северо-Сарембойского, Западно-Лекейягинского, Южно-Хыльчужского, Ярейюского, Хыльчужского, им. Ю.Россихина.

Учитывая географическое расположение месторождений и характеристики добываемой нефти, предполагается три основных потока нефти, приходящие на ВНОТ:

- Нефть, объемом годовой добычи 7,2 млн тонн с Южно-Хыльчужского месторождения будет поступать непосредственно на ВНОТ. Подготовка нефти до 1 группы качества будет осуществляться на ЦПС "Южно-Хыльчую".

– Нефть, объемом годовой добычи 0,7 млн тонн с Варандейского и Торавейского месторождений, и нефть, объемом годовой добычи 2,3 млн т с Тобойского и Мядсейского месторождений будет поступать на установку подготовки нефти (УПН) "Варандей" и готовиться до товарной кондиции.

– Предварительно обезвоженная нефть с Северо-Сарембойского месторождения поступает на ЦПС Западно-Лекейягинского месторождения, где проходит подготовку до товарной кондиции и годовым объемом 2,0 млн тонн поступает непосредственно на ВНОТ.

Небольшие месторождения, такие как Перевозное, Медынское, Яреюйское, рассматриваются как дополнительные подключения к действующим месторождениям. Предполагается, что основной объем перевозок нефти будет ориентирован на экспорт – в страны Западной Европы.

СМЛОП будет соединен с береговыми сооружениями морским трубопроводом длиной около 23 км. Глубина моря в месте расположения СМЛОП составляет 17,8 м. Учитывая массогабаритные характеристики и условия эксплуатации, СМЛОП представляет собой достаточно сложное инженерное сооружение.

ВНОТ находится за Полярным кругом, в субарктической зоне. Данный район характеризуется крайне суровыми природно-климатическими условиями и неблагоприятными инженерно-геологическими условиями строительства.

Инженерно-геологический разрез с поверхности дна представлен песком гравелистым серым с включением гравия и мелкой гальки, который залегает с поверхности дна до глубины 1 м в береговой части трассы трубопровода. Также встречаются пески мелкие средней плотности, насыщенные водой, серые с редкими включениями гравия и мелкой гальки, максимальной мощностью 0,2 м. Ил суглинистый темно-серый до черного, распространен в прибрежной части трассы преимущественно с поверхности дна. Мощность ила не превышает по всей трассе 0,4 м. Песок пылеватый насыщенный водой серый распространен практически повсеместно. Мощность песка пылеватого от 0,1 м до 4,7 м. Суглинок тугопластичный тяжелый песчанистый темно-серый распространен в центральной части трассы. Мощность суглинка от 0,1 м до 3,4 м. Супесь пластичная зеленовато-серая мощностью от 1,0 м до 3,0 м распространена кое-где в центральной части трассы трубопровода, где залегает с поверхности дна или перекрыта маломощным слоем песка. Суглинок текучепластичный максимальной мощностью 5,1 м распространен в мористой части трассы трубопровода и залегает в основном с поверхности дна. Кроме этого в прибрежной части встречаются глины мягкопластичные тяжелые мощностью до 8,7 м, а по всей трассе глины мягкие тугопластичные и суглинки твердые.

Согласно полученным данным по засоленности грунты характеризуются как незасоленные и средnezасоленные и обладают преимущественно слабой степенью агрессивности к бетону. Степень агрессивного воздействия грунтов

на арматуру железобетонных конструкций можно охарактеризовать как неагрессивную, а на конструкции из углеродистой стали как среднеагрессивную.

Мелководная, прибрежная зона характеризуется наибольшей активностью перемещения грунтового материала из-за сильных течений (приливно-отливных, нагонных, вдольбереговых). Деформация дна в прибрежной зоне до глубин от 3 м до 4 м может достигать 1,5 м.

Устойчивый ледяной покров образуется во второй декаде ноября. В прибрежных районах толщина льда до 1,25 м. В пределах глубин моря от 2 м до 14 м могут образовываться стамухи с горизонтальным размером 100 м и более. Средняя продолжительность ледового периода 247 дней. В прибрежном мелководном районе моря ежегодно образуется неподвижный ледяной покров максимальной шириной до 15 км.

В зимний период в прибрежной зоне образуются навалы льда. В тех местах, где лед ложится на дно, происходит промерзание грунтов. На акватории отмечены борозды в результате выпаживания дна крупными ледовыми образованиями – стамухами. Зона развития борозд ледового выпаживания охватывает все прибрежное мелководье от берега до изобаты 25 м. Наибольшее количество борозд наблюдается в интервалах глубин от 16 м до 20 м. Ширина борозд, в среднем до 10 м, глубина ледового выпаживания может достигать 1,5 м.

Эксплуатация ВНОТ связана с использованием универсальных природных ресурсов – морских вод и грунтов, атмосферного воздуха. Использование этих ресурсов сопровождается негативным воздействием на окружающую среду в виде перемещения донных осадков и выбросов различных загрязнителей, образованием отходов производства и потребления. Для снижения воздействия вредных факторов на морскую среду и своевременной их нейтрализации, необходимо проводить мониторинг мерзлотных, литодинамических и ледовых условий, как в период строительства, так и во время эксплуатации проектируемых сооружений.

Environment of construction of the first stationary oil terminal located in a southeast part of the Barents sea in area Varanday are discussed. The basic data on a geological structure breeds, lying at the bottom of the sea where it will be located a loading mooring are given.

А.Л. Веникова, А.И. Обжиров, О.С. Яновская

(Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток, e-mail: anett29@mail.ru, obzhirov@poi.dvo.ru, olesya79@poi.dvo.ru)

Газогидраты и грязевые вулканы в Охотоморском регионе

A.L. Venikova, A.I. Obzhirov, O.S. Yanovskaya

(V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok)

Gas hydrates and mud volcanoes in the Okhotomarine region

Исследования на северо-восточном склоне и шельфе о. Сахалин проводятся с 1984 г. Основной целью работ являлось изучение газогеохимических полей и сезонных изменений концентраций метана в толще вод Охотского моря. Эти данные использовались для: прогноза нефтегазоносности, поиска полей газогидратов, прослеживания зон разломов, выяснения их современной сейсмо-тектонической активности, расчетов потока метана из недр в атмосферу, использования метана как индикатора для прослеживания водных слоев. Отбор проб воды для изучения метана осуществлялся на станциях, которые расположены как в районе выходов газа (метана) из донных отложений, так и вдали от них. Было выявлено, что источниками метана в районе исследований являются нефтегазовые залежи, бактериальная продукция и разрушающиеся газогидраты [3].

Газогидраты представляют интерес не только как источник углеводородного сырья. Они так же являются источником тепличных газов (метан, углекислый газ). Влияние потоков метана на природную среду наблюдается в изменении старых и формировании новых биоценозов в районе выходов метана в водной толще Охотского моря [1].

Ежегодно с поверхности Охотского моря в атмосферу поступает 1000000 т метана. Т.к. метан является тепличным газом, следовательно, вклад Охотского моря в бюджет атмосферы оказывает влияние на изменение климата на Земле [2].

Так же знание условий распространения газогидратов важно при проектировании инженерно-технических сооружений, т.к. при разрушении газогидратов на склонах, простирающихся от шельфа до ложа моря, происходит взрывление осадков и их перемещение вниз по склону. Это приводит к деформации дна и разрушению различных сооружений (нефтяные вышки, трубопроводы и т.д.).

Т.о., газогидраты являются важным объектом изучения, как возможного нетрадиционного углеводородного сырья, так и участником глобальных геологических, биологических и экологических процессов.

С 2005 по 2007 годы были проведены мониторинговые исследования районов грязевого вулканизма и гидротермальных источников на восточном побережье о. Сахалин. Было отмечено, что при сейсмостектонической активизации увеличивается поступление метана как из разломов на дне Охотского моря, так и из грязевых вулканов на о. Сахалин. Это в свою очередь

влечет за собой увеличение тепличных газов в воде и атмосфере и к изменению рельефа дна и поверхности суши. Проанализировав данные, полученные в результате этих исследований, были сделаны предположения о сопряженности грязевого вулканизма на суше с газогидратами и потоками метана в Охотском море. Следует отметить, что возможно источник газа и для газогидратных залежей и для проявлений грязевого вулканизма является единым, им может быть нефтегазосодержащие породы. На эхограммах зон разрушения газогидратов на дне Охотского моря были обнаружены схожие структуры (бугорки, ямки и т.д.) с грязевыми вулканами на о. Сахалин. В связи с тем, что изучение этих процессов в Охотском море осложняется не малыми глубинами, изучение грязевого вулканизма на суше помогает решить данную проблему и изучить процесс поступления метана в атмосферу.

В результате выполненных исследований можно отметить, что изучение грязевого вулканизма на о. Сахалин, газогидратов и потоков метана в Охотском море имеет большое значение, т.к. в процессе сейсмостектонической активизации увеличивается поступление метана в водную толщу и в атмосферу, что приводит к негативным геоэкологическим последствиям. Также при извержениях грязевых вулканов и разрушении газогидратов происходит изменение рельефа на суше и деформация морского дна, а это в свою очередь может привести к разрушению инженерно-технических сооружений.

1. *Матвеева Т.В.* Автореферат: Геологический контроль формирования газовых гидратов. СПб, 2002.
2. *Обжиров А.И., Астахова Н.В., Липкина М.И., Верецагина О.Ф., Мишукова Г.И., Сорочинская А.В., Югай И.Г.* Газогеохимическое районирование и минеральные ассоциации дна Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 1999.
3. *Обжиров А.И., Соснин В.А., Салюк А.Н. и др.* Мониторинг метана в Охотском море. Владивосток: Дальнаука, 2002.

Gas hydrates are a participant of global geological, biological and ecological processes. The study gas hydrates in the Sea of Okhotsk is complicated by large depths, therefore to study of mud volcanoes on the continent to help us to solve a process content of the methane flux, gas hydrate and mud volcano.

А.Г. Григорьев¹, В.А. Жамойда¹, М.В. Владимиров²

(¹Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Санкт-Петербург, Andrey_Grigiryev@vsegei.ru,
²МЧС России, Москва, info@mchs.gov.ru)

Применение буксируемого по дну акватории гамма-спектрометра в геологических и геоэкологических целях

A.G. Grigoriev¹, V.A. Zhamoida¹, M.V. Vladimirov²

(¹Russian Research Geological Institute (VSEGEI), St. Petersburg,
²EMERCOM of Russia, Moscow)

Exploitation of gamma-ray spectrometer towed at the sea bottom for geological and geocological purposes

Длительное использование подводного буксируемого гамма-спектрометра МКГБ-01 в отделе региональной геоэкологии и морской геологии ВСЕГЕИ позволил обобщить опыт его применения в геологических и радиоэкологических целях.

Полевой спектрометр состоит из буксируемого по дну датчика и бортового аналитического комплекса. Полный состав комплекса включает в себя: герметичную удароустойчивую гильзу с системой огибания препятствий “Угорь” содержащую сцинтилляционный детектор гамма-излучения с кристаллом CsJ (Tl) размером 80×80 мм, аналитический блок, включающий в себя плату аналого-цифрового преобразования (АЦП), а также блоки питания и усиления. Управляющий ПК с соответствующим программным обеспечением, бронированный буксировочно-соединительный кабель. Разрешение детектора не хуже 8–9% по линии ¹³⁷Cs 661,7 кэВ. Для стабилизации и контроля усиления использовался встроенный в гильзу детектора реперный источник ¹¹³Sn, позволяющий оперативно менять коэффициент усиления в зависимости от влияющих на него факторов. Спектрометр отградуирован в единицах удельной активности на объемных насыщенных по гамма-излучению государственных стандартных образцах. Расчетная минимально детектируемая активность при экспозиции 30 секунд составляет ¹³⁷Cs-4 Бк/кг, ²²⁶Ra-10 Бк/кг, ²³²Th-7 Бк/кг, ⁴⁰K-90 Бк/кг. Рабочая глубина погружения гильзы спектрометра – 500 метров, а при буксировке со скоростью 3–4 узла, при использовании 600 метрового буксировочного кабель-троса до двухсот метров. При буксировке подводного гамма-спектрометра экспозиция набора каждого спектра составляла 30 секунд. Скорость буксировки – 3 узла. То есть, каждый единичный спектр соответствует, в среднем, 50 метрам профиля.

Рассмотрим конкретные случаи применения подводной гамма-спектрометрии. Одним из удачных примеров использования спектрометра МКГБ-01 в геологических целях, является картирование полей железомарганцевых конкреций (ЖМК) в Финском заливе Балтийского моря. Хорошо известно, что ЖМК окраинных и внутренних морей интенсивно сорбируют ²²⁶Ra и в

значительной степени обогащены им. В то же время накопление радиоцезия конкрециями незначительно по отношению к алевропелитовым осадкам, интенсивно накапливающим радиоцезий в зонах связанных с воздействием Чернобыльской аварии. Данные положения дают теоретическую основу картирования полей ЖМК при помощи подводной гамма-спектрометрии. Проведённые в Финском заливе опытно-методические работы подтвердили высказанные предположения. Изучались нескольких полей распространения ЖМК, типичный геологический разрез которых можно представить следующим образом. Конкреционный слой залегает непосредственно на верхнеплейстоценовых однородных, реже ленточных глинах. Ниже по батиметрическому уровню поля ЖМК контактируют с голоценовыми алевропелитовыми илами. Выше по батиметрическому уровню поля ЖМК ограничены выходами морены, на отдельных участках перекрытой тонким слоем покровных тонкозернистых осадков. Проведенные подводные гамма-спектрометрические исследования показали следующее. Поля железо-марганцевых конкреций выделяются высокой активностью ^{226}Ra , до десяти и более раз превышающую активность по радио вмещающих эти поля отложений. Следует отметить, что плотные консолидированные участки полей ЖМК отмечаются высокоаномальным равномерно-протяжённым гамма-полем. Участки, где покров конкреций по различным причинам становится менее консолидированным, характеризуются некоторым понижением активности радия, при этом степень аномальности остаётся достаточно высокой. В тоже время поля распространения ЖМК по данным подводной гамма-спектрометрии отмечаются невысокими активностями ^{137}Cs , значительно меньшими, чем активности радиоцезия для алевропелитов в зонах связанных с воздействием Чернобыльской аварии, а основные поля ЖМК Финского залива расположены именно в таких зонах. Таким образом, можно констатировать достаточно надёжный способ картирования полей ЖМК по соотношению $^{226}\text{Ra}/^{137}\text{Cs}$. Кроме этого подводная гамма-спектрометрия непосредственно по активности радиоцезия, а также по соотношению $^{137}\text{Cs}/^{40}\text{K}$ и ^{226}Ra , $^{232}\text{Th}/^{40}\text{K}$ во многих случаях позволяет разделять и картировать поля алевропелитовых отложений, песков и валунного-галечного материала.

Другим наиболее удачным примером использования подводной гамма-спектрометрии в геоэкологических целях являлось её применение для изучения радиогеохимической ситуации в донных осадках на площадях массового захоронения ППОО (подводных потенциально опасных объектов), представляющих собой свалки контейнеров, содержащих радиоактивные отходы, либо единичные крупные объекты, содержащие в большом количестве радиоактивные вещества. Целью исследований являлось: изучение площадного распределения радиоцезия (^{137}Cs) в донных осадках и выявление возможного локального загрязнения донных осадков, связанного с конкретными объектами в пределах участков массового захоронения ППОО.

Донные отложения района работ представлены главным образом двумя основными типами. Первый это – алевропелитовые осадки, перекрывающие глины различной плотности и вязкости, второй – песчано-галечные отложения, иногда перекрытые очень тонким слоем алевропелита. Исследования, проведённые на четырех участках захоронения, показали, что фоновая активность ^{137}Cs для всей площади крайне незначительна и колеблется для разных участков в интервале от значений ниже МДА до 7 Бк/кг при естественной влажности. При этом выделено несколько локальных зон с повышенными содержаниями ^{137}Cs в донных осадках. По одному из профилей, проходящему в непосредственной близости от двух затопленных судов с радиоактивными веществами и свалкой контейнеров, выявлена протяженная аномальная зона с активностью ^{137}Cs достигающими 1500 Бк/кг при естественной влажности. Другим профилем в районе захоронения контейнеров с радиоактивными отходами выявлена локальная аномалия протяжённостью около 100 метров с активностью ^{137}Cs в максимуме 80 Бк/кг. Кроме этого на разных участках по нескольким профилям выделены аномалии ^{137}Cs активностью от 40 до 60 Бк/кг. Следует отметить, что все выявленные аномалии расположены в области распространения алевропелитовых осадков, которые, как известно интенсивно сорбируют радиоцезий.

Таким образом, буксируемый подводный спектрометрический комплекс МКГБ-01 показал себя вполне пригодным для решения задач по изучению площадного распределения радиоцезия в донных осадках и выявлению локального загрязнения в донных осадках связанного с конкретными объектами. Следует отметить, что опыт работ показал достаточно высокую надежность работы подводного спектрометра в сложных условиях буксировки. В частности, за счёт надежной системы огибания препятствий “Угорь” при буксировке успешно преодолевались моренные глинисто-валунные гряды и отдельные крупные валуны. При работах на подводных потенциально опасных объектов успешно преодолевались отдельные контейнеры и их разрозненные скопления.

Under-water gamma-spectrometry allowed to prospect and map shallow-water ferromanganese concretions fields using ^{226}Ra . The same tools are used for detection and study of ^{137}Cs distribution in the bottom sediments within the areas of local contamination related to the influence of submerged objects.

**А.Ю. Гуков, А.Н. Вишневский, Д.А. Гвоздева,
П.Д. Фукалов, А.В. Карлова**

(Усть-Ленский государственный заповедник, Тикси, e-mail: sgukov@mail.ru).

**Биогеохимические особенности прибрежных акваторий
моря Лаптевых**

**A.Yu. Gukov, A.N. Vischnevski, D.A. Gvozdeva, P.D. Fukalov,
A.V. Karlova**

(Lena-Delta Reserve, Tiksi).

Biogeochemical features of coastal aquatorium of the Laptev Sea

Современное экологическое состояние морей сибирской Арктики зависит от многих причин. Уровень загрязнения, унаследованный от времен интенсивного освоения Северного морского пути в отдельных районах не уменьшается, а остается стабильно высоким. Устойчивость донных биоценозов является в определенной степени показателем устойчивости всей водной экосистемы. Это состояние определяется относительно высоким видовым разнообразием и высокой плотностью поселения организмов, живущих на дне моря. Нами анализировались результаты гидрохимического мониторинга на двух станциях в бухте Тикси моря Лаптевых. Одна из станций находится вблизи причала Тиксинской гидробазы, а вторая на акватории сплавления бывшего треста «Якутлес». Гидрохимические наблюдения включали определения pH, кислорода, сероводорода и фенола. В работе используется «Методика гидрохимического анализа поверхностных вод», которой пользуются в Росгидромете. Пробы донного грунта промываются на почвенных ситах, последнее с ячейкой 0,5 мм, отмытые организмы раскладываются по группам и подсчитывается их количество в камере Богорова под биноклем МБС-9. Отмытые организмы фиксируются этиловым спиртом (70%) и формалином (4%), взвешивание организмов макробентоса производится на торсионных весах. Установлено, что загрязнение распространяется примерно из одного центра, ядром которого служит залив Булункан в бухте Тикси, в связи с чем можно говорить о возрастании устойчивости водных экосистем от устья р. Лены к морю. Состояние донных организмов – моллюсков, полихет, ракообразных и других животных бентоса – находятся в наиболее угрожающем положении именно в заливе Булункан. Операции с буксировкой плотов во многих местах приводили к механическому нарушению поверхности дна, засорению дна залива большим количеством сдираемой с бревен коры и затонувшей древесины, гибели донных организмов. Наибольшему токсическому воздействию фенолов также подвержены именно донные животные, не имеющие способности избегания неблагоприятных условий. В результате биомасса зообентоса в заливе не превышает 30,4 г/куб. м, в то время как относительно чистой бухте Тикси она достигает 50–60 г/куб. м. Видовой состав зообентоса представлен организмами, не-

требовательными к качеству воды и количеству растворенного кислорода. Малощетинковые черви – олигохеты, населяющие в массе донные грунты залива, способны выдерживать значительное фенольное и нефтяное загрязнение и низкие концентрации кислорода (до 1–2 мг/л). Содержание нефтепродуктов в поверхностном слое донного осадка составляет от 0,01 до 0,1 мг/л, в воде концентрация составляет 0,04–0,2 мг/л.

Древесина, оставшаяся на дне после сплава ее по реке Лене и морю, является постоянным источником заражения вод фенолами, смертельно опасными для рыб, бентоса и планктона. Небольшие глубины, относительно небольшая площадь водной поверхности и объем воды в заливе, замедленная циркуляция вод способствует наступлению застойных явлений и заморов, особенно в конце зимы. Нарастание льда до 2 м, толщины и отсутствие ветрового перемешивания приводят к полной гибели животных планктона и бентоса, уходу рыбы из залива. В акватории Булункана водятся пород (сиговые и осетровые).

Наличие ярко выраженной слоистости вод при высоких объемах органических и биогенных веществ, выносимых р. Ленкой приводит к образованию в ямах на дне сероводорода. Содержание его может составлять 5 мл/дм³ и выше.

Лежащая на дне древесина является источником постоянного загрязнения токсичными веществами вод и донных грунтов залива Булункан и бухты Тикси, влечет за собой ухудшение качества воды и гибель водных растений и животных, в том числе рыбы. Для оздоровления существующей обстановки необходим не только периодический сбор размалеванной древесины, но и целевые мероприятия, направленные на полное очищение дна залива и прилегающей к нему акватории бухты Тикси от затонувшей древесины.

В последние годы (с конца 90 г. XIX в.) плотовой сплав древесины прекращен. Образование насыпей перемычек и временных дамб, бонных заграждений привело к образованию качественно-новых биоценозов. Так в заливе Булункан в результате строительства грунтовой дороги по его берегу, часть акватории оказалась изолированной от моря, впадающие в этот водоем ручьи изменили свой соленостный режим, произошла замена солоноватой водной бентофауны на пресную. В ее составе доминируют личинки насекомых, в основном комаров и долгоножек. Измененные участки бывшего дна бухты Тикси и берега бухта занимают более 5% площади всей акватории.

Pollution by oil and polychlorinated biphenyls is the most serious hazard to the state of the Laptev Sea ecosystems. Contents of oil-pollutant in surface sediments range from 0,01 to 0,1 mg/l, in waters, respectively, 0,04–0,2 mg/l. Main source of this – shipping and port activities. Concentration of petroleum varied from 0,05 to 0,2 in the sea water and 0,05 to 0,1 mg/l in sediment.

В.А. Даувальтер

(Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Апатиты, e-mail: vladimir@inep.ksc.ru)

Загрязнение озера Умбозеро (водосбор Белого моря) халькофильными элементами (Hg, Cd, Pb, As)

V.A. Dauvalter

(Institute of the North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre, RAS, Apatity)

Pollution of the Umbozero lake (watershed of the White Sea) by chalcophile elements (Hg, Cd, Pb, As)

Север Европейской части России, в том числе и Мурманская область, обладает уникальными минерально-сырьевыми ресурсами. На территории Мурманской области находятся крупнейшие в стране горнодобывающие, горно-перерабатывающие и горно-металлургические предприятия, ежегодно извлекающие на поверхность земли миллионы тонн горных пород и выбрасывающие в атмосферу и сбрасывающие в водоемы тысячи тонн загрязняющих веществ, в том числе высокотоксичных соединений металлов и органических загрязнителей.

Среди загрязняющих веществ чрезвычайно опасными для природы и для человека являются тяжелые металлы, в первую очередь высокотоксичные халькофильные элементы (Hg, Cd, Pb, As), способные мигрировать в воздушной и водной средах на значительные расстояния благодаря своим внутренним и внешним геохимическим особенностям (например, относительно низкой температурой плавления, большой способностью образовывать металлорганические комплексы и т.д.). Эти элементы в последние десятилетия приобрели статус глобальных загрязняющих элементов. Несмотря на большое количество источников загрязнения халькофильными элементами в мире, в том числе и в Мурманской области, очень мало информации по содержанию этих загрязняющих веществ в окружающей среде, и в водных системах в частности.

Целью исследований являлось установление геохимических особенностей распределения халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb, As) в воде и донных отложениях оз. Умбозеро, подверженного влиянию выбросов и стоков предприятий горно-металлургического комплекса Мурманской области.

Озеро Умбозеро – второй по величине водоем Мурманской области: общая площадь озера составляет 319,4 км², площадь водного зеркала 313,4 км², наибольшая длина 43,3 км, наибольшая ширина 12,0 км. Высота уровня озера над уровнем моря – 151,6 м. По максимальной глубине (115 м) озеро стоит в ряду наиболее глубоких озер европейской части России. В этом отношении его превосходят лишь Онежское и Ладожское. Южная часть озера мельче северной. Общая площадь водосбора озера Умбозеро 2130,8 км². Из озера вытекает р. Умба, впадающая в Кандалакшский залив Белого моря.

Озеро расположено к востоку от Хибинского массива. Северная сравнительно узкая часть лежит между Хибинским и Ловозерским щелочными массивами. Здесь ширина озера 5–6 км. Озеро Умбозеро расположено на восток от промышленно развитого центра Мурманской области. Антропогенное воздействие на него происходит в значительно меньших размерах, чем на крупнейшее озеро Кольского полуострова – Имандра.

Освоение Коашвинского апатит-нефелинового месторождения с 1978 г. повлекло загрязнение юго-западной части оз. Умбозера взвешенными веществами и соединениями азота. Сточные воды рудника "Восточный" поступают в реку Вуоннемйок, далее через систему озер Китчеявр, Китчапах и реку Умболка вносятся в Умбозеро. В первые годы освоения рудника из-за отставания строительства очистных сооружений в водную систему поступили огромные количества взвешенных веществ, что привело к заилению дна южной части Умбозера. В настоящее время внедрение системы очистки на руднике "Восточный" и снижение объемов производств позволило резко сократить сброс загрязняющих веществ. Повышенное содержание в водной системе азотной группы является, очевидно, следствием ведения взрывных работ на руднике "Восточный". Кроме сточных вод рудника "Восточный" в эту же систему поступают хозяйственно-бытовые стоки поселка Коашва.

Северо-восточная часть Умбозера испытывает воздействие сточных вод рудника "Умбозерский" Ловозерского ГОКа. Состав сточных вод фторидно-гидрокарбонатно-натриевый. Основными коллекторами сточных вод являются ручьи Азимут и Лопаритовый, вбирающие в себя шахтные воды, откачиваемые на рельеф местности, а также стоки промышленной площадки. По этим ручьям загрязняющие вещества, фтор, взвеси, минеральные соли поступают в Умбозеро.

В апреле и июле 2005 г. была проведена геохимическая съемка оз. Умбозера, во время которой были отобраны пробы воды и колонки донных отложений. Пробы донных отложений отобраны с помощью гравитационной колонки и послойно разделены по 1 см для анализа. Концентрации элементов в воде и донных отложениях определялись в химико-аналитической лаборатории ИППЭС КНЦ РАН с помощью атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

В распределении содержания Pb и Cd в толще воды обнаружен поверхностный и придонный максимум. Эти два максимума могут быть связаны с развитием фитопланктона в поверхностных слоях и с осаждением отмерших организмов и механических взвесей в придонные слои. Средняя концентрация Pb и Cd в водной толще оз. Умбозеро больше среднего значения для воды озер таежной зоны – $0,45 \pm 0,40$ и $0,085 \pm 0,065$ мкг/л соответственно.

Судя по материалам изучения донных отложений Умбозера, исследуемое озеро испытывает антропогенное воздействие, в первую очередь рудников (Восточный и Умбозерский), расположенных на берегах этого самого глубокого озера Мурманской области. Это воздействие сказывается в по-

вышении концентраций в поверхностных слоях донных отложений таких элементов, как тяжелые металлы. Среди тяжелых металлов наибольшие коэффициенты загрязнения зафиксированы для Cd и Pb (8,4 и 11,9 соответственно), т.е. металлов, которые в последние десятилетия учеными-экологами относятся к одним из глобальных загрязняющих элементов, особенно в арктической и субарктической зонах Северного полушария.

К глобальным загрязнителям относятся также Hg и As. Концентрации Hg увеличиваются в поверхностных слоях донных отложений практически всех исследуемых станций. Коэффициенты загрязнения Hg находятся в пределах от 3,2 до 6,0. Ртуть является чрезвычайно токсичным металлом, поэтому даже эти величины коэффициента загрязнения могут оказать значительное отрицательное влияние на жизнедеятельность гидробионтов. Мышьяк характеризуется умеренным и значительным загрязнением в донных отложениях исследуемых станций Умбозера. Коэффициенты загрязнения As в них находятся в пределах от 2,0 до 4,6.

Наибольшая величина степени загрязнения, рассчитанная как сумма коэффициентов загрязнения 4 элементов (Cd, Pb, Hg и As), отмечена на станции 8 Умбозера – 28,1. Все остальные исследуемые станции Умбозера также характеризуется как сильно загрязненные по исследуемым 4 халькофильным элементам.

Следовательно, можно сделать вывод, что оз. Умбозеро испытывает интенсивное воздействие глобального характера, а также загрязняется стоками рудников, что сказывается в повышении концентраций высокотоксичных халькофильных элементов Cd, Pb, Hg и As в поверхностных слоях донных отложений оз. Умбозера.

Researches of the lake Umbozero, the second on the area and the deepest lake of the Murmansk Region, were carried out with the purpose of assessment of geochemical features of distribution of the chalcophile elements (Hg, Cd, Pb, As) in water and sediments. Among chalcophile elements the greatest factors of contamination are fixed for Cd and Pb.

**Е.М. Емельянов¹, В.А. Кравцов¹, Г.А. Тарасов²,
Ю.Е. Полосина¹, Т.Г. Коновалова¹**

(¹Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Калининград, e-mail: ioran@atlas.baltnet.ru; ²Мурманский морской биологический институт КолНЦ РАН, Мурманск, e-mail: tarasov@mmbi.info)

**Геоэкологическая обстановка в реликтовом озере
Могильном (о. Кильдин, Баренцево море)**

**Е.М. Emelyanov¹, V.A. Kravtsov¹, G.A. Tarasov²,
Y.E. Polosina¹, T.G. Konovalova¹**

(¹P.P. Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Atlantic Branch, Kaliningrad; ²Murmansk Marine Biological Institute of Kolsk's Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Murmansk)

**Geoecological situation in the relict Mogilnoye Lake
(Kildin Island, Barents Sea)**

Озеро Могильное является уникальным, и, очевидно, единственным такого рода озером на Земле. Оно возникло на о. Кильдин в голоцене благодаря появлению песчано-гравийно-галечной перемычки (шириной 60–70 м), отгородившей небольшой залив от Баренцева моря. Глубина озера достигает 16 м, длина 562 м, ширина 275 м. Уникальность озера заключается в существовании постоянного сероводородного заражения придонных вод, совместного присутствия в озере морских и пресноводных видов флоры и фауны, развитием их новых видов, сильной вертикальной стратификацией водной толщи, вызванной инфильтрацией морских вод через узкую перемычку, отделяющего его от Баренцева моря. Предыдущие геолого-геохимические, гидролого-гидрохимические и гидробиологические исследования (ММБИ КолНЦ РАН) были проведены в этом озере в 1966–1974 гг. [1].

Целью проведенных в 2006 г. исследований являлось изучение современного геоэкологического состояния данного водоема, оценка динамики изменения гидролого-гидрохимической обстановки в водной толще озера и химического состава донных осадков за истекший период времени.

В совместной экспедиции АО ИО РАН и ММБИ КолНЦ РАН, состоявшейся в период с 3 по 12 июля 2006 г. на озере Могильном отобрано дночерпателем 33 пробы донных осадков (горизонт 0–5 см) на 33 станциях, расположенных равномерно на четырех поперечных и одном продольном профилях через озеро. Отобрано батометрами 23 пробы озерной воды, в которых определены концентрации водной взвеси. Пробы воды отбирались по горизонтам от поверхности до дна с интервалом через 1 м на 2 станциях, одна из которых расположена в самой глубоководной части (глубина 16 м), а вторая – на средних глубинах озера (глубина 7 м). Проведено гидрологическое зондирование водной толщи (соленость, температура, кислород) на всех вышеуказанных 35 станциях. В пробах донных осадков определен их

гранулометрический и химический составы (Al_2O_3 , $\text{SiO}_{2\text{вал.}}$, $\text{SiO}_{2\text{аморф.}}$, CaCO_3 , Ca, Mg, K, Na, $\text{C}_{\text{орг.}}$, $\text{N}_{\text{общ.}}$, $\text{P}_{\text{общ.}}$, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni, Co, Cd, As).

Вертикальное положение границы сероводородного слоя в этом озере с 1974 г. по настоящее время практически не изменилось. Переходный слой $\text{O}_2\text{--H}_2\text{S}$ находится на глубинах 9–11 м, глубже которого кислород исчезает полностью. С переходным слоем $\text{O}_2\text{--H}_2\text{S}$ совпадает слой «розовой» воды, который был обнаружен в озере как нами, так и 33 года назад [1]. Он вызван массовым присутствием в этом слое фотосинтезирующих серобактерий семейства *Chlorobaeaceae*. Верхний распресненный слой вод (соленость 4 ‰) находится на глубинах 0–3,5 м, а придонный соленый слой вод (соленость 30 ‰) расположен глубже 6–7 м. Между ними наблюдается резкий скачок солености (плотности) вод – галоклин. Температура вод озера в период экспедиции изменялась от +8°C в придонных водах до +15°C в поверхностных водах. Резкое снижение температуры вод на 6°C (сезонный термоклин) зафиксирован на глубинах от 3,5 до 6 м на границе распресненного и соленого слоев водной толщи.

Концентрации взвеси в озере находятся на обычных уровнях, которые характерны, например, для морских вод открытой части Балтийского моря (0,1–1,0 мг/л). Повышенные ее концентрации (1,2–1,8 мг/л), обнаружены в переходном слое $\text{O}_2\text{--H}_2\text{S}$ и были близки к ее концентрациям в этом слое в Балтийском море (1–2 мг/л). В поверхностном слое вод (0–5 м) озера концентрации взвеси оказались невысокими (0,13–0,57 мг/л), что сопоставимо с ее концентрацией в поверхностных водах Северо-Балтийской впадины, где концентрации взвеси в этом слое в июле 2006 г. составили 0,24–0,42 мг/л.

На дне озера встречены все гранулометрические типы осадков: от гравия (глубина 4 м) до пелитовых илов (глубины 6–16 м). Пески обнаружены на шести станциях на глубинах до 7,5 м. Все пески являются мелкозернистыми с преобладанием в них фракции 0,25–0,1 мм. Крупные алевриты (глубина 4 м) и мелкоалевритовые илы (глубина 10 м) встречены всего на двух станциях, а алевритово-пелитовые илы (глубины 0,15–16 м) – на 10-ти станциях. В центральной, наиболее глубоководной части озера распространены пелитовые илы. Как и в пелитовых илах впадин Балтийского моря, в илах озера Могильного в пелитовом материале главенствует субколлоидная фракция (<0,001 мм). Вероятно, это обусловлено поступлением в илы озера Могильного так называемого «ледникового молока», как наиболее тонкого продукта размыва моренных отложений, а также продуктов выветривания дочетвертичных осадочных пород (алевролитов и аргиллитов), распространенных на водосборе озера. В сероводородной зоне (глубже 9–11 м) осадки не имеют поверхностной окисленной пленки, отличаются серо-черным цветом и сильным запахом сероводорода. Особенностью илов озера Могильного по сравнению с илами впадин Балтики является значительная примесь в них песчаных и алевритовых фракций, предположительно, эолового происхождения.

Содержания $C_{\text{орг}}$ и практически всех изученных химических элементов распределены в донных осадках озера в соответствии с правилом «пелитовой фракции»: т.е. чем больше в осадке пелита – тем выше содержание в нем элементов. Следовательно, максимальные количества элементов содержатся в илах глубоководных частей озера, а минимальные – в песках его мелководной прибрежной части. Содержания изученных элементов в донных осадках находились на фоновых уровнях, как обнаруженных в этом озере ранее в 1966–1974 гг., так и были близки к их содержаниям в соответствующих литологических типах донных осадков Гданьской впадины Балтийского моря. Осадки озера содержат от 9 до 15 % Al_2O_3 , от 40 до 63 % $SiO_{2\text{вал.}}$, от 1 до 14 % $SiO_{2\text{аморф.}}$, от 1,5 до 12 % $CaCO_3$. Другие элементы содержатся (%): $N_{\text{общ.}}$ – 0,05–1,20; $P_{\text{общ.}}$ – 0,01–0,16; Fe – 1,45–4,00; Mn – 0,01–0,40; тяжелые металлы и малые элементы (в 10^{-4} %): Cu – 10–55; Zn – 29–182; Ni – 30–90; Co – 16–30; Cr – 28–59; Li – 19–37; As – 5–103; Cd – 0,1–1,0; Pb – 4–26.

Низкое значение отношения $C_{\text{орг.}}/N$ (в среднем 5) в илах озера Могильного по сравнению с его значением в илах впадин Балтики (в среднем 10) указывает на меньшую, чем в Балтийском море, степень разложения исходного органического вещества, продуцируемого фитопланктоном в поверхностном слое водной толщи озера и большую планктоногенную составляющую в составе органического вещества илов озера по сравнению с терригенной ее частью. Низкие значения этого отношения вызваны, в первую очередь, в среднем в 2 раза более высокими содержаниями азота в илах озера (в среднем 1,0 %) по сравнению с илами впадин Балтики (в среднем 0,5 %). В то же время содержания органического углерода в илах озера Могильного оказались примерно теми же, что и в илах впадин Балтийского моря (в среднем 4 %).

Результаты исследований указывают на стабильность гидролого-гидрохимической обстановки и процессов формирования химического состава вод и донных осадков в озере Могильном. Не обнаружено признаков антропогенного загрязнения озера взвесью, токсичными металлами и биогенными элементами.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 06-05-64242.

1. Реликтовое озеро Могильное. Л.: Наука, 1975. 298 с.

The geoecological researches of the unique relict Mogilnoye Lake which located at the Kildin Island in the Barents Sea were carried out in July 2006. Our data show to absence of antropogeneus contamination of the lake by suspended particulate matter, toxic metals and biogenic elements.

О.В. Ивлиева

(Южный федеральный университет, e-mail: ivlieva@rsu.ru)

**Биологическая трансформация осадочного вещества
моллюсками**

O.V. Ivlieva

(Southern Federal University)

Biological transformation of sedimentary substance by mollusks

Выявление закономерностей биологической трансформации осадочного материала в морских водоемах является одной из актуальнейших задач теории седиментогенеза. В частности: каков состав потребляемого осадочного материала (соотношение минеральной и органической составляющей пищевого комка моллюсков), его размерность, какова степень извлечения твердых микрочастиц из осадка в процессе питания.

Состав пищи определялся у ведущих представителей донного населения Азовского моря – моллюсков. (*Mytilus galloprovincialis*, *Mya arenaria*, *Cerastoderma lamarcki*, *Cunearca cornea*, *Hypanis colorata*) которые составляют в сумме 90–95% биомассы современного зообентоса моря. Биомасса основных видов моллюсков изменялась за период 1995–2005 г. от 127 до 310 г/м², а плотность поселения от 643 до 7325 экз./м². Повышенные скопления моллюсков расположены на глубинах 5–10 м.

Ежегодно через гетеротрофные уровни донных биоценозов Азовского моря проходит от 92 до 245 млн т седиментационного материала. Биодиспергирование охватывает слой 10–15 см. На фильтрационных способностях зообентоса сказываются видовые различия. Так крупные формы церастодермы и мидии за сутки извлекают из водной толщи в среднем 35,4 и 65,5 мг сухого вещества взвеси.

Каждый вид моллюсков занимает определенную экологическую нишу и питаются только взвесью придонного слоя и осадками, которые они сами взмучивают определенной размерности. Так церастодерма предпочитает частицы средне- и крупнопелитовой размерности. В пищевом комке мидии преобладают частицы алевроитовой размерности. Основу пищевого комка Мии составляют преимущественно частицы пелитовой размерности

Материал, не подошедший по размерам к потреблению, коагулируется в комочки слизи, обильно выделяемой животными, и выбрасывается в виде агглютинатов через выводной сифон вновь в водную толщу. Подошедшая по размерности часть поступает в пищеварительный тракт. Питательная масса моллюсков содержит сложноструктурный биоматериал, примесь минеральных частиц разнообразного состава, выбрасываемые моллюсками агглютинаты, а также техногенные микрочастицы.

В составе потребляемой пищи преобладают минеральные частицы: до 45–50%, на органическую составляющую приходится около 25–30%, и на

агглютинаты в среднем – 20%. Однако, каждый моллюск имеет свой рацион питания, минеральные компаненты преобладают у Мии и Кунеарки (50–60%), органические продукты взвеси преимущественно потребляются Церастодермой и Мидией (40–45%), агглютинаты присутствуют до 30% у Церастодермы и Кунеарки и всего лишь 5–6 % у Мии и Мидии.

В том или ином количестве в желудках моллюсков встречаются техногенные микрочастицы, которые преимущественно накапливаются в агглютинатах. Самую высокую, повсеместную встречаемость в питательной смеси желудков моллюсков имеют микрочастицы нефти, угля и углисто-графитовые агрегаты. Наименьшую степень загрязнения пищевого комка техногенными микрочастицами имеет моллюск Мия 1–1,5%; до 4–5% – моллюски Мидии, Кунеарки, Хипанис и наибольшую – от 6 до 12% имеют моллюски Церастодермы. Моллюски отбирались в разных районах моря, чаще всего весь спектр диагностируемых техногенных микрочастиц и высокие концентрации отмечались в северо-западном секторе Таганрогского залива и восточном секторе моря, что связано с влиянием меткомбинатов городов Мариуполь, Таганрог и Керчь.

Структура питательной смеси имеет высокое содержание разложившихся растительных остатков серо-зеленой и бурой окраски водорослей микроструктурной иногда желеобразной консистенции. Наибольшее количество водорослей потребляется Мидией, преимущественно в виде хорошо сохранившихся серо-зеленых волокнистых образований. В пищевом комке Церастодермы содержание фитомассы не превышает 10–20%, Кунеарки 20–25%, в рационе Мии 10–15%.

Довольно часты фрагменты панцирей сетчатых диатомей (4%), фораминифер, обломки створок раковин размером 0,4–0,9 мм (толщиной 0,2 мм), встречаются элементы щупалец, целые раковинки моллюсков плоских и спиралевидных до 2 мм (3–5%), рачки хорошей сохранности, спикулы губок, обильны микроформы планктона в виде чешуек и зародышевых форм.

Минеральное вещество в желудке моллюсков имеет преимущественно монтмориллонитовый и кремнистый состав, единично встречаются удлиненно-столбчатые частицы ильменита, глауканита, амфиболов, угловатого кварца. Карбонаты образуют часто микрозернистые агрегаты размером 0,08–0,15 мм. Агглютинаты представляют собой удлиненно-цилиндрические образования, пережатые поперечными перемычками, скрепленные слизью, размером до 0,5мм. Высокую встречаемость в агглютинатах имеют техногенные микрочастицы в виде сферических частиц стального и латунного цвета, углистых микрочастиц, столбчатых зерен графита, единично-цветные нити. Битум встречается в трех разновидностях: тонкодисперсный коричневый пропитывающий водоросли, воскообразные включения и твердые пластичные микрочастицы.

Every mollusk has got its own nourishment ration, mineral components are predominant for Mee and Cuneare (50–60 %), suspend organic foodstuffs are mainly absorbed by Cerustoderm and Mussel (40–50%), aglutinents are present up to 30 % in Mee and Mussel, technogenic microparticles are accumulated in aglutinet.

Д.В. Кириевская, В.М. Анохин

(ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, e-mail: anokhin@vniio.nw.ru)

**Геоэкологическая обстановка дна Чукотского моря
по данным исследований ВНИИОкеангеология 2006 г.**

D.V. Kirievskaya, V.M. Anokhin

(VNIIOkeangeologiya, St.Petersburg)

**Geoecological conditions of Chuckchee Sea seabed according
to the research results of VNIIOkeangeologiya, 2006**

В августе – октябре 2006 г. в Чукотском море научной группой ВНИИОкеангеология производились геолого-геофизические исследования по составлению Госгеолкарты м-ба 1:1 000 000. В рамках этих работ осуществлялось изучение геоэкологической обстановки дна Чукотского моря. В методику геоэкологических исследований входили донный пробоотбор дночерпателем «Океан-0,25» с последующим отбором проб донных осадков и макробентоса. Пробы осадков впоследствии подверглись эмиссионному и атомно-абсорбционному анализу на 15 элементов (93 пробы), гранулометрическому анализу (100 проб). Пробы макробентоса подверглись биологическим анализам. В настоящее время получены лишь частичные результаты этих анализов, поэтому приведенные выводы носят предварительный характер.

Чукотское море является наименьшим и самым восточным шельфовым морем Российской Арктики. Его площадь составляет 569,7 тыс. км², а отношение площади моря к площади шельфа 97,1%. Объем моря равен 51 тыс. км³, средняя глубина 88 м, наибольшая глубина 160 м. Шельф, неразрывно связанный со строением побережья, является областью с лавинными скоростями седиментации.

Климат района морской арктический с суровой малоснежной зимой. Летом преобладают южные ветры. Средняя скорость ветра 6,2 м/сек и максимальная до 30 м/сек. Безветренные дни крайне редки. Что способствует активному атмосферному переносу ЗВ с материка. Чукотское море является одним из самых теплых арктических морей, что связано с притоком теплых беринговоморских вод. В подледном слое температура воды близка к температуре замерзания 0 – -1,7°C. Из пролива Лонга вдоль берега Чукотки поступают более холодные и более плотные воды Восточно-Сибирского моря.

Течения оказывают существенное влияние на процессы седиментации и рельефообразования. Через Берингов пролив ежегодно поступает около 50 млн т терригенного взвешенного материала и около 60 млн т биогенного, который, в подавляющем количестве, состоит из диатомового фитопланктона. Реки на территорию приносят ~ 19,6 млн т/год взвесей. Чукотское море можно отнести к бесприливным морям, за исключением небольшого участка побережья – бухты Роджерса (о-в Врангеля), – где приливные колебания

уровня могут оказывать некоторое влияние на распределение осадков и формирование рельефа.

Чукотское море получает тяжелые металлы с атмосферными выпадениями, с речным стоком и от местных источников. Вклад каждого из перечисленных источников неравноценен, основная масса ЗВ поступает в море с речным и материковым стоком. Важное значение имеют и естественные источники, и во многих случаях они оказываются главными поставщиками металлов в морскую природную среду. В естественном виде металлы встречаются в природе, присутствуя в горных породах, растениях и животных.

На поверхности дна в «глубокой» части Чукотского моря (глубины более 35 м) практически повсеместно господствуют осадки алевропелитовых размерностей. Исключение составляет поверхность дна в районе желоба Геральда, куда с расположенных восточнее островов Врангеля и Геральда идет современный интенсивный снос обломочного материала, образуя шлейф песчаных алевропелитов, перекрывающий большую часть желоба в самой глубокой его части (до 70–80 м). На «мелководье», (глубины менее 35 м) осадки представлены в основном песками, глинисто-алевритовыми песками, песчаными алевритами, иногда с повышенным содержанием гальки, щебня.

Предварительная оценка геоэкологической обстановки свидетельствует, что шельф Чукотского моря обладает высокой способностью к самоочищению. Загрязнители могут выноситься не только из областей активных волнений и разного рода течений, но и с припайными льдами, особенно в восточно-арктических морях

Вследствие проведенных работ были получены следующие результаты:

1. Уточнены и дополнены данные по различным типам донных осадков с составлением карты донных осадков Чукотского моря м-ба 1:1 000 000.
2. Получены новые данные по содержанию тяжелых металлов в верхнем (до 10 см) слое донных осадков (см. Таблицу №1).
3. Из количества и состава макробентоса (полихеты, офиуры, двусторчатые, кораллы, звезды и пр.) можно сделать предварительный вывод об относительно нормальной экологической обстановке на большей части дна Чукотского моря. Возможные антропогенные источники загрязнения, по видимому, не оказывают пока заметного влияния на данную экосистему. Однако ситуацию может усугубить и тот факт, что арктические системы очень чувствительны к воздействиям.

In order to explore geoecological conditions of Chuckchee Sea seabed authors of this article analyzed the subject publications and carried out thematic field operations in August – October of 2007. Preliminary estimation of the geoecological conditions demonstrates high ability of Chuckchee Sea shelf in natural cleansing. However, the situation can be rather abstruse.

Таблица №1. Содержание тяжёлых металлов в поверхностном слое донных осадков Чукотского моря

Содержания	г/т													%	
	Sr	Co	Ni	Cu	Zr	V	Ba	Cr	Cd	Pb	Zn	Ga	Ti	Mn	
Среднее арифметич.	177,5	8,9	33,4	39,8	103,2	97,7	559,2	77,9	1,3	14,0	67,8	8,2	0,3	0,03	
Миним.	≤100	5	18	27	47	27	280	32	0,27	7	≤50	≤5	0,14	≤0,01	
Максим.	300	35	58	67	170	150	1000	250	2,8	32	150	13	0,52	0,39	

И.М Киселева (Институт экологических проблем Севера УрО РАН,
г. Архангельск, e-mail: vkiselev@atnet.ru)

Природная радиоактивность в донных отложениях Белого моря

I.M. Kiseleva

(Institute of Ecological problems in the North the Russian Academy of Science,
Arkhangelsk)

Natural radio-activity in the White Sea ground adjournment

На поверхности Земли и в морской воде искусственная радиоактивность достигает природной активности, что в настоящее время существенно изменяет радиационный баланс в области среды обитания биосистемы.

Результаты исследований по распределению изотопов ^{40}K , ^{232}Th и ^{226}Ra в компонентах природной среды позволяют проследить механизм формирования естественной радиоактивности в донных осадках Белого моря. Содержание урана, тория и калия в горных породах является основным источником поступления радиоактивных изотопов ^{40}K , ^{232}Th и ^{226}Ra вместе с твердым и жидким стоком с континента. Область сноса радиоактивности в море относится к Балтийскому щиту [1], Мезенской синеклизе и Западно-Тиманскому краевому шву

Среди метаморфических пород повышенное содержание радиоактивных элементов наблюдаются в мигматитах и гранито-гнейсах амфиболитовой фации метаморфических пород [2] (табл. 1).

Таблица 1. Содержание U, Th и K в метаморфических породах

Геологические структуры	Породы	Плотность, кг/м ³	Содержание, %		
			U·10 ⁻⁴	Th·10 ⁻⁴	K
Гранулитовая фация					
ЛУГП ¹⁾ БПП ²⁾	плагиокла-звые мигматиты, чарнокиты	2670	100	2.3	1.7
Амфиболитовая фация					
Кольский кратон БПП Карельский кратон	амфиболиты	3000	1.0	4.0	0.8
	кварциты	2640	0.8	3.1	0.6
	сланцы	2700	2.6	10.0	3.1
	мигматиты, гран. гнейсы	2600	3.2	16.1	3.6

¹⁾Лапландско-Умбинский гранулитовый пояс, ²⁾Беломорский подвижный пояс

Из всего комплекса магматических образований выделяются агапитовые нефелиновые сиениты щелочной серии Карельско-Кольской щелочной провинции и кража Канин Камень (табл. 2).

Таблица 2. Содержание U, Th и K в магматических породах

Геологические структуры	Породы	Плотность, кг/м ³	Содержание, %		
			U·10 ⁻⁴	Th·10 ⁻⁴	K
Интрузивные породы - известково-щелочная серия					
Кольский кратон БПП	перидотиты пироксенит	3200	0,03	0,08	0,15
ПВП ³⁾ , БПП Тиманская гряда Кольский кратон	габбро диабазы и др.	2940	0,6	0,8	0,7
Кольский кратон	диориты, кв. диориты	2810	1,8	6,0	1,8
Кольский кратон БПП	гранодиорит	2690	2,1	8,3	2,3
Кольский кратон Кейвская структура БПП	плагиограниты граниты аляск.	2570	7,0	14,0	4,0
Северный Тиман	граниты биот.	2580	4,0	15,0	3,4
Интрузивные породы – щелочная серия					
Карельско-Кольская щелочная провинция Кряж Канин Камень	Нефелиновые и агпайтовые сиениты	2620	10,3	28,3	5,0
	Кимберлиты: неалмазонос.	3000	2,63	8,8	1,6
	алмазоносные	3000	3,2	16,3	2,0
Эффузивные породы – известково-щелочная серия					
ПВП, ЛУГП Карельский кратон Тиманская гряда	Базальты	2540	0,7	2,3	1,0
ПВП (южная периферия)	андезиты	24909	1,2	4,0	1,7
	дациты	2400	2,5	10,0	2,3
Карельский кратон	Риолиты	2350	4,7	19,0	3,7

³⁾Печенгско-Варзугский пояс

В Мезенской синеклизе осадочного чехла Русской платформы более высокий уровень содержания радиоактивных элементов согласно таблице 3 характерен для глин и глинистых сланцев.

Крупнозернистые осадки донных отложений Белого моря характеризуются низкими концентрациями ⁴⁰K, при этом в зависимости от их состава, активности ²³²Th, и ²²⁶Ra значительно изменяются, что соответствует распределению этих изотопов в прибрежных горных породах бассейнов рек Северной Двины, Онеги и Мезени. Мелкодисперсная фракция обладает повышенной активностью всех изотопов (табл. 4). Радиоактивность донных осадков сформировалась в результате различной степени переработки горных пород водосборного бассейна Белого моря.

Таблица 3. Радиогеологическая характеристика осадочного чехла Русской платформы

Породы	Распространенность, %	Плотность, кг/м ³	Содержание, %		
			U·10 ⁻⁴	Th·10 ⁻⁴	K
известняки	32,3	2600	2,1	2,2	0,5
песчаники	27,3	2550	2,6	6,0	2,8
глины, глинист. сланцы	33,5	2450	3,4	10,6	2,5
углеродистые сланцы	1,0	2450	100	11,0	2,5
среднее значение		2500	30	7,0	1,6

Таблица 4. Активность ²³²Th, ²²⁶Ra и ⁴⁰K в донных осадках Белого моря

Состав осадков	²³² Th Бк/кг	²²⁶ Ra Бк/кг	⁴⁰ K Бк/кг
галечно-гравийные	<8–15	<6–44	150–350
песок	<8–35	<6–40	150–400
пески алевролитовые	12–20	6–15	350–550
алевролиты	20–25	6–15	500–550
алевролитовый пелит,	25–70	10–20	550–1100

1. Шарков Е.В. Магматические комплексы арктической части Балтийского щита (Кольский полуостров) // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология: Сб. ст. СПб: ВНИИОкеанология, 2002. С. 267–279.

2. Смыслов А.А., Моисеенко У.И., Чадович Т.З. Тепловой режим и радиоактивность Земли. Л.: Недра, 1979. 345 с.

During last time the artificial radio-activity on the surface of Earth and in sea water reaches natural activity, that essentially changes radiating balance in the field of biosystem dwelling. The results of researches on distribution of isotopes ⁴⁰K, ²³²Th, ²²⁶Ra in the European North allow to follow the mechanism of natural radio-activity formation in the White Sea ground adjournment.

**А.В. Ключина¹, Е.И. Наседкин¹, Н.Н. Цихоцкая¹,
Е.В. Берестовая²**

(¹Институт геологических наук НАН Украины, Киев, ²Морской Гидрофизический Институт НАН Украины, Севастополь, e-mail: klushina@mail.ru)

Сезонные изменения минерального состава осадкообразующего вещества современных отложений Черного моря

**A.V. Kliushyna¹, E.I. Nasedkin¹, N.N. Tsyhotskaya¹,
E.V. Berestovaya²**

(¹Institute of geological sciences of the National academy of sciences of Ukraine, Kiev, ²Marine Hydrophysical Institute of the National academy of sciences of Ukraine, Sevastopol)

Seasonal changes of mineral composition of matter of formative sediment of modern deposits of the Black Sea

Многолетние геоэкологические и экогеохимические исследования морских акваторий показали, что накопление ряда загрязнителей зависит от минерального состава и генетической принадлежности осадков. Также для участков дна подверженных влиянию гидродинамических процессов, происходящих в акваториях, существенное значение имеет скорость осадконакопления. Учитывая это, выяснение особенностей вещественного состава донных осадков и определение перераспределения основных минеральных компонентов на стадиях вертикальной транспортировки и оседания взвеси, позволит прогнозировать степень накопления антропогенной составляющей и значительно дополнит существующие знания в этой области.

В основе исследований – комплексное макро- и микроскопическое изучение минерального состава взвешенного вещества, отобранного на станции геологического мониторинга (п.г.т. Кацевели, океанологическая платформа Экспериментального отделения Морского Гидрофизического Института НАН Украины) в течение календарного года (вторая половина 2005 – первая 2007 гг.). Отбор образцов морской взвеси осуществлялся вертикальными седиментационными ловушками, установленными на двух уровнях в толще воды – на отметке 16 м и непосредственно над дном (глубина в точке исследований составляет 26 м).

Результаты исследований показали, что в вещественно-генетическом составе отобранных проб превалирует терригенно-глинистая компонента (80–95%). В составе глинистого вещества преобладает каолинит, иногда с примесью смешанно-слоистых минералов. В августе-сентябре, при общем незначительном содержании пелитовой составляющей, повышается доля серицита.

Обломочный (псаммито-алевритовый) материал составляет от 1–2 до 20%. Преимущественно, он представлен угловатыми или слабо округленными зернами кварца и чешуйками мусковита, реже встречаются зерна полевых шпатов – альбита и ортоклаза. Зерна имеют призматическую и не-

правильную форму, их размеры редко достигают 0,15 мм. Зерна размером свыше 0,1 мм в разной степени окатаны, а 0,1 мм и меньше – преимущественно угловатые.

Состав акцессорных минералов разнообразен: доминируют циркон, сфен, гранат (альмандин), дистен, апатит, турмалин, коллофан, биотит. Гораздо реже встречаются ставролит, клиноцоизит, тремолит. Циркон представлен бесцветными кристаллами размером 0,02–0,08 мм. Количество сфена может достигать нескольких процентов (максимальное содержание наблюдалось в мае – до 5%). Коллофан содержится в пробах в виде аморфных, буровато-красных округлых агрегатов алевритовой, редко псаммитовой размерности (0,01–0,1 до 0,4 мм). Как правило, содержание минерала незначительно (единичные зерна), хотя в отдельные периоды может достигать 1–2%.

Содержание карбонатной компоненты, которая включает в себя органические остатки и дисперсные зерна кальцита, очень изменчиво – от 1–2% в зимние месяцы до 30–40% в летние. Органические остатки составляют до 40% и представлены створками моллюсков (до 1 см) и их остроугольными или слабо округленными обломками (до 2 мм). Общее содержание дисперсного кальцита (0,02 мм и менее) составляет первые проценты, в единичных случаях достигает 10%.

В ряде проб встречается органический детрит кремнистого состава – опаловые спикулы губок длиной до 0,15 мм и единичные панцири диатомовых водорослей.

Анализ полученных данных выявил несколько общих закономерностей распределения компонентов минерального состава донных отложений. Во-первых, в ежемесячном распределении основных составляющих осадка (пелитового и псаммито-алевритового материала), отбавившихся из седиментационных ловушек двух уровней, прослеживается общая тенденция сезонных изменений – для второй половины весны и летних месяцев графики содержания повторяют один другой. Это, вероятно, свидетельствует о том, что доминирующими на исследуемом участке являются вертикальные потоки вещества, а процессы, которые приводят к повторному переходу осадка во взвешенное состояние, существенного влияния на минеральный состав взвеси, что осела, не имеют. Во-вторых – происходит незначительное укрупнение гранулометрического состава вещества в ловушках нижнего уровня, главным образом за счет зерен кварца и обломков створок моллюсков.

Последнее указывает на вторичный перевод осадков во взвешенное состояние в периоды гидродинамической активности. Это же подтверждается и наибольшим несоответствием содержания компонентов, главным образом зерен кварца, в ловушках разных уровней именно в осенне-зимний период.

Незначительный период наблюдений за сезонными изменениями минерального состава осадков не позволяет делать окончательные обобщения и выводы. Однако, результаты даже ограниченного периода отбора проб указывают на высокую информативность минералогических исследований и

целесообразность их проведения при комплексном изучении состояния экосистем морей.

The results of researches of mineralogical peculiarity of seasonal distribution of suspended matter in water mass of the Black sea within the bounds the coast of the Crimea are present in the article.

А.П. Козлов

(Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, e-mail: alex@sgm.ru)

**Проблемы загрязнения рек и прибрежных акваторий
при разработке месторождений платины Ю. Коряки**

A.P. Kozlov

(Institute for problem of complex mineral resources development RAS, Moscow)

**Problems of river and littoral area pollution during
platinum deposits mining in S. Koryakia**

При разработке россыпных платинометаллических месторождений Сейнаво-Гальмознанского рудного узла, находящихся в Олюторском районе Южной Коряки важнейшим фактором воздействия на речные экосистемы и прибрежно-морские акватории является загрязнение рек твердыми мелкофракционными веществами, перемещаемыми в форме взвесей. Уровень их содержания в толще воды во взвешенном состоянии и осадения на дно (заиление русловых и донных отложений) определяют техногенные изменения сообществ водных организмов. Они происходят на фоне других экологически неблагоприятных процессов – активизации русловых деформаций в руслоотводах, техногенным изменением водоносности рек, изменением состава и количества растворенных веществ и попаданием в реки загрязняющих веществ (в том числе нефтепродуктов). Дополнительным фактором, повышающим экологические риски разработок, является их непосредственная близость к месту впадения р. Вывенка в залив Корфа Берингова моря (менее 70 км) и имеющему особый экологический статус морскому заповеднику на п-ове Говена.

Целью геоэкологического мониторинга была диагностика изменений среды обитания и сообществ водных организмов, контроль эффективности мероприятий по предупреждению и смягчению ущерба, оказываемого природе, и разработка рекомендаций по его устранению. Мониторинг проводился на всех водотоках, протекающих в районе разрабатываемых месторождений россыпной платины и в прибрежных участках акватории, непосредственно прилегающих к устью р. Вывенка. Была разработана подробная методика его проведения. Обоснована важность проведения комплексных гидрологических, гидробиологических и ихтиологических изысканий в рамках единого рыбохозяйственного мониторинга.

За период 2002–2006 гг. в связи с постоянным увеличением площади разработок и длины руслоотводов (в августе 2006 г. общая площадь нарушенных земель составила 2,94 км², общая длина руслоотводов в реках высшей и первой рыбохозяйственных категорий – 23600 км, суммарная протяженность руслоотводов – 31100 м) экологическая ситуация на реках района существенно ухудшилась по сравнению с первыми годами ведения разработки. Основные техногенные факторы воздействия состоят в загрязнении

рек сточными водами при их сливе из отстойников, русловой и склоновой эрозии, уменьшении водности рек вблизи горных выработок, в появлении временных водопадов, порогов и мелководий, препятствующих миграцию рыб вверх по течению. К этому добавляются несоблюдение некоторых проектных решений – отсрочка запроектированной рекультивации, несанкционированная езда автотехники по рекам.

Загрязнение рек и прибрежных акваторий твердыми веществами проявляется на двух уровнях: содержании взвешенных веществ в воде (мутность воды) и гранулометрическом составе русловых и донных отложений (заиление русловых отложений). Фоновая мутность водотоков района в межень при отсутствии осадков составляет 1 мг/л. В 2004 г. мутность воды в период отсутствия атмосферных осадков в р. Левтыриновьям ниже участка добычи составляла 3,3 мг/л, в 2005 и 2006 гг. – больше 10 мг/л, в р. Янытайлыгиньям – 15 и 30 мг/л, в р. Ветвей – 2,5 и 7-8 мг/л соответственно. При выпадении даже небольших осадков мутность увеличивается в 10–100 раз. В 2003 г. содержание фракций с диаметром менее 1 мм и 0,1 мм в русловых отложениях руслоотвода р. Левтыриновьям составляло соответственно 3,8% и 0% и в 2005 г. – 7,7% и 0,28%. В связи с попаданием большого количества фракций бассейнового происхождения меняется и крупность взвешенных частиц. Если для водотоков, протекающих вне зоны техногенного воздействия, средний диаметр взвеси составляет $> 0,04$ мм, то для загрязненных водотоков – $< 0,01$ мм. Это определяет преимущественный вынос частиц вниз по течению рек без аккумуляции.

На основе разработанного эмпирико-аналитического подхода проведена оценка выноса твердого материала с территорий разработок месторождений полезных ископаемых в речную систему. По состоянию на 2006 г. суммарный сток наносов с территории разработки в речную систему р. Вывенки и далее в воды залива Корфа составляет 18950 т/год. Это составляет 1/10 суммарного стока наносов р. Вывенки. При этом территория разработок составляет 0,03 % от площади всего бассейна. Основную роль в этом играет поверхностный смыв и сброс сточных вод без очистки в руч. Ольховый. При этом в период до 2006 г. в период разработки руч. Пенистый суммарный сток наносов с территории разработок достигал 24550 т/год (за счет попадания неочищенных сточных вод в руч. Пенистый объемом 5600 т/год). Если в естественных условиях сток наносов рек Сейнав-Гальмознанского рудного узла составлял 13% от суммарного стока р. Вывенки, то в настоящее время – 31 %. Доля стока техногенного происхождения в суммарном стоке этих рек составляет 45 %. Это свидетельствует о том, что техногенное воздействие распространилось на р. Вывенка и акватории залива, примыкающие к устью реки. Таким образом, все реки и ручьи, протекающие в районе Сейнав-Гальмознанского горного узла (в том числе р. Вывенка), испытывают постоянную дополнительную техногенную нагрузку, не учтенную в ОВОС проектов месторождений.

Последствия разработки россыпной платины в бассейне р. Вывенка проявились уже на биоценотическом уровне в виде падения численности популяций, а также в деградации физиологического состояния тихоокеанских лососей, происходящей в результате воздействия взвесей. Подобная динамика развития экосистемы наблюдается в настоящее время во всех водотоках, непосредственно связанных с районами разработок платины, при этом локальный нерест в нижнем течении р. Вывенка не играет важной роли в бассейновом масштабе. Ихтиокомплекс р. Ветвей и ее притоков до последнего времени подвергался антропогенной модернизации не так интенсивно, однако несомненно, что дальнейшая хозяйственная деятельность в бассейне этой реки приведет к тем же последствиям, что и на малых водотоках. Возможно лишь, что деградация экосистемы будет проходить здесь менее интенсивно вследствие больших размеров водотока.

Анализ факторов существующих нарушений среды обитания и сообществ водных организмов позволил разработать рекомендации по снижению техногенного воздействия, наносимого разработками россыпных месторождений экосистемам рек и прибрежных акваторий. Они сводятся к следующим основным положениям:

- сокращение сроков отработки месторождений, нарушенных площадей и своевременное проведение рекультивации;
- проведение противозерозионных мероприятий;
- совершенствование очистных систем (от наращивания дамб отстойников до применения коагулянтов).

New data on geoecological monitoring of rivers and littoral area are presented for placer platinum deposit's minings in the Seina – Gal'moenan ore district in South Koryakia. Additional technogenic load on river and littoral ecosystems was revealed and its summary effect was estimated. Recommendations on ecological risks reducing for studied area are elaborated.

О.Н. Колесник¹, А.Н. Колесник¹, К.И. Аксентов²

(¹Дальневосточный государственный технический университет, Владивосток, e-mail: aiaks1986; ²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, e-mail: aksentov@poi.dvo.ru)

**Геоэкологический мониторинг содержания ртути
в компонентах морских и прибрежных экосистем**

Южного Приморья (на примере о. Попова)

O.N. Kolesnik¹, A.N. Kolesnik¹, K.I. Aksentov²

(¹Far-Eastern State Technical University, Vladivostok; ²V.I. Il'ichev's Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok)

**Geoecological monitoring of mercury concentrations
in components of the South Primorye's marine and coastal
ecosystems (by the example of Popova Island)**

Формирование экологической обстановки происходит под влиянием сложного комплекса взаимодействующих природных и антропогенных процессов. Важно отметить, что определение природного фона в геоэкологических изысканиях является первоочередным направлением, так как только знание природного фона позволяет определить критерии, по которым можно отслеживать эффект антропогенного воздействия. Правильно оцененная точка отсчета природного фона позволяет установить степень антропогенного воздействия и, соответственно, рассчитать адекватность мер, необходимых для нейтрализации этих воздействий [3].

Ртутнометрический отряд отдела морской геологии и геофизики ТОИ ДВО РАН в течение 5 лет (2003–2007 гг.) выполняет работы по определению содержания ртути – металла I класса опасности – в абиотической составляющей (дно, водная толща, приземный и приповерхностный слой атмосферы и др.) экосистемы о. Попова (Японское море), а также по выявлению естественных и искусственных источников поступления ртути в окружающую среду по атмо-, гидро- и литогеохимическим ореолам рассеяния. Отбор проб осуществляется на базе морской экспериментальной станции, расположенной в прибрежной части б. Алексеева. Определение содержания ртути производится посредством аналитического ртутного комплекса, в состав которого входят собственно зеемановский атомно-абсорбционный спектрометр РА-915+ для определения концентрации ртути в атмосферном воздухе в режиме реального времени; приставка РП-91 – методом «холодного пара» в водных растворах; приставка РП-91С – методом пиролиза без предварительной минерализации в жидких и твердых пробах сложного состава [6].

Данные, полученные в ходе мониторинговых работ, позволяют заключить: Фоновые концентрации ртути в воздухе о. Попова составляют 2 нг/м³, что немного выше региональных фоновых значений [4]. Разница объясняется трансграничным переносом ее из районов интенсивной антропогенной

эмиссии [5], а также наличием в пределах полигона исследований достаточно развитой системы разломов и трещин – естественного источника поступления ртути в окружающую среду. На практике это находит подтверждение в приуроченности максимально высоких концентраций ртути в приземном слое воздуха (до 62 нг/м^3) к выходу горных пород с сульфидной минерализацией, обнажающихся в абразионном уступе на м. Низкий. По имеющимся данным [1], Алексеевская зона с рассеянной сульфидной минерализацией соотносится с системой разрывных нарушений северо-восточного простирания, которая прослеживается на расстоянии нескольких десятков километров, проходя через п-ов Муравьева-Амурского. Повышенные содержания ртути в воздухе также отмечены в районе свалки твердых бытовых отходов – другого источника поступления высокотоксичного металла в окружающую среду, но уже антропогенного происхождения – с устойчивой во времени тенденцией увеличения концентраций (8 нг/м^3 – 2004 г., 20 нг/м^3 – 2006 г.). В июле 2004 года превышение фоновых значений (до 6 нг/м^3) было отмечено и в п. Рыбозавод, выявление причин которого позволило обнаружить и принять комплекс оперативных мер по устранению последствий антропогенного заражения водопроводной воды солями ртути (до 9300 нг/л при ПДК для питьевой воды 500 нг/л). В 2006 году максимальное содержание ртути в колонках центрального водоснабжения составило уже 989 нг/л . Таким образом, хотя предпринятые действия способствовали значительному улучшению обстановки, концентрация все еще остается на уровне, способном отрицательно сказаться на здоровье человека.

Среднее содержание ртути в прибрежной морской воде о. Попова составляет $2\text{--}3 \text{ нг/л}$, наибольшие значения приурочены к Алексеевской разломной зоне ($7,7 \text{ нг/л}$ – м. Низкий; $4,5 \text{ нг/л}$ – б. Алексеева), в пределах которой происходит разгрузка в море пресных вод с характерными для них более высокими, по сравнению с морскими, содержаниями ртути. В данном случае целесообразны дальнейшие гидрохимические и ртутнометрические изыскания по выявлению характера особенностей процессов перемешивания и последующего распределения ртути в различных компонентах островной экосистемы.

Ртутнометрические исследования донных отложений и грунтов проведены в прибрежной зоне о. Попова, более детальные – в береговых обрывах б. Алексеева и в районе м. Низкий, где и отмечены самые высокие содержания – до 1800 нг/г при микрофоне 61 нг/г и до 4200 нг/г при микрофоне 750 нг/г , соответственно. Минимальные значения зафиксированы в б. Пограничная (11 нг/г), в южной части острова, наиболее удаленной от зоны разлома.

На фоне недостаточного количества данных о характере геохимических циклов ртути в море особенно интересна полученная в ходе работ информация о ее естественных источниках поступления в окружающую среду, так как выводы, сделанные на основе анализа и моделирования, помогут адекватно оценить степень антропогенного загрязнения компонентов морских и

прибрежных экосистем, что очень важно в условиях все более укрепляющейся роли тяжелых металлов в формировании неблагоприятной экологической обстановки в море.

1. *Гаврилов А.А., Лепешко В.В., Гвоздев В.И.* Полиметаллическое рудопроявление (зона Алексеевская) на острове Попова. Информационная записка. Владивосток: ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН, 2004.

2. *Лобковский Л.И., Левченко Д.Г., Леонов А.В., Амбросимов А.К.* Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. М.: Наука, 2005. 326 с.

3. *Пищальник В.М.* Опыт создания компьютеризированного атласа сахалинского шельфа. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. М.: ВНИРО, 1997. С. 67–78.

4. *Степанов И.И., Калягин А.Н.* Распределение концентраций ртути в атмосфере над акваторией западной части Тихого океана // Вестник ДВО РАН, 1997. №3. С. 49–56.

5. *Dastoor A.P., Larocque Y.* Global circulation of atmospheric mercury: modeling study // Atmospheric Environment, 38. 2004. P. 147–161.

6. *Sholupov S., Pogarev S., Ryzhov V., Mashyanov N., Stroganov A.* Zeeman atomic absorption spectrometer RA-915+ for direct determination of mercury in air and complex matrix samples // Fuel Processing Technology, 85. 2004. P. 473–485.

The paper reviews principal results of monitoring of mercury contents in different components of Popova Island's ecosystem, describes discovered during Hg-metrical investigations natural and anthropogenic sources of mercury and their role in the process of Hg-distribution in the air, water and bottom sediments.

С.В. Коробов

(Институт Экологических Проблем Севера УрО РАН, Архангельск,
e-mail: viperootxygen@yandex.ru)

**Оценка воздействия добычи нефти на криолитозону
в прибрежной зоне арктических морей**

S.V. Korobov

(Institute of Ecological Problems of the North, Russian Academy of Sciences,
Archangelsk)

**Ecological Assessment on Permafrost in Oil Production
at Coastal Strip of Arctic Seas**

В процессе бурения скважины и при добыче нефти на территориях распространения вечной мерзлоты необходимо учитывать тепловое взаимодействие между многолетнемерзлыми породами и буровым оборудованием. Вследствие непостоянства тепловых потоков и неоднородности строения пород происходит неравномерное растепление грунтов, что ведет к деформации фундаментов сооружений и свайных оснований. Возникающие при этом трещины в фундаментах и емкостях приводят к утечкам нефти и нефтепродуктов и загрязнению почв, грунтов и подземных вод с последующим их выносом в море. Поэтому уровень опасности аварий на сооружениях нефтедобывающего комплекса в криолитозоне значительно выше, чем в других регионах, и при их проектировании необходимо учитывать возможные негативные последствия для природной среды.

Классической задачей по расчету теплового потока, сопровождающегося изменением агрегатного состояния вещества, является задача плавления или затвердевания, которая впервые была сформулирована Стефаном в 1889 году [1]. Существует множество численных и аналитических методов решения задачи Стефана, таких как решение Неймана, прямой метод, метод энтальпии, метод сохранения баланса и многие другие. На наш взгляд, наиболее удобным является метод энтальпии, поскольку надо решать только одно уравнение теплопроводности для обеих фаз сразу, шаг по времени может оставаться постоянным, а число этих шагов не ограничено.

Для реализации численного решения задачи Стефана методом энтальпии мы воспользовались методом контрольных объемов [2]. Согласно этому методу, зона вокруг скважины, на которой исследуется растепление породы, разбивается на участки – контрольные объемы. Температура и все теплофизические характеристики вещества измеряются в серединах объемов и принимаются за характеристики всего объема. Поскольку мы решаем плоскорадиальную задачу растепления, симметричную относительно скважины, для компьютерной реализации алгоритма удобнее выбрать полярную систему координат (r, θ) . Сетка и контрольный объем в координатах (r, θ) изображены на рисунке 1. Источником тепла является скважина, по которой происходит откачка нефти.

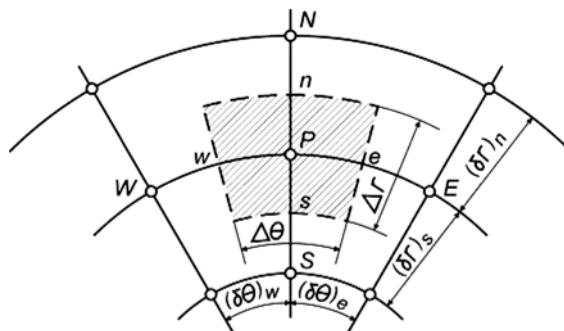


Рис. 1. Сетка и контрольный объем в полярных координатах

Для решения поставленной задачи применена неявная численная схема в сочетании с методом переменных направлений. Неявная схема удовлетворяет требованиям простоты и физически обоснованного поведения модели, что может не наблюдаться при использовании явной схемы.

Компьютерная реализация выбранного численного алгоритма произведена для двухполовиномерного случая. Суть данного подхода заключается в том, что строение осадочной толщи полагается слоистым и однородным в пределах каждого слоя. Полученная по результатам счета модели информация оформляется в графическом виде, что позволяет проследить за процессом изменения термического режима осадочных толщ вокруг ствола скважины на протяжении заданного промежутка времени.

Интенсивность растепления в определенной степени зависит от температуры атмосферного воздуха и верхнего слоя почв и грунтов. В настоящее время на территории России наблюдаются существенные изменения климатических условий, что в частности проявляется в значительном росте температуры холодных сезонов года, возрастании повторяемости засух, изменении условий ледовитости в бассейне Северного Ледовитого океана и в устьях северных рек. Предполагается, что в ближайшие 5–10 лет тенденции этих изменений сохранятся [3].

Проследим, как будет меняться температурное поле вокруг скважины, расположенной в криолитозоне, с учетом прогнозируемых климатических изменений. Подставим в нашу компьютерную модель данные наблюдений за температурой почвы на метеорологической станции г. Нарьян-Мара, сделаем поправку на наблюдаемый тренд в потеплении и посмотрим, как они повлияют на изменение температурного поля пород вокруг скважины за указанный промежуток времени.

Построенные по результатам счета по модели графики изменения температуры в ближайшие 10 лет на глубине 0,2 м под воздействием тепла, идущего от скважины, представлены на рисунке 2.

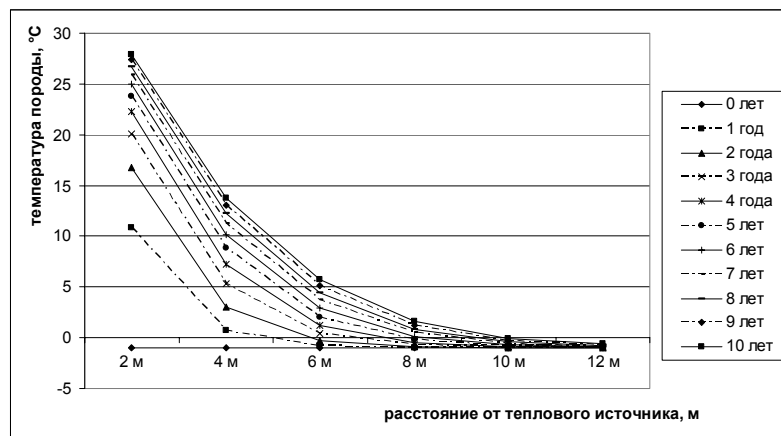


Рис. 2. Динамика распределения поля температур на ближайшие 10 лет на глубине 0,2 м.

По горизонтальной оси отложено расстояние от внешней стенки скважины, по вертикальной оси указана температура породы. Линии графика построены через временной интервал, равный одному году. Как видно из графика, в течение всего периода наблюдений происходит повышение температуры породы и увеличение радиуса зоны оттаивания.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при функционировании скважины в криолитозоне образуются условия, которые могут привести к созданию аварийных ситуаций на объектах нефтедобычи. При этом радиус растепления пород может достичь величины 8–10 метров. Эти обстоятельства необходимо учитывать при разработке и обустройстве нефтегазовых месторождений в прибрежных зонах с наличием многолетнемерзлых пород.

1. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М.: Наука, 1964. 488 с.
2. Patankar S.V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. // Series in Computer Methods and Thermal Sciences, 1980.
3. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. М.: Росгидромет, 2005. 28 с.

**В.А. Кравцов¹, Н.В. Чибисова², В.Я. Чугаевич²,
Н.Г. Кудрявцев¹**

(¹Атлантическое отделение Института океанологии РАН Калининград;

²Российский Государственный университет им. И. Канта, Калининград,
e-mail: ocean@albertina.ru)

**Гидрохимическая ситуация вдоль побережья Самбийского
полуострова (Балтийское море) летом-осенью 2006 г.**

**V.A. Kravtsov¹, N.V. Chibisova², V.Y. Tchugayevich²,
N.G. Kudriavtsev¹**

(¹P.P. Shirshov Institute of oceanology, Atlantic Branch. Kaliningrad;

²Immanuel Kant State University of Russia, Kaliningrad)

**Hydrochemical situation along Sambian peninsula shore
(Baltic Sea) in summer-autumn 2006**

В результате проведения экспедиционных работ в июле и сентябре 2006 г. в прибрежной зоне юго-восточной Балтики вблизи северо-западного побережья Самбийского полуострова (м. Таран) на 23 станциях, расположенных на двух профилях, протяженностью 10 миль каждый, были отобраны 23 пробы поверхностного слоя (0–1 м) морских вод. Необходимо отметить, что южный и северный профили летом и осенью не совпадали между собой. Профили начинались с 5 м глубины и шли перпендикулярно изобатам.

В отобранных пробах морской воды проанализированы следующие показатели: фильтрационная взвесь, частицы менее <0,45 мкм, концентрации форм фосфора (валовой, органический и минеральный); форм азота (нитриты, нитраты и органический фосфор) и общего кремния. Определение тяжёлых металлов выполнялось на рентгенофлуоресцентном спектрометре марки «Спектроскан МАКС-G» по методике, разработанной фирмой-изготовителем спектрометров «Спектрон». Методика анализа на сорбционных целлюлозных ДЭТАТА фильтрах позволяет определять Bi, Pb, Zn, Cu(II), Ni, Co, Fe(III), Mn(II), Cr(III), V в пробах питьевых, природных и сточных вод, диапазон определяемых концентраций (0,005–1,000 мг/л).

Концентрации всех исследованных параметров находились на обычных уровнях их концентраций, характерных для прибрежных вод Балтики. Летом, на 9 из изученных 10 станций они составляли величины от 1,70 до 5,85 мг/л. Максимальные концентрации взвеси обнаружены не на самых близких к берегу станциях, а на некотором удалении от берега, но на обоих профилях почти на одном и том же расстоянии от берега на границе изобат 40–50 м (5,2–5,8 мг/л). Распределение биогенных элементов и водной взвеси характеризовались значительной сезонной и пространственной изменчивостью. Заметного влияния антропогенного загрязнения данного района взвесью и биогенными элементами не выявлено. Более высокие концентрации как минерального, так и органического фосфора в поверхностных водах наоборот,

обнаружены в сентябре 2006 г. (минеральный – 5,61–17,45 мкг/л; органический – 5,35–25,53 мкг/л), по сравнению с июлем 2006 г. (минеральный – 4,36–10,28; органический – 3,97–12,82 мкг/л).

	Bi(II)	Cu(II)	Ni(II)	Fe(III)	Cr(III)
Last83	< НПКО*	12,3	2,4	104	0,4
Last82	9,4	9,6	< НПКО	123	1,3
last81	0,6	5,6	9,8	353	1,6
Last79	2,4	< НПКО	0,7	105	8,5
Last78	< НПКО	23,2	5,2	332	3,9
Last 71	2,8	13	< НПКО	268	2,2
Last 69	2,3	13,6	34,1	132	2,4
Last67	1,6	15,6	11,9	497	307
Last 66	3,6	8,1	< НПКО	356	208
< НПКО – меньше нижнего предела концентрации обнаружения (0,005 мг/л).					

За исключением кремния, концентрации остальных изученных элементов напрямую зависели от степени интенсивности фотосинтетических процессов и продуцирования органического вещества фитопланктоном в поверхностных водах. Это отражалось в максимальных концентрациях взвеси в этих водах в летний период, а всех остальных показателей - в осенний период.

Установлено, что по уровню содержания в исследуемых пробах морской воды ТМ располагаются в следующей последовательности: Fe > Ni > Cu > Zn > Bi > Cr > Pb. Концентрации ванадия, марганца, цинка и кобальта в исследуемых водах были ниже пределов обнаружения применяемого метода анализа. В целом, концентрации ТМ в поверхностном слое воды, не превышали установленных рыбохозяйственных ПДК (Перечень рыбохозяйственных нормативов, 1999).

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 06-05-64138 и 07-05-10047.

The nitrate and nitrite concentrations in July was more high on south section (0,56–2,14 mcg/l NO₂ and 3,00–12,50 mcg/l NO₃, Aquarius stations 60–65) than north (0,37–1,21 mcg/l NO₂ and 1,35–3,70 mcg/l NO₃; Aquarius stations 72–76). The space irregularity has taken place in nitrate and nitrite forms rather than its season variability between July and September 2006. The heavy metal concentration in surface water samples disposes in next sequence: Fe > Ni > Cu > Zn > Bi > Cr > Pb. The vanadium, manganese, zinc and cobalt concentrations were lower then method low limits. Some metal concentration values are given in tables above.

А.Н. Кузнецов, Ю.А. Федоров, Е.Н. Ленец

(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail fizgeo@rsu.ru)

**Распределение нефтяных компонентов в колонках
донных отложений Азовского моря**

A.N. Kouznetsov, Y.A. Fedorov, E.N. Lenets

(Southern Federal University, Rostov-on-Don)

**Distribution of Petroleum Components in the Sediment Cores
of the Sea of Azov**

В летне-осенний период 2006 г. на 25 станциях в российской части Азовского моря были проведены комплексные исследования, включавшие изучение сезонных особенностей распределения главных нефтяных компонентов (углеводородов, ПАУ, смол и асфальтенов) в водной толще и донных отложениях [1, 2]. Впервые для рассматриваемой акватории были отобраны и послойно опробованы колонки донных отложений (в общей сложности 23 колонки) мощностью до 1 м с параллельной датировкой проб по активности радиоизотопов ^{137}Cs и ^{210}Pb [3]. Определение в пробах содержания нефтяных компонентов осуществлялось с использованием комплекса оптических методов, радиологические обследования выполнялись методом гамма-спектрометрии.

Результаты проведенных исследований показали, что содержание нефтяных компонентов в водной толще в большинстве обследованных проб летних рейсов и во всех пробах, отобранных осенью, превышало величину ПДК, в среднем составляя 0,10 мг/л в июле и 0,37 мг/л в сентябре. В поверхностном слое донных отложений среднее содержание суммы нефтяных компонентов составило, соответственно, 0,16 и 0,22 мг/г сухого вещества. Повышенные значения (от 0,2 до 1 мг/г) были отмечены в глубоководной части Азовского моря и в центре Таганрогского залива.

Согласно результатам послойного анализа колонок донных отложений, основная масса нефтяных компонентов сосредоточена в их верхнем слое, мощность которого составляет 15–20 см. По данным радиологических исследований, он образовался в последние 40–50 лет, т.е. в период наиболее активного техногенного воздействия. Эти выводы хорошо согласуются с ранее полученными сведениями о распределении валовой ртути по разрезу донных отложений [4]. В нижележащих горизонтах содержание нефтяных компонентов быстро падает на фоне увеличения доли углеводородов современного биологического происхождения. На некоторых станциях в мелководном Таганрогском заливе обнаружено существенное увеличение концентрации углеводородов, в том числе ПАУ, в слое донных отложений на глубине 5–10 см (рис.). Этот слой залегает под Чернобыльским пиком активности ^{137}Cs , что позволяет датировать его образование 1970-ми – началом 1980-х гг., когда уровень нефтяного загрязнения Азовского моря был более

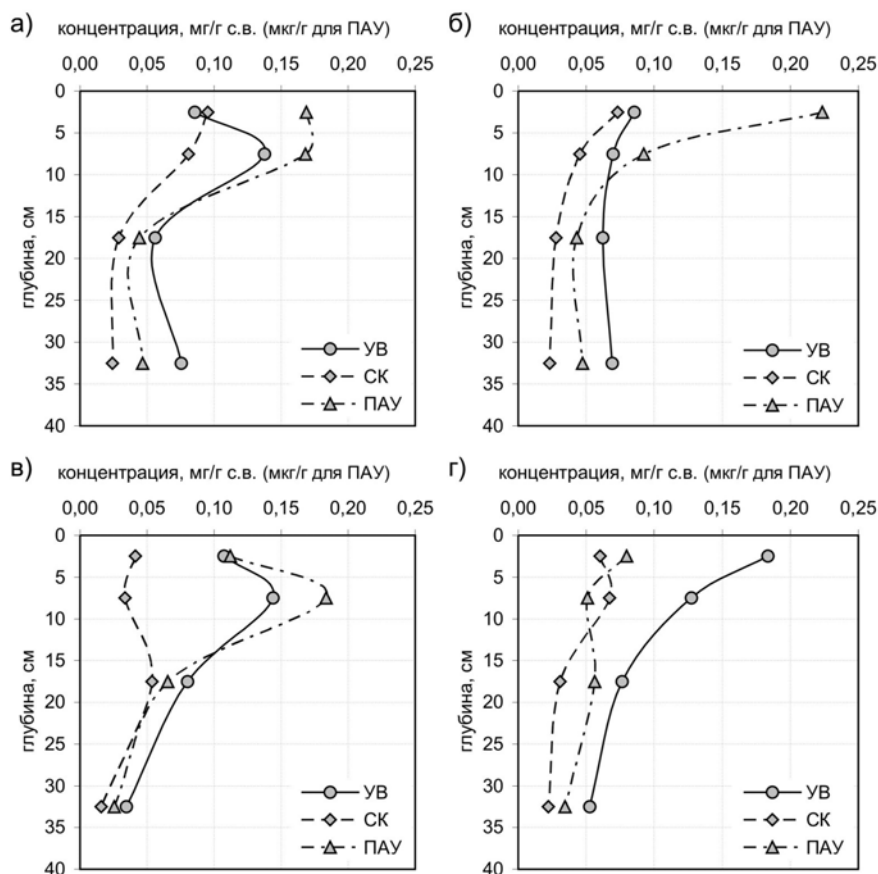


Рис. Вертикальное распределение содержания углеводородов (УВ), смолистых компонентов (СК) и ПАУ в толще донных отложений Таганрогского залива (а, в) и основной части Азовского моря (б, г) в июле (а, б) и сентябре (в, г) 2006 г.

высоким, чем в настоящее время. В последующем захоронение загрязненного слоя под переотложенной во время штормов толщей осадочного материала привело к замедлению биодеструкционных процессов и сохранению более чем двукратного превышения содержания достаточно лабильных углеводородов над устойчивыми к трансформации смолистыми соединениями.

Сравнительный анализ осредненных сезонных графиков вертикального распределения содержания нефтяных компонентов в толще донных отложений позволяет сделать вывод о произошедшем к осени накоплении углеводородов в верхнем слое донных отложений, которое сопровождалось

снижением концентраций смолистых соединений и ПАУ (рис.). Эти факты, а также данные о содержании органического углерода и вертикальных потоках взвешенного вещества, полученные с помощью седиментационных ловушек, свидетельствуют о том, что после июльских штормов в течение августа и сентября, когда господствовала спокойная погода, в результате осаждения тонкодисперсного материала и отмирания фитопланктона на дне рассматриваемой акватории образовался слой илистых отложений мощностью до 2 см, обогащенный органическим веществом современного биологического происхождения. Наиболее отчетливо эта закономерность проявилась в глубоководной части Азовского моря, где существуют наиболее благоприятные условия для осадконакопления.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы России» (проект НШ-4717.2006.5, Госконтракт № 02.515.11.50.49) и грантов РФФИ (проекты 06-05-22001, 06-05-64504).

1. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А., Лебединская И.А. Нефтяные компоненты в воде и донных отложениях Азовского моря // Сборник трудов 4-й научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». Ростов-н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2007. С. 191–196.

2. Федоров Ю.А., Сапожников В.В., Агатова А.И. и др. Комплексные экосистемные исследования в российской части Азовского моря (18–25 июля 2006 г.) // Океанология. 2007. Т. 47. № 2. С. 316–319.

3. Федоров Ю.А., Кузнецов А.Н., Трофимов М.Е., Ленец Е.Н. Оценка скорости осадконакопления в Азовском море по результатам изучения активности естественных и искусственных радионуклидов в донных отложениях // Сборник трудов 4-й научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». Ростов-н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2007. С. 354–359.

4. Федоров Ю.А., Хансигарова Н.М., Березан О.А. Об особенностях распределения и поведения ртути в донных отложениях нижнего течения р. Дон и Таганрогского залива // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2001. № 3. С. 76–81.

The seasonal regularities of vertical distribution of the main petroleum components (hydrocarbons, PAH, resins and asphaltenes) in the sediment cores of the Sea of Azov are studied. Special attention is given to the reconstruction of the oil pollution chronology using the information about the ^{137}Cs and ^{210}Pb activity in the core samples.

П.И. Курилов¹, В.Ф. Мельник²

(Государственный научный центр ФГУП «Южморгеология», Геленджик,
e-mail: ¹kurilov56@ymg.ru, ²yfmelnik@ymg.ru)

**Содержание тяжелых металлов в тканях глубоководной
фауны конкреций Тихого океана**

P.I. Kurilov, V.F. Melnik

(State Scientific Center “Yuzhmorgeologia”, Gelendzhik)

**Content of heavy metals in tissue of deep-sea Pacific nodule
fauna**

При проведении поисково-разведочных работ на железомарганцевые конкреции зоны разлома Кларион-Клиппертон Тихого океана в 2006 году исследовался химический состав конкреций.

На отдельных конкрециях были обнаружены организмы, относящиеся к своеобразной фауне конкреций, которые используют эту глубоководную руду как субстрат для прикрепления.

Для исследования содержания тяжелых металлов в организмах, растущих на конкрециях, были использованы три ксенофеофоры, веточка рогового коралла и стеклянная губка. Для сравнения тот же состав тяжелых металлов был исследован в мышечных тканях крупных нектонных организмов – корифены (*Coelocorypha hippurus*) и кальмара из рода *Enoploteuthis*, пойманных в поверхностных водах района работ.

Ксенофеофоры относятся к морским простейшим организмам. Эти гигантские одноклеточные широко распространены в глубоководных районах всех океанов. Они могут обитать как на поверхности мягких осадков, так и прикрепляться к твердым поверхностям железомарганцевых конкреций.

Внешний скелет ксенофеофор состоит из мельчайших, переплетающихся между собой трубочек. Внутренность заполнена вязкой цитоплазмой, содержащей большое количество ядер. После нескольких лет роста животное отмирает, цитоплазма быстро разлагается, но скелет остается плотно прикрепленным к твердому субстрату. Со временем такое биогенное образование становится более твердым, пропитывается окислами марганца и по цвету не отличается от самой конкреции (рис. 1).

Данные содержания тяжелых металлов представлены в таблице 1.

Содержание тяжелых металлов в тканях трех ксенофеофор сильно отличаются друг от друга. Останки умершей ксенофеофоры имели наибольшее количество тяжелых металлов. Содержание в нем марганца было сопоставимо с содержанием этого элемента в самих конкрециях, а концентрации других элементов почти на порядок превышали эти значения в живых экземплярах ксенофеофор.



Рис. 1. Отмершая ксенофеора на конкреции.

Содержание некоторых тяжелых металлов в тканях бентосных и планктонных организмов.

№ п\п	Проба	Содержание элементов в мг/кг в пересчете на сухое вещество							
		Fe	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
1	Ст. 159K11-а коралл	2629	428	27	59	319	77	50	1,8
2	Ст. 133 губка	3071	279	22	78	267	75	54	1,9
3	Ст. 91 ксенофеора	6721	96	8	35	192	46	22	1,0
4	Ст. 59 ксенофеора (остов)	1,804%	29,6%	784	5410	5260	943	262	5,1
5	Ст. 55 ксенофеора	6585	329	28	270	571	346	18	1,4
6	корифена, мышечная ткань	43	6	1,3	4	8	36	9	0,3
7	Кальмар, мышечная ткань	42	17	0,8	5	30	94	9	2,6

Содержание тяжелых металлов в тканях более организованных многоклеточных животных – коралловом полипе и стеклянной губке *Cladoriza* было сопоставимо с живыми ксенофорами.

Исключение составляло лишь железо. Концентрация этого элемента в тканях гигантских многоклеточных была более чем в 2 раза выше, чем у коралла и губки.

Заметно, что после отмирания этого простейшего его скелет становится зоной накопления тяжелых металлов. Причем скорости накопления гораздо большие, чем рост собственно марганцевой конкреции. Тот же процесс можно наблюдать с трубками полихет на поверхности конкреций, оставленных животными.

Содержание тяжелых металлов в тканях более организованных многоклеточных животных – коралловом полипе и стеклянной губке *Cladoriza* было сопоставимо с живыми ксенофорами. Исключение составляло лишь железо. Концентрация этого элемента в тканях гигантских многоклеточных была более чем в 2 раза выше, чем у коралла и губки.

Ткани нектонных организмов содержали минимальные концентрации тяжелых металлов, хотя количество кадмия было сопоставимо с содержаниями этого элемента у бентосных животных.

Animals, habiting a manganese nodule surface in Pacific abyssal zone, were investigated on heavy metal contents. The highest metal concentrations were found in dead xenopheophora carcass. It was shown that empty *Xenopheophora* carcasses on nodule surface become metal accumulation center.

А.А. Лебедев, А.В. Лещёв, Н.В. Неверова

(Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск, andleb@atnet.ru)

Сезонная изменчивость общего содержания нефтяных углеводородов в дельте реки Северная Двина по результатам работ 2006–2007 годов

A.A. Lebedev, A.V. Leshchev, N.V. Neverova

(Institute of Ecological Problems in the North, RAS, Ural Branch, Arkhangelsk)

Seasonal changes of the oil hydrocarbons in the Northern Dvina' deltas (investigations of 2006–2007)

Объектом исследований в 2006–2007 годах была устьевая область реки Северная Двина, где в различные сезоны года и фазы приливо-отливного цикла отбирались пробы воды для определения массовых концентраций нефтяных углеводородов (НУВ). Устьевая область р. Северной Двины представляет собой многорукавную дельту, подверженную влиянию неправильных полусуточных приливов. Дельта реки имеет три основных рукава – Никольский, Мурманский и Корабельный, а также две многоводных протоки Маймакса и Кузнечиха. Из них на всем протяжении судоходной является только протока Маймакса, рукав Никольский и протока Кузнечиха частично судоходны. В устьевой области реки Северная Двина основными источниками поступления нефтепродуктов в водную среду являются предприятия морского и речного флота, промышленные предприятия целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности, топливно-энергетического комплекса, жилищно-коммунального хозяйства городов Архангельск и Новодвинск. Также в среднем течении протоки Кузнечиха находится Архангельский нефтяной терминал.

Для оценки сезонной изменчивости общего содержания НУВ в воде были проведены измерения в различные периоды: август 2006 г. (летняя межень), ноябрь–декабрь 2006 г. (осенний ледостав), февраль 2007 г. (зимняя межень) и май 2007 г. (весенний паводок). В общей сложности за год было отобрано 82 пробы воды в различные фазы приливо-отливного цикла для определения общей концентрации НУВ. Схема отбора проб приведена на рисунке 1.

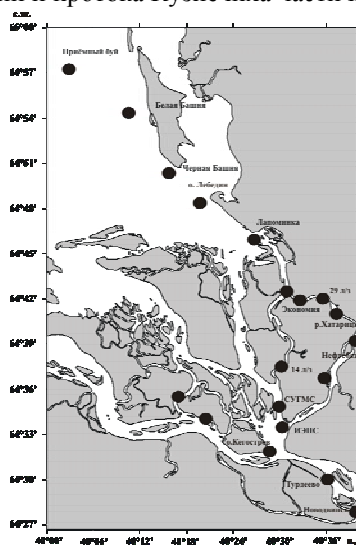


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб воды для определения содержания НУВ в устьевой области реки Северной Двины в 2006–2007 гг.

Пробы воды отбирались 5-литровым пластиковым батометром фирмы “Hydro-Bios”. Измерение содержания НУВ в пробах воды производилось в лаборатории на концентратометре нефтепродуктов ИКН-025 в соответствии с методикой выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и сточных водах методом инфракрасной спектроскопии (ПНД Ф 14.1:2.5-95).

В большинстве проб полученных в период летней межени в августе 2006 года наблюдались концентрации НУВ в воде выше ПДК. Максимальная изменчивость концентрации НУВ в воде в зависимости от приливо-отливного цикла наблюдались в Никольском рукаве около д. Вознесенье. В малую воду содержание НУВ составило в среднем 0,25 мг/л, в полную воду 0,35 мг/л. В протоке Кузнечиха изменения были менее выражены и составляли от 0,09 мг/л в малую воду до 0,20 мг/л в полную воду.

В результате работ выполненных в устьевой зоне р. Северная Двина в ноябре – декабре 2006 года получены данные о загрязнении вод нефтепродуктами в период ледостава. В первой половине ноября 2006 года в районе исследований наблюдалась холодная погода, в результате которой установился сплошной ледовый покров. Однако из-за установившейся теплой погоды начавшейся с последней декады ноября и продолжавшейся до конца декабря отмечалось такое редкое явление как осенний ледоход. Устойчивый ледовый покров установился только в конце декабря. В таких условиях исследования проводились в течение ноября – декабря 2006 года вплоть до окончательного ледостава. В указанный период повсеместно наблюдалось значительное превышение ПДК НУВ в воде. Интервал превышения допустимых концентраций составил от 5 до 14 ПДК. Максимальные концентрации в поверхностном слое воды наблюдались в фазу малой воды в среднем течении протоки Маймакса (14 л/з) и в районе п. Экономия (протока Кузнечиха) в полную воду. Наименьшее загрязнение отмечено на поверхности в малую воду на морской границе устьевой области (п. Лапоминка). У дна минимальные концентрации отмечались в фазу полной воды на станции Черная Башня у южной оконечности острова Мудьюг.

В целом в зимний период наблюдается незначительное содержание нефтяных углеводородов в воде. Это связано с ограниченным судоходством, уменьшением речного стока, отсутствия осадков смывающих нефтепродукты с берегов. В феврале 2007 года в период зимней межени максимальные концентрации НУВ наблюдались в полную воду на станции Экономия и в малую воду на станции Черная башня (о. Мудьюг). Такие изменения хорошо согласуются с перемещением соленостного фронта, обусловленного приливо-отливными движениями воды. На станции 14 л/з в малую воду ПДК были превышены на поверхности в 1,5 раза, у дна почти в 2 раза. Среднее содержание нефтяных углеводородов в воде составило в поверхностном слое 0,05 мг/л, в придонном горизонте 0,06 мг/л. Зависимость концентраций НУВ от фазы приливо-отливного цикла прослеживалась на всех станциях.

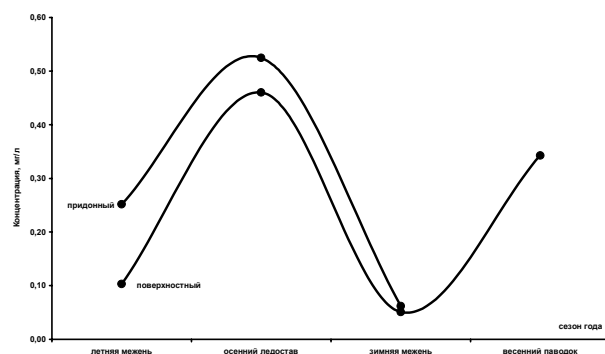


Рис. 2. Среднее содержание в воде НУВ по результатам работ в устьевой области р. Северная Двина в 2006–2007 годах

Весенний паводок характеризуется увеличением стока вследствие интенсивного таяния снежного и ледового покрова, сильными течениями, ледовой экзарацией берегов, вследствие чего поступление в воду загрязняющих веществ увеличивается. В мае 2007 года отбор проб воды был произведен только с поверхностного горизонта. Среднее содержание нефтяных углеводородов превышало ПДК нефтепродуктов в воде в 7 раз и составляло в среднем около 0,35 мг/л.

Сезонные колебания содержания нефтяных углеводородов в воде устьевой области р. Северная Двина формируются под влиянием антропогенного фактора, метеорологических условий, сезонной изменчивости материкового и речного стока, гидрологических и биологических процессов.

Для устьевой области Северной Двины характерно два максимума и два минимума сезонного хода среднемесячных концентраций НУВ в воде. В летний сезон отмечается снижение среднего содержания НУВ в водной среде связанное, по-видимому, не только со снижением расходов воды, но и с активными биологическими процессами самоочищения исследуемой акватории. Минимум концентраций приходится на период зимней межени, когда наблюдается наименьший речной сток и поступление ЗВ связанное с материковым стоком минимально. Так же свое влияние оказывает ограниченное судоходство в этот период года. Максимумы сезонных концентраций НУВ в воде устьевой области реки Северной Двины отмечаются в период весеннего половодья и в период осеннего ледостава. Весенний максимум обусловлен резким увеличением материкового стока приносящего в речные воды НУВ накопившиеся за зимний период. Осеннее повышение концентраций НУВ во многом является результатом антропогенного фактора. В этот период происходит постановка речных и морских судов на зимний отстой и сбросом ими под лед льяльных вод содержащих нефтепродукты. Снижение среднемесячного содержания НУВ следующее за осенним максимумом отмечается с установлением на реке устойчивого ледового покрова.

Л.Н. Лучшева¹, А.И. Обжиров², Ю.И. Коновалов²

(¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: lluch@mail.ru;

²Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, Владивосток)

Проблемы геоэкологии ртути и метана в морских районах, расположенных над угольными месторождениями

L.N. Luchsheva¹, A.I. Obzhirov², Yu.I. Konovalov²

(¹Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow; ²Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok)

The problems of the geoecology of the mercury and the methane in the sea areas located above coal deposits

Ртуть, как известно, занимает ведущее место среди токсикантов, наиболее негативно воздействующих на морские экосистемы и человека. По данным ЮНЕП (2004 г.) сжигание каменного угля является основным источником эмиссии ртути в атмосферу. В настоящее время угольные месторождения с высоким содержанием ртути, превышающим кларк на 1–2 порядка, находятся в Германии, США, Китае, России, Украине и других странах. Бурые угли из месторождений Южного Приморья также отличаются высоким содержанием ртути. В углях Шкотовского месторождения содержание ртути достигает 6–8 г/т, а Ханкайского – до 10–15 г/т. Мезозойско-кайнозойские буроугольные комплексы Приморья связаны с палеогеновыми и миоценовыми осадочными толщами и локализованы, главным образом, в палеовпадинах, примыкающих к палеовулканическим поясам (Крапивенцева и др., 1999).

В Южном Приморье угольные пласты нередко обнажаются в прибрежных районах моря, что создает опасность интенсивного метилирования ртути и попадания ее повышенного количества в морские трофические цепи. Изучение ртути и метана проводилось нами в районах буроугольных месторождений, расположенных в пределах зал. Петра Великого: в б. Новгородской, зал. Угловом и в районе п-ва Речного.

В кутовой части б. Новгородской над Краскинским буроугольным месторождением обнаружена зона интенсивной дегазации метана. По распределению его концентраций выделены две субпараллельные зоны шириной 700–800 м с аномально высоким содержанием метана в воде и повышенным содержанием ртути в донных осадках (рис. 1). Содержание метана достигало 3000 нл/л, что в 30 раз превышало региональный фон, содержание ртути (0,06 мкг/г) превышало местный фон в 2 раза. Методом главных компонент установлено, что по содержанию ртути и УВ газов аномальные зоны и фоновые участки дна бухты значительно различаются.

В зонах интенсивной дегазации метана обнаружены полосы совершенно голого безжизненного грунта шириной около 10 м. Однако вблизи этих

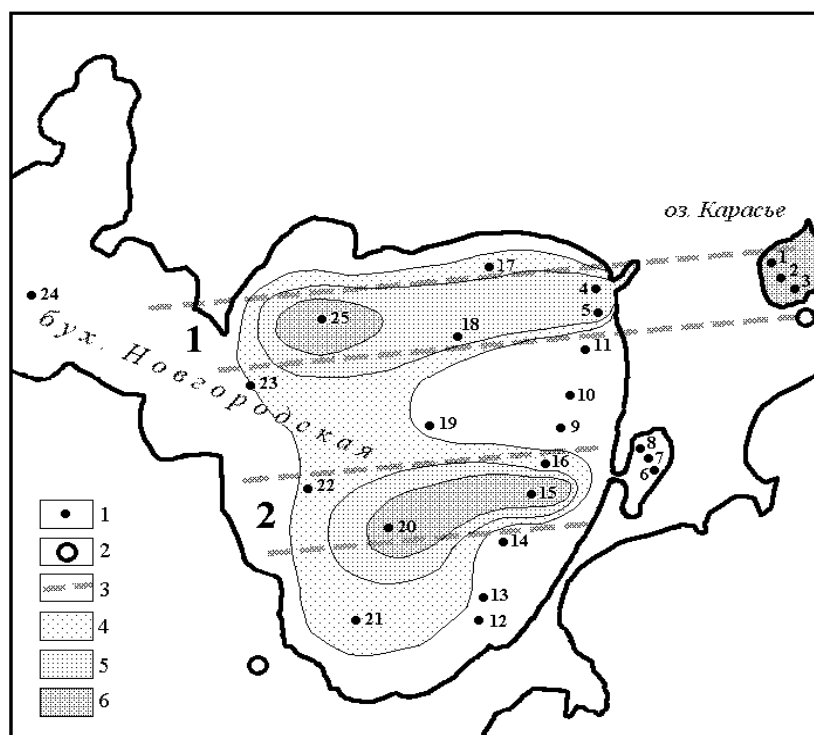


Рис. 1. Распределение метана в воде б. Новгородской зал. Посыета
(1 – номер станции, 3 – границы УВ зон; концентрации метана, нл/л:
4 – 500–1000, 5 – 1000–2000, 6 – 2000–3000)

полос биомасса бентоса была достаточно высокой (до 5 кг/м^2) и почти в 2 раза превышала таковую в фоновых районах.

Подобная зона УВ дегазации была обнаружена нами также в зал. Угловом над Подгородинским угольным месторождением. В этом районе концентрации метана в воде были очень высокими (до 3000 нл/л), а содержание ртути в донных осадках (среднее $0,36 \text{ мкг/г}$) в 10 раз превышает региональный фон. Зона дегазации представляет собой ровное голое поле площадью около 12000 м^2 , усеянное многочисленными следами биотурбации. Поверхность этого поля покрыта плотным слоем альгобактериальных матов, покрывающим сильно восстановленные осадки.

Распределение ртути в осадках аномальной зоны также характеризовалось четко выраженной зональностью. Участки с высоким содержанием ртути разделены полосой шириной 50–70 м с пониженными ее концентрациями. Содержание ртути в осадках приближалось к критическому допустимому для бентоса уровню ($\text{КДУ}=0,7 \text{ мкг/г}$).

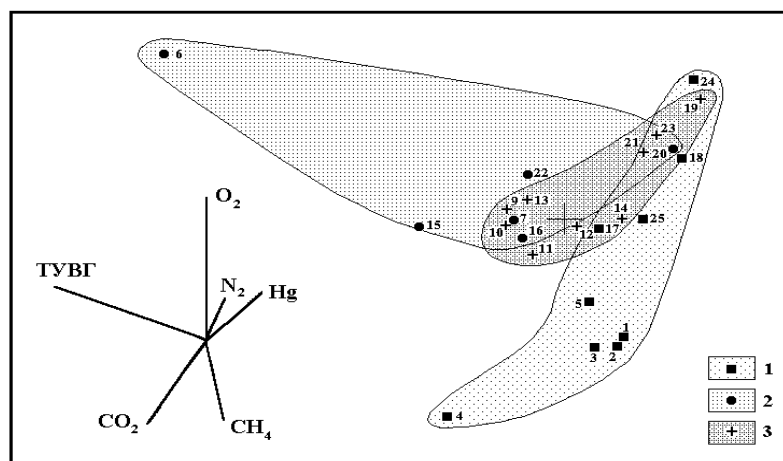


Рис. 2. Диаграмма главных компонент для содержания газов в воде и ртути в донных осадках б. Новгородской
(1 – станции 1-й УВ зоны, 2 – станции 2-й УВ зоны, 3 – фоновые станции)

Основное накопление ртути происходит в верхнем 10-см слое отложений, где она фиксируется в виде киновари. Характерно, что вблизи зон, обогащенных ртутью, отмечено множество следов биотурбации.

Аномально высокое содержание ртути обнаружено нами также в прибрежных осадках п-ва Речного, расположенного над Тавричанским бурогольным месторождением. В угольной крошке из прибрежного обнажения было обнаружено аномально высокое содержание ртути (5 мкг/г), что в 50 раз превышает кларк ртути в углях и в 7 раз – КДУ.

Проблемы геоэкологии в морских водоемах с природными аномалиями ртути обычно обостряются в результате нерационального природопользования. Напротив, в антропогенно ненарушенных морских биогеоценозах относительно невысокое содержание ртути в донных осадках и умеренно высокие концентрации метана в воде (до 1000 нл/л) могут оказывать положительное влияние на бентос.

The coal deposits are a significant source of the mercury in the coastal sea reservoirs. In these areas as a result of the irrational wildlife management the aggravation of the environmental problems connected to the mercury is possible.

П.В. Люшвин

(Компания «ЛИКО1», Москва, lushvin@mail.ru)

**Лимитирование воспроизводства рыбных популяций
сейсмической активностью в местах разгрузки
углеводородных флюидов**

P.V. Lushvin

(Company «LICO1», Moscow)

**Limitation of reproduction of fish populations by seismic
activity in places of relief of hydrocarbon fluids**

В текущее десятилетие повторяемость землетрясений на Земле на порядок выше, чем десять и тридцать лет назад (рис. 1). Из анализа летописных землетрясений, начиная с 436 г. до н.э., землетрясений в Скандинавии, Сицилии, Турции, электронных мировых каталогов, оказалось, что это связано с вековой (80–90 летней) цикличностью с максимумом в текущее десятилетие. Вековые максимумы землетрясений наблюдаются в годы вблизи минимумов сглаженных чисел Вольфа, аналогично совпадению максимумов 11-летнего хода землетрясений и минимумов чисел Вольфа. Активизация сейсмической активности также обусловлена приближением максимума 400 летней цикличности объемной концентрации метана (основного литосферного газа) в атмосфере [1, 2].

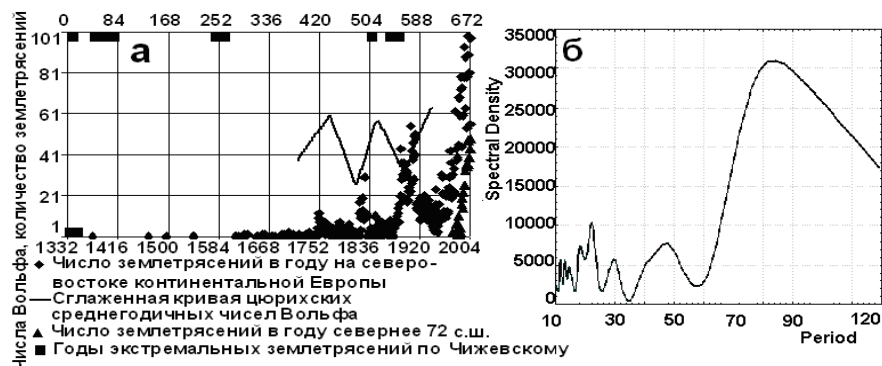


Рис. 1. Летописные землетрясения по А. Чижевскому (верхняя шкала лет, вертикальная разметка дана через 84 года), число землетрясений севернее Скандинавии и в континентальной Северной Европе; сглаженные числа Вольфа. Спектр периодичности землетрясений (б).

В судовых журналах 17–19 веков [1] были следующие записи: «Шоу... в 1724 г. ... на алжирском 50-пушечном корабле почувствовал три сильных толчка, ... как будто каждый раз сбрасывали на балласт с большой высоты тяжесть в 20–30 т. Происходило это в одном из пунктов Средиземного моря,

где глубина достигала 400 метров... в это же время многие испытали еще более значительные землетрясения в различных местах,...одно из них имело место в 40 лье от Лиссабона»; «корабли стоявшие на якоре, испытывали настолько сильные сотрясения, что казалось, будто все части их начинают отходить друг от друга; пушки подсакивали на лафетах, а на мачтах в это время рвались ванты... поверхность моря была совершенно гладкой, и волны были невысокие; все сотрясения носили как бы внутренний характер»; «корабль испытывает толчок, раздается сильный скрип его частей, что сейчас же наводит экипаж на мысль о подводном рифе или мели. Все бросаются на палубу, начинают измерять глубину... даже раньше получения отрицательных результатов промера, появляется мысль о подводном землетрясении, так как после испытанного толчка корабль продолжает путь, не изменяя скорости, и на поверхности моря не видно пены, как это бывает на рифах»; «Наблюдалось изменение окраски воды. Это явление объясняется извержениями лавы. ...В большом числе случаев измерения обнаруживали повышение температуры воды. Это служит доказательством близости действующего вулкана. ...Иногда отмечалось вскипание поверхности моря и реже водяные фонтаны, как бы вызванные взрывом. Здесь, по-видимому, замешаны газы, освободившиеся при извержении»; «Здесь не следует смешивать сейсмсы с толчками совсем иного происхождения. ...Мы услышали глухой шум, напоминающий шум землетрясения; корабль задрожал, и караул выскочил на палубу. В течение 2–3 минут было отмечено 12 толчков. Через 20 минут, к нашему удивлению, из-под корабля выплыли два огромных кита, проплыли вокруг него, сделали несколько выдыхов, затем подплыли под корабль, ударив его еще несколько раз... явление очень напоминало своим шумом и характером землетрясение». Моряки отмечали о действии сейсм на рыб «рыбы стараются укрыться и многие из них выбрасываются из воды. ...Рыбы, по-видимому, выбрасываются сами. Иногда рыбы получают ранения; пузырь у них лопаются вследствие быстрых изменений давления». Большинство «встрясок» наблюдалось на глубокой воде над зонами разломов земной коры и вулканами (рис. 2). В преддверии Газлийского, Паракарского и Параванского землетрясений промысловики в окрестных озерах наблюдали выбросы мелкой рыбы на берег, остальная рыба в крайне возбужденном состоянии жалась к противоположным от эпицентра берегам.

Словно «забыв» об отсутствии течи в деревянных судах и течи от землетрясений, когда настало время железных клепаных корпусов судов, в 50-е годы XX века проводили эксперименты по воздействию подводных взрывов на новые клепаные корабли. Швы расходились, корабли тонули строим. После этого швы корпусов судов стали делать сварными [1].

В настоящее время активно изучаются сейсмогенные облака, трассирующие активизированные разломы земной коры, вдоль которых и отмечаются заморы рыб. Из нашего анализа по данным AVHRR/NOAA спектров, визуальнo дешифрируемых сейсмогенных облаков, следует, что спектр уxo-

дящей от них радиации характерен для мелкодисперсного сухого аэрозоля – локальный минимум разности радиационных температур на длинах волн 11 и 12 мкм, оптическая толщина верхней полупрозрачной толщи облаков и атмосферы убывает обратно пропорционально $0,5 \div 1,5$ степени длины волны. Альbedo и отраженная от них радиация в целом ниже, чем у крупнодисперсных метеорологических облаков того же яруса.



Рис. 2. Схема геодинамических поясов и участков разгрузки углеводородов с местами «встрясок» судов в XVII–XIX веках (указаны звездочками).

В подверженных сейсмовлиянию и массовой разгрузке литосферных флюидов морских и пресноводных акваториях гибнет молодь рыб (кильки, хамсы, мойвы, сайки, щуки, сига, омуля, трески). У выжившей рыбы нарушаются репродуктивные функции – молодь не жизнестойка; на недели исчезают промысловые скопления рыб, растёт добыча ракообразных. Из этого следует, что не следует выходить в «сейсмозараженные» акватории на промысел рыбы, так как уловы будут существенно ниже прогнозируемых и экономически невыгодны. Сейсмострессовые воздействия на рыбу возникают в местах массовой разгрузки литосферных флюидов, на известняковых, или сланцевых породах, при сжатиях или разогреве которых образуются литосферные флюиды. В базальтовых породах землетрясения не оказывают значимых воздействий на рыбные популяции, так как там не происходит массовой «выжимки» флюидов. Через 5–10 лет на западе Евразийской платформы сейсмогенные условия воспроизводства рыб постепенно вернутся к сейсмоспокойным условиям 50–90 годам XX века [1].

1. *Люшин П.В.* Лимитирование воспроизводства рыбных популяций сейсмической активностью в местах разгрузки углеводородных флюидов. «Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем». Ростов-на-Дону, 2007. С. 199–201.

2. *Тимофеев Ю.М., Васильев А.В.* Теоретические основы атмосферной оптики. СПб: Наука, 2003. 475 с.

Seismogenic factors are shown to prevail in fish population development in places of relief of hydrocarbon fluids. Fish be lost reproduction able, young fishes dying. Currents years observation maximum seismostress factors for fishes.

**И.М. Маковецкая¹, В.В. Никулин¹, Е.М.Маковецкая¹,
С.Е.Дятлов²**

(¹Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Одесса, Украина,
e-mail: mirinam@ukr.net, vlmik@ukr.net; +38(097)7345785; +38(0482)633317;

²Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, Одесса)

**Мониторинговые эколого-геологические исследования
содержания тяжелых металлов в воде и донных осадках
Кикийской дельты и взморья р. Дунай**

**I.M. Makovetskaya¹, V.V. Nikulin¹, E.M. Makovetskaya¹,
S.Ye. Dyatlov²**

(¹I.I. Mechnikov National University; ²Odessa Branch Institute of Biology
of Southern Seas NAS Ukraine)

**Monitoring the heavy metal content in water and bottom
sediments of Kilijskaya delta and the sea part of Danube**

Для оценки уровня концентрации в воде и донных осадках дельты и взморья реки Дунай тяжелых металлов (*Cu, Zn, Ni, Cd*) были проведены сезонные мониторинговые исследования. Прослежена многолетняя динамика изменения содержания металлов-токсикантов в различных средах данного района.

Кикийский рукав, украинская часть дельты и район приустьевого взморья реки Дунай активно изучаются Одесским филиалом Института биологии южных морей НАН Украины начиная с начала 90-х годов прошлого столетия и по настоящее время [1, 4]. Особую актуальность этим исследованиям придает интенсивное строительство судоходного канала «Дунай – Черное море» через гирло Новостамбульское (Быстрое). С 27 апреля 2007 г., официально возобновлено движение судов по этому глубоководному судовому ходу (ГСХ). Комиссия Министерства транспорта и связи Украины, подписала рабочий акт, засвидетельствовавший готовность первой очереди национального канала к эксплуатации. Объявленная осадка судов по минимальным глубинам составляет 5 метров, а проходная – 4,5 метра, причем она будет постоянно расти, пока – предположительно к середине июля – не достигнет 5,85 метра [3]. Данный факт безусловно увеличит техногенную нагрузку на район дельты и взморья реки Дунай.

Программа комплексных исследований в низовьях реки Дунай включала определение в воде и донных осадках концентрации тяжелых металлов – *Cu, Zn, Ni, Cd*.

Металлы-токсиканты (*Cu, Zn, Ni, Cd*) определялись в воде в двух миграционных формах – растворенной и взвешенной. Для их разделения использовался метод ультрафильтрации на ядерных фильтрах с диаметром пор 0,45 мкм. Определение содержания растворенной формы тяжелых металлов в фильтрате производилось с помощью экстракции четыреххлористым уг-

леродом. Для определения содержания металлов фильтры с взвешенным веществом подвергали мокрому озолению азотной кислотой. Для выделения металлов-токсикантов из донных осадков использовалась сильная азотная кислота в смеси с окислителем – перекисью водорода. Определение всех форм металлов проводилось методом атомной абсорбции в пламени на спектрофотометре ААС-3. В качестве горючего газа использовался ацетилен, а газа-носителя – воздух [2]. Для оценки уровня концентрации металлов-токсикантов в различных средах использовались самые жесткие, рыбохозяйственные ПДК (предельно допустимые концентрации)

Содержание растворимых и взвешенных форм металлов в воде, а также уровень их накопления в донных отложениях района исследований изменялись в широких пределах.

В поверхностном горизонте вод наибольший рост среднего содержания металлов в период 2000–2004 гг. наблюдался для растворенной формы цинка, при понижении содержания меди и повышении содержания никеля. Средние значения содержания тяжелых металлов не превышали ПДК. На взвеси в поверхностном водном горизонте за тот же период наблюдалась четкая тенденция к снижению содержания средних значений всех тяжелых металлов.

В придонном горизонте средние значения содержания растворенной формы тяжелых металлов были выше, чем в поверхностном. Наблюдалось некоторое снижение среднего содержания меди и цинка за период 2000–2005 гг. Среднее содержание тяжелых металлов в поверхностном горизонте не превышало ПДК.

Многолетняя динамика содержания металлов в осадках не имеет выраженных тенденций. Пространственное распределение и временная изменчивость изучаемых характеристик зависят от комплекса природных и антропогенных факторов, среди них основной – влияние стока реки Дунай. В годовом ходе уровня воды в устьевой области р. Дунай выделяются весеннее половодье, осенний и зимний паводки, низкая летне-осенняя и зимняя межень. С этим природным явлением увязываются внутригодовые изменения мутности, которые связаны с количеством взвешенного вещества в воде. Воды р. Дунай характеризуются высоким уровнем и незначительной изменчивостью мутности и состава взвеси по рукавам. Повышенное содержание взвешенного вещества, как отмечается в весенне-летний период, внутри которого выделяются два пика: первый – в апреле (обусловленный весенним половодьем) и второй – в июне–июле (ниже первого). На фоне относительно низкого содержания взвеси в осенне-зимний период отмечается некоторое повышение мутности в октябре. Вероятно, с этим природным явлением связан характер сезонного накопления элементов на взвеси.

Одной из особенностей изучаемого района является перераспределение миграционных форм металлов на границе река–море. В дельте наблюдается безусловное доминирование взвешенной формы металлов над растворен-

ной, связанное с избыточным содержанием взвешенных веществ минеральной и органической природы. При выносе речных вод в Жебриянскую бухту и взморье за счет интенсивной седиментации во фронтальных зонах, вклад взвешенных форм снижается в два и более раз и становится соизмеримым с количеством растворенных, а иногда меньше.

Поведение металлов-токсикантов в донных отложениях дельты и взморья р. Дунай носит синхронный характер с концентрацией взвешенной формы металлов в придонном водном горизонте. Однако они сдвинуты пространственно – станции с максимальным содержанием металлов на взвеси располагаются выше по течению таковых в донных отложениях. Максимальное содержание тяжелых металлов в донных отложениях приурочены к местам разгрузки речных вод в море – Очаковское гирло (ст. 6) и Восточное (ст. 2). Таким образом, можно констатировать, что дельта р. Дунай выполняет аккумулятивную функцию по отношению к русловой части реки, способствуя накоплению тяжелых металлов в различных природных средах – речной воде, коллоидальной и простой взвеси, донных отложениях. Наиболее интенсивно эта функция проявляется в барьерной зоне река-море.

1. Килийская часть дельты Дуная весной 2000 года: состояние экосистем и последствия техногенных катастроф в бассейне. Одесса, 2001. 128 с.

2. Методические рекомендации по определению токсических загрязняющих веществ морских донных отложений. М.: Гидрометеиздат, 1979. № 4. С. 25–28.

3. <http://www.ukrindustrial.com/news/index.php?newsid=134713>

4. Экосистема взморья украинской дельты Дуная. Одесса: Астропринт, 1988. 332 с.

To assess the level of heavy metal (Cu, Zn, Ni, Cd) concentration in the water and bottom sediments in delta of the Danube River and its seaside, the seasonal monitoring surveys have been held. The long-termed dynamics of changes in toxic metal content in various environments in the region has been traced.

И.М. Маковецкая¹, В.В. Никулин¹, С.Е. Дятлов²

(¹Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Одесса, Украина,
e-mail: mirinam@ukr.net, vlNIK@ukr.net; +38(097)7345785; +38(0482)633317;

²Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, Одесса)

**Тенденция накопления нефтеуглеводородов в отложениях
прибрежной зоны г. Одессы**

I.M. Makovetskaya, V.V. Nikulin, S.Ye. Dyatlov

(¹I.I. Mechnikov National University;

²Odessa Branch Institute of Biology of Southern Seas NAS Ukraine)

**Tendationy of accumulation hydrocarbon in deposits
in near coastal part of Odessa**

Район исследований охватывает прибрежную акваторию Черного моря от с. Санжейка до Малого Аджалыкского (Григорьевского) лимана и известен как полигон «Одесский регион СЗЧМ» ОФ ИнБЮМ, на котором регулярно с 1988 года проводятся гидролого-гидрохимические исследования и мониторинг антропогенного загрязнения морских систем (Дятлов и др., 1994; Рясинцева и др., 2000; Дятлов, 2001; Дятлов, Никулин, 2003) [2, 3, 4].

Площадь этой акватории ≈ 550 км². Максимальная глубина 28 м. Изобата 10 м пролегает в среднем на расстоянии 1 км от береговой черты между м. Северный и Малым Аджалыкским лиманом. Изобата 20 м располагается на расстоянии 3 км от береговой черты. Самая мелководная зона акватории – Одесский залив, средняя глубина его около 8 м (Практическая экология..., 1990).

Характер распределения нефтеуглеводородов в донных осадках прибрежной зоны г. Одессы изучался многими исследователями на протяжении прошлого столетия.

Было замечено повышение содержания НУ в осадках в связи с началом эксплуатации судов с дизельными двигателями и танкерными перевозками. Льяльные воды с судов сливались непосредственно в прибрежной зоне и в районе рейдовой стоянки. В середине прошлого века часто отмечались нефтяные пятна в пляжевой зоне, которые образовывались за счет мытья судовых емкостей. Донные осадки являются консервативной системой, поэтому особый интерес представляют изменение содержания НУ за последние 17 лет, полученные ОФ ИнБЮМ в процессе мониторинговых исследований.

В прибрежной зоне моря концентрации нефтепродуктов, как правило, значительно выше, чем в мористой части акватории, что обусловлено влиянием коммунально-бытовых, ливневых, дренажных и промышленных стоков городов-портов Одесса, Южный, Ильичевск, а также особенностями гидрологического режима региона. К последним относятся поступление вдоль северного берега в весенний период больших количеств аллохтонной органики и биогенных веществ вместе с языком распресненных вод из Днепровско-Бугского лимана, а также вынос биогенных веществ из придон-

ного слоя в фотический в результате прибрежного ветрового апвеллинга в поздневесенний – летний периоды года.

Формирование загрязнения акватории региона происходит под влиянием, с одной стороны, основного вдольберегового потока, который содержит загрязняющие вещества, приносимые стоком Южного Буга и Днестра, с другой – местных источников – промышленных и коммунальных стоков городов Одессы и Ильичевска, а также Одесского, Южного и Илличевского портов.

Результаты обработки материалов, полученных в морских экспедициях за 12 лет, позволили описать основные тенденции загрязнения полигона нефтепродуктами.

Исследование донных осадков в районе полигона «Большая Одесса» проводилось Одесским филиалом Института биологии южных морей, начиная с 1988 по 2005 год, с периодичностью 1–3 года. Пробы донных отложений отбирались на 38 станциях дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м². Анализ концентраций элементов-токсикантов проводился в лаборатории ОФ ИнБЮМа.

Содержания нефтепродуктов в донных отложениях на протяжении 18 лет наблюдений варьировало в широких пределах.

Прибрежный район, бесспорно, испытывает наибольшую техногенную нагрузку. Однако, с учетом геоморфологических особенностей береговой линии и возможным характером поступления (либо разноса) исследуемых элементов и соединений, этот район был разделен на ряд подрайонов. К подрайону мыс Северный Одесский – порт Южный были отнесены станции 6, 2, 1, 30; к подрайону Одесский залив – ст. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13; а к подрайону мыс Ланжерон – мыс Большой Фонтан – ст. 14, 17, 18, 21, 22.

Содержание нефтеуглеводородов в донных осадках исследуемого полигона «Большая Одесса», а именно в районе Одесского залива на протяжении с 1988 по 1999 гг. во все сезоны варьировало в пределах от 0,1 до 4,5 мкг/г.

Но минимальные значения наблюдаются в весенний период и составляют не более 1 мкг/г, максимальные же значения приурочены к летнему периоду и достигают максимума в данном районе исследуемой акватории полигона и составляют 4,5 мкг/г. В осенний период значения концентрации НУ не превышают даже 1,6 мкг/г. Следует отметить, что максимальные концентрации содержания нефтяных углеводородов во все сезоны в Одесском заливе приурочены к району порта.

В период 1977–1992 гг. наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня нефтяного загрязнения в донных осадках Одесского региона на протяжении периода выполнения мониторинговых исследований.

По данным наблюдений за период с 1988 г. по 1999 г., содержание нефтепродуктов в донных отложениях колебалось от 0,01 до 19,39 г·кг⁻¹ сухого грунта при среднем содержании – 1,59 г·кг⁻¹ сухого грунта. Наиболее интенсивно загрязнены нефтепродуктами акватории портов.

Повышенные концентрации нефтепродуктов могут быть обусловлены не только непосредственной близостью источников загрязнения, но и особенностями переноса водных масс и собственно загрязняющих веществ. Локальные зоны повышенного их содержания (например, междуречье Дуная и Днестра) формируются в результате конвергенции потоков, транспортирующих нефтепродукты (Савин и др., 2000). За этот период отмечается уменьшение амплитуды изменения содержания нефтеуглеводородов, что, по нашему мнению, свидетельствует о стабилизации количественного поступления НУ с регионального водосбора, т.е. улучшение общей экологической обстановки в прилегающем регионе.

1. Дятлов С.Є. Еколого-токсикологічна оцінка морських донних відкладів // Вісн. Одеськ. Нац. Унів. 2001. №6, вип. 1. С. 88–95.

2. Рясинцева Н.И., Саркисова С.А., Скрипник И.А. и др. Комплексный экологический мониторинг – как основа регламентации антропогенных нагрузок (на примере прибрежной зоны моря в районе г. Одесса) / Глобальная система наблюдений Черного моря: фундаментальные и прикладные аспекты. Севастополь, 2000. С. 70–75.

3. Фесюнов О.Е. Донные ландшафты северо-западного шельфа Черного моря // Природа. 1996. № 2. С. 71–76.

4. Фесюнов О.Е. Геоэкология северо-западного шельфа Черного моря. Одесса: АстроПринт, 2000. 100 с.

Monitoring investigation of distribution and concentration of toxic elements near seaside show that the near concentration have trend to lower.

И.М. Маковецкая¹, С.Д. Какаранза²

(¹Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, г. Одесса,
e-mail: mirinam@ukr.net; ²ГРГП «Причерноморгеология», г. Одесса)

**Седиментационные обстановки северной части
северо-западного шельфа Черного моря**

I.M. Makovetskaya¹, S.D. Kakaranza²

(¹I.I. Mechnikov National University; ²“Prichernomorgeology”, Odessa)

**Sedimentation regime in north part of the north-west shelf
of Black Sea**

По результатам морских полевых исследований ГРГП «Причерноморгеология» в 1999–2006 гг. была составлена карта донных осадков северной части северо-западного шельфа Черного моря. Используя карту донных осадков как основу (с учетом гидродинамического разнота и механической дифференциации седиментационного материала, разграничения динамических систем и направленности унаследованных неотектонических движений) была составлена схема седиментационно-фациальных обстановок данного района. На основании сопоставления и анализа результатов картировочных работ и сведений из литературных источников на схеме были выделены районы со следующими седиментационными обстановками:

1. Прибрежного подводного склона;
2. Подводных возвышенностей;
3. Палеодолин;
4. Приустьевых взморий.

Современные условия генерации окружающей среды отражаются в формировании так называемого «наилка» – вполне состоявшейся коллоидной системы покрывающей отложения практически повсеместно [Зайцев и др., 1992]. В результате проведения тралового промысла и выполнения дноуглубительных работ (процессов дампинга) происходит вторичное заиление т.е. проявляется реседиментация. На огромной площади в Тендровско-Каркинитском районе, а также в центральной части шельфа нарушается типичный разрез донных осадков: в пределах полей развития песчано-детритовых отложений и илистых ракушников, служащих субстратом для развития донных биоценозов, новочерноморские отложения перекрываются полужидкими глинистыми илами мощностью от нескольких миллиметров до 5–6 см.

Поступление терригенного вещества в восточную часть изучаемого района (до 32° в.д.) обусловлено, главным образом, поставками золотым путем, а также за счет абразии берегов. В западную часть поступают огромные массы веществ за счет речного стока таких рек как Днестр, Буг и Днепр. Эти факторы, как и активные гидродинамические процессы формируют сложную седиментационную ситуацию в характере распределения загрязняющих веществ по площади. В весенне-летний период, с весенним паводком в

район поступает максимальное количество веществ с речным стоком. Сезонность накопления приводит к перераспределению уже осажженного вещества терригенного генезиса.

The investigation of sedimentation regime in north part of north-west shelf of Black Sea showed that the all of this may be allocated with same accumulation conditors:

1. coasting slope;
2. underwater hill;
3. paleo walleye;
4. near coastal.

**Т.С. Мауричева¹, Г.П. Киселев¹, В.П. Шевченко²,
В.В. Гордеев²**

(¹Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск,
e-mail: maurich@atnet.ru; ²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва)

**Загрязнение Двинского залива Белого моря при работе
угольной ТЭЦ**

**T.S. Mauricheva¹, G.P. Kiselev¹, V.P. Shevchenko²,
V.V. Gordeev²**

(¹Institute of Environmental Problems of the North, Archangelsk;

²Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

**Contamination of Dvina Bay (White Sea) by working
coal power plant**

Каменный уголь является одним из важнейших минеральных видов топлива. Самым крупным потребителем угля является теплоэнергетика. Каменный уголь содержит смесь рассеянных радиоактивных изотопов урана, тория и калия. В процессе сжигания угля происходит обогащение радионуклидами и многими микроэлементами золы и шлака. За счет дымовых выбросов и выноса вещества с золоотвалов радионуклиды поступают в окружающую среду и создают дополнительную радиационную нагрузку, токсичные микроэлементы могут загрязнять окружающую среду. В настоящее время не существует единой методики количественной оценки поступления радионуклидов в окружающую среду при сжигании угля, что затрудняет проведение радиоэкологических исследований вблизи угольных теплоэлектростанций (ТЭЦ).

Для интенсивного промышленного развития районов севера Европейской части России потребуются новые энергетические источники, которые могут быть как угольными, что может быть обеспечено за счет больших запасов Печорского угольного бассейна, расположенного сравнительно недалеко, так и атомными. С целью принятия оптимального решения по выбору типа нового энергетического источника необходимо сделать оценку радиационной нагрузки на окружающую среду уже существующих энергетических объектов данных территорий, которые в основном являются угольными теплоэлектростанциями [1, 2].

Объектом нашего исследования являлась угольная ТЭЦ, располагающаяся на побережье Двинского залива Белого моря в г. Северодвинске. На станции используется система гидрозолоудаления, когда смесь продуктов сжигания угля с морской водой поступает на располагающийся рядом золоотвал. Район расположения изучаемой ТЭЦ характеризуется сезонной сменой ветров преобладающих направлений. Летом преобладают северные и северо-западные ветры. Зимой преобладают ветры южных направлений, которые переносят загрязняющие вещества дымов станции (аэрозолей) в рай-

он Белого моря. Высота дымовой трубы ТЭЦ составляет 200 м, что обеспечивает возможность рассеивания загрязняющих веществ на большие расстояния. Именно в зимний период станция работает с максимальной нагрузкой и, следовательно, с большим объемом дымов. Однако в этот период поверхность Белого моря покрыта льдом, на котором и должно происходить накопление загрязнений, а весной их активное поступление в морские воды.

С учетом конкретных условий района расположения изучаемой станции, ее технических характеристик и анализа используемых на ней углей, были сделаны прогнозные оценки поступления в окружающую среду, в том числе и на поверхность Белого моря, загрязняющих веществ за счет дымовых выбросов данной ТЭЦ.

На исследуемой ТЭЦ уже более 60 лет используют угли Интинского месторождения Печорского угольного бассейна. За изучаемый период (7 месяцев), по мере поступления топлива на станцию было отобрано 82 пробы угля этого месторождения. Все пробы были исследованы на определение гамма-излучающих радионуклидов: ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , а также альфа-спектрометрическим методом с радиохимическим выделением в нескольких репрезентативно выбранных пробах были выполнены определения объемной и удельной активности изотопов урана 234 и 238, исследования проводились в лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера УрО РАН [1, 2]. Элементный состав был изучен методами нейтронно-активационного анализа в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и атомно-абсорбционного анализа в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Результаты исследований показали, что активность радионуклидов в исследуемых углях Интинского месторождения значительно ниже среднемировых значений и составляет, Бк/кг: для ^{40}K – $151,73 \pm 33,9$; для ^{226}Ra – $14,93 \pm 3,18$; для ^{232}Th – $17,53 \pm 3,60$. Данные угли не относятся к группе ураноносных, т.к. концентрация в них урана составила 0,5–0,7 г/т, что не превышает его кларкового значения (1,9 г/т) для каменных углей. Для продуктов сжигания Интинских углей были определены коэффициенты обогащения, которые составили для золы: ^{40}K – 2,8; ^{226}Ra – 2,6; ^{232}Th – 2,1; для шлака соответственно: 2,6; 2,9; 2,6.

Результаты элементного анализа показали, что содержание большинства химических элементов в изученных пробах углей находится на кларковом уровне. Большинство из этих веществ при сжигании угля переходят в газовую фазу и конденсируются на частицах золы. А так как их концентрации незначительны и эффективность золоулавливающего оборудования изучаемой ТЭЦ составляет 94–96%, то поступление их в окружающую среду с дымовыми газами очень низкое.

Согласно ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» было определено, что:

– при неблагоприятных метеорологических условиях и среднегодовой скорости ветра, максимальные концентрации загрязняющих веществ могут быть обнаружены на расстоянии 4–5 км от исследуемой ТЭЦ, в том числе и в прибрежном районе Белого моря.

– за счет уноса золы ветром в приземном слое воздуха максимальные концентрации радионуклидов составят (мг/м³): $^{40}\text{K} - 6,45 \times 10^{-10}$; $^{226}\text{Ra} - 0,05 \times 10^{-16}$; $^{232}\text{Th} - 55,32 \times 10^{-10}$, и это значительно ниже допустимых значений, согласно НРБ-99.

Расчеты с использованием ДВ-98 (Руководство по установлению допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферу. Минатом России – М., 1999) показали, что от данной угольной ТЭЦ годовые выпадения радионуклидов на поверхность земли и моря при юго-западном ветре составят, Бк/м² год: $^{40}\text{K} - 0,41 \times 10^{-5}$; $^{226}\text{Ra} - 0,04 \times 10^{-5}$; $^{232}\text{Th} - 0,06 \times 10^{-5}$.

Таким образом, можно сделать вывод, что загрязнение прибрежных вод Белого моря естественными радионуклидами и химическими веществами за счет дымовых газов угольной ТЭЦ, располагающейся на берегу Двинского залива является мало значительным.

Авторы признательны чл.-корр. РАН Ф.Н. Юдахину за поддержку и Д.Ю. Сапожникову за выполнение нейтронно-активационного анализа.

1. *Мауричева Т.С., Киселев Г.П.* Основные положения количественной оценки радиоактивного воздействия угольных ТЭЦ на окружающую среду // Вестник Поморского университета. 2006. № 1 (9). С. 110–114.

2. *Мауричева Т.С.* Количественная оценка поступления радионуклидов в окружающую среду при работе угольных ТЭЦ (на примере ТЭЦ-1 г. Северодвинска). Автореф. канд. геолого-минералог. наук. М., 2007. 22 с.

The composition of coal and ashes at power plant, which is situated onshore White Sea, was studied. The results show that contents of radionuclides and trace elements are low, lower than their content in coal from other regions and this power plant is not a strong source of environmental pollution.

В.Ф. Мишуков

(Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, e-mail: vmishukov@poi.dvo.ru)

Фотохимическое окисление нефтяного загрязнения**V.F. Mishukov**

(V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok)

Photochemical oxidation of oil pollution

Проведенный нами анализ скоростей окисления нефти, определенных в различных работах, показал, что скорости бактериального и фотохимического окисления близки по величине и много больше скоростей термического окисления, особенно при пониженных температурах воды. Кроме этого, наши лабораторные эксперименты с пленками различных углеводородов показали, что в ходе фотохимического и бактериального окисления наблюдается изменение физико-химических свойств пленок, причем фотоокисление наблюдается с первых минут облучения и значительно быстрее изменяет свойства пленок.

Целью настоящей работы являлось изучение закономерностей фотохимического окисления нефтяных пленок и эмульсий в зависимости от интенсивности солнечного света, толщины пленки, температуры и основного солевого состава морской воды.

Для изучения фотохимического окисления были разработаны две установки, причем за счет светофильтров свет ксеноновых ламп (наиболее соответствующих излучению Солнца) обрезался как в ультрафиолетовой ($\lambda < 290$ нм), так и в инфракрасной областях ($\lambda > 2$ мкм). Реакторы термостатировались при соответствующей температуре с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Интенсивность света можно было изменять в пределах $(0,02-1,00)$ кал/см² *мин, которая характерна для северных районов.

Скорость фотоокисления нефти контролировали в первом случае по изменению концентрации органических и неорганических пероксидов (ROOH) йодометрическим методом, а во втором случае – по скорости абсорбции кислорода. Учитывая спектральное распределение солнечного света на уровне моря, можно углеводороды, входящие в состав нефти, разбить на три группы:

- а) углеводороды, не поглощающие свет (предельные, нафтеновые);
- б) углеводороды, поглощающие солнечный свет (ароматические углеводороды с различным содержанием ароматических колец, смолы, асфальтены, гетеросоединения), причем энергии квантов солнечного света в ближней ультрафиолетовой и синей областях достаточно для протекания различных фотохимических реакций, в том числе и для образования радикалов, которые вызывают фотоокисление не абсорбирующих свет соединений;
- в) кроме этого, возможно протекание фотохимических реакций за счет возбужденного синглетного кислорода, который взаимодействует с рядом полиароматических и диеновых соединений.

Объектом исследования была нефть морского месторождения Одопту (о.Сахалин), которая относится к классу легких, малосмолистых, малосернистых и малопарафинистых нефтей. Окисление проводили на дистиллированной воде, на искусственной морской воде, на чистой естественной морской воде северо-восточного шельфа о. Сахалин, на воде, отобранной в Амурском заливе Японского моря, который загрязнен стоками г. Владивостока.

Результаты работы

а). Изучение механизма инициирования фотохимических реакций в нефти.

Для изучения механизмов инициирования фотоокисления нефти на начальной стадии окисления в пленку нефти или эмульсию "вода в нефти" добавляли либо α -токоферол ацетат, либо адамантилиденадамантан ($Ad=Ad$). Известно, что $Ad=Ad$ активно реагирует с синглетным кислородом с константой скорости $4,6 \cdot 10^5$ л/моль*сек, а его добавление в нефть при концентрации $1,27 \cdot 10^{-5}$ моль/л вызывало резкое увеличение скорости окисления по абсорбции кислорода. Добавление α -токоферола в другом случае полностью подавляло фотоокисление нефти, как по абсорбции кислорода, так и по выходу пероксидов. Известно, что α -токоферол является тушителем возбужденных состояний молекул и активным акцептором свободных радикалов.

Таким образом, было установлено образование синглетного кислорода и его участие в фотоокислении нефти на поверхности морской воды.

б) Влияние температуры на фотоокисление нефти.

Изучение фотохимии нефти проводили на поверхности искусственной морской воды при толщине пленки 0,29 мм при интенсивности света 65 мкал/см² *мин. Кривые накопления пероксидов имеют S-образный вид. По тангенсу угла наклона к начальным участкам кинетических кривых вычислены значения начальных скоростей фотоокисления (W_{in}). Расчет в координатах $\ln W_{in} - f(1/T)$ дал значение энергии активации (E_a) при фотоокислении равное 46,6 кДж/моль.

в) Влияние толщины пленки на фотоокисление нефти.

Изучение фотоокисления проводили на поверхности искусственной морской воды при интенсивности света 65 мкал/см² *мин и температуре воды 278°K и толщинах нефтяной пленки – 0,19, 0,29, 0,59, 0,79 мм. Кривые накопления пероксидов, по которым рассчитывали начальную скорость окисления W_{in} , и вид зависимости W_{in} от толщины пленки также имеют S-образный вид. В координатах $\ln W_{in} - \ln h$ определили вид зависимости

$$W_{in} \propto h^{1.1}$$

По-видимому, падение начальной скорости фотоокисления с уменьшением толщины пленки связано с тушением синглетных состояний и дезактивацией радикалов на границах раздела пленки, хотя удельная поглощенная энергия на единицу объема пленки возрастает.

Косвенным подтверждением влияния границ раздела на скорость фотоокисления является зависимость выхода пероксидов от состава подстиляющей воды. Скорость фотоокисления и выход пероксидов максимальны на дистиллированной воде. На морской воде из чистых районов выход пероксидов монотонно растет, а на морской воде из районов с антропогенной нагрузкой после примерно часового облучения достигает максимального значения, а затем уменьшается.

г) Влияние интенсивности света на фотоокисление нефти.

Изучение влияния интенсивности света (I_{il}) на начальную скорость фотоокисления нефти (W_{in}) проводили на поверхности дистиллированной и морской воды. Обработка данных в координатах $\ln W_{in} - \ln I_{il}$ показала, что зависимость имеет вид

$$W_{in} \propto I_{il}^2$$

Такой вид зависимости свидетельствует о двухквантовом механизме инициирования реакций на начальной стадии фотоокисления.

д) Влияние температуры на фотоокисление эмульсии "нефть в морской воде".

Эмульсии "нефть в воде" готовили на искусственной морской воде при перемешивании магнитной мешалкой, прибавляя по каплям нефть до концентрации 1% вес. Интенсивность света была 50 мкал/см² *мин. Концентрация пероксидов рассчитывалась на объем нефти, а по кинетическим кривым рассчитывалась начальная скорость окисления (W_{in}). Зависимость концентрации ROOH от времени при температурах 10–20°C – линейная, а при 30°C она при 120 минутах облучения достигает максимума, а затем снижается. Начальные скорости накопления ROOH на морской воде на 10–40 % ниже, чем на дистиллированной. Расчет в координатах $\ln W_{нач.} - f(1/T)$ показал, что энергия активации равна (39,6 +4,3) кДж/моль.

Таким образом, результаты работы показывают интенсивное фотохимическое окисление нефтяного загрязнения, вызывающее трансформацию химического состава нефти.

Photochemical oxidation of oil pollution was studied in laboratory and natural conditions and was depended on film thickness, sun illumination, temperature and salinity of water and was initiated by singlet oxygen.

Г.В. Мойсейченко, Г.С. Борисенко

(Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
(ТИНРО-Центр), Владивосток, e-mail: moyseychenko@tinro.ru)

**Радионуклиды в донных осадках северо-восточного
шельфа о. Сахалин**

G.V. Moyseychenko , G.S. Borisenko

(Pacific Fisheries Research Centre (TINRO-Centre), Vladivostok)

**Radionuclides in the bottom sediments of the Shelf
of the North-East of Sakhalin Island**

Известно, что естественные радионуклиды уранового и ториевого рядов и К-40 концентрируются в зоне нефтегазовых месторождений. Поэтому освоение этих месторождений в шельфовой зоне и последующее их промышленное использование неизбежно приведет к загрязнению технологического оборудования производственных отходов и окружающей среды естественными радионуклидами (ЕРН). В связи с этим для обеспечения радиационной безопасности при нефтегазодобыче при обращении с радиоактивными материалами, содержащими природные радионуклиды, необходим радиационный контроль (измерение γ -фона окружающей среды, α -, β -, γ - активности компонентов морской среды).

Целью наших исследований явилась оценка содержания ЕРН в донных осадках, отобранных в районах, прилегающих к Пильтун-Астохскому и Луньскому нефтегазовых месторождений северо-восточного шельфа о. Сахалин. Проведение буровых работ в шельфовой зоне неизбежно влечет за собой увеличение радиоактивного фона морской среды за счет повышенного содержания в буровых выработках (пластовой воде) природных радионуклидов, в особенности, радий -226, радий -228 и продуктов их распада. По данным экологической экспертизы содержание Ra-226 и Th-232 в пластовой воде может достигать 400 Бк/кг. При контакте с сульфатами морской воды радионуклиды образуют радиоактивный осадок, который может накапливать радиоактивность до уровней, при которых его необходимо удалять как радиоактивные отходы.

Система нормативных документов по охране окружающей среды и гигиенических нормативов обязывает при добыче и переработке нефтегазового сырья исключать возможность загрязнения естественными радионуклидами (ЕРН) объектов окружающей среды выше уровней, предусмотренных действующими нормами радиационной безопасности и санитарными правилами. Поэтому при комплексном экологическом мониторинге районов нефтегазовых месторождений необходимо производить измерения и регистрацию радиационных параметров: уровня гамма-фона окружающей среды, альфа-, бета-, гамма- активность компонентов морской среды).

Одним из рассматриваемых компонентов антропогенного загрязнения является искусственный долгоживущий радиоизотоп цезий-137, появившийся в окружающей среде вследствие испытаний ядерного оружия, развития атомной индустрии и энергетики. Диапазон измеренных концентраций Cs-137 в донных отложениях составил от 1,5 до 5,9 Бк/кг сухой массы: в песчаных осадках содержание этого элемента было в 1,5 раза ниже по сравнению с илистыми и в 3 раза ниже по сравнению с отложениями, имеющими глинистые фракции, что связано с аккумулялирующими свойствами различных типов донных осадков (при отсутствии локальных источников загрязнения). Содержание естественных радионуклидов радия-226, радия-228, тория-232, калия-40 в донных осадках в шельфовой зоне обусловлено природными факторами: геохимическими особенностями региона. На основании проведенного радиоизотопного анализа донных осадков были установлены следующие пределы концентраций естественных радионуклидов: для Ra-226 от 5,1 до 21,3 Бк/кг, Th-232 от 4,4 до 25,4 Бк/кг, K-40 от 358 до 661 Бк/кг сухой массы.

Анализ данных показал, что содержание естественных радионуклидов в донных осадках из районов, прилегающих к Пильту-Астохскому нефтегазовому месторождению, за 2-летний период после начала его промышленного освоения, осталось на уровне 1997 г. когда мы проводили фоновые исследования донных осадков в северо-восточной части о. Сахалин до начала промышленного освоения месторождений.

Таким образом, добыча нефти на данном этапе не оказала отрицательного влияния на радиационную обстановку этого района. Вместе с тем, на полигоне, прилегающем к Луньскому нефтегазовому месторождению, отмечается увеличение содержания Ra-226 и Th-232 в донных осадках в 1,5–2 раза так как после изыскательных работ промышленная добыча нефти здесь не была начата. По всей вероятности, это увеличение связано с происшедшим здесь изменением гранулометрического состава донных осадков за счет увеличения в них илистых фракций, отличающихся повышенной сорбцией радионуклидов.

The comparison of this data with the one of the background studies on the northeast offshore of Sakhalin, that were held before the initial of the oil and gas deposit development, showed that the level of NRN in bottom sediments of Piltun-Astokhsky deposit remained on the same level for 2 years of development as in the year 1997. Thus the oil and gas development hasn't negative influence on the radiation situation in the area on the present stage.

И.А. Немировская¹, Г.В. Моисейченко², Ю.Г. Блинов²

(¹Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Москва; e-mail: nemir@ocean.ru;

²Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии, Владивосток, e-mail: moiseychenko@tinro.ru)

Углеводороды донных осадков сахалинского шельфа

I.A. Nemirovskay¹, G.V. Moiseichenko², Yu.G. Blinov²

(¹Shirshov Institute of Oceanology of RUS, Moscow; ²Pacific Institute of fisheries and Oceanography, Vladivostok)

Hydrocarbons in the bottom sediments of the Sakhalin Island Shelf

В настоящее время шельф о. Сахалин стал основным нефтегазоносным районом Дальнего Востока России. В его пределах разведано 384 млн т нефти и около 1 трлн м³ газа. Сахалинский шельф загрязняется предприятиями угле- нефте- и газодобычи, целлюлозно-бумажными комбинатами, рыбопромышленными и перерабатывающими судами, сточными водами коммунальных объектов. Ежегодное поступление нефтепродуктов в юго-западную часть моря с речным стоком по разным оценкам колеблется от 0,08 до 2,13 тыс. т. Реализация на шельфе о. Сахалин таких масштабных проектов как «Сахалин-1» и «Сахалин-2» уже приводит к возникновению различных экологических проблем. Поэтому нефтяные УВ относятся к основным компонентам, загрязняющим морские воды и донные осадки этого района.

Проведенные нами исследования до разработки месторождений показали, что в открытых водах Охотского моря, за исключением восточной части сахалинского шельфа, концентрации алифатических УВ в растворенной форме (АУВ_р) довольно стабильны, и их средние значения изменялись в диапазоне 15–23, а в придонных – 18–21 мкг/л, что соответствует фоновому уровню АУВ во внутренних морях. В латеральном распределении, в пределах месторождений Лозин, Баутин и Аркутун-Даги дисперсия концентраций довольно высокая и для АУВ_р значения среднеквадратичного отклонения (σ) составили 18–31% от средней величины, а для АУВ_в (во взвешанной форме) в пределах месторождения Баутин в придонных водах – 68%.

Донные осадки различных районов Охотского моря и сахалинского шельфа характеризовались довольно низким содержанием АУВ, по сравнению с менее продуктивными акваториями. Это обусловлено сравнительно низким содержанием органического вещества (ОВ) в осадках, что может быть связано с коротким вегетационным периодом диатомовых водорослей и соответственно низкими среднегодовыми величинами биомассы. С целью определения содержания и состава УВ после начала освоения месторождений летом 2002 г. был проведен отбор проб донных осадков на участке от северо-восточной оконечности о. Сахалин до залива Терпения.

Проведенные анализы показали, что среднее содержание изучаемых органических соединений изменилось по сравнению с предыдущими исследо-

ваниями, что может быть обусловлено несколькими причинами. Во-первых, были проанализированы осадки различных гранулометрических типов, а этот фактор является основным, контролирующим распределение органических соединений. Поэтому среднее содержание $C_{орг.}$, АУВ и ПАУ в пелитовых осадках было соответственно в 8,9, 1,8 и 2,6 раз выше, чем в грубодисперсных. Однако кроме гранулометрического фактора на распределение изучаемых органических соединений влияют и другие процессы, так как их концентрации отличаются большой вариабельностью (значения σ сопоставимы со средними величинами). В некоторых случаях станции находились на небольшом расстоянии одна от другой, и среда современного осадконакопления практически не менялась. В частности, в районе месторождений при близком содержании $C_{орг.}$ (0,08–0,12%) концентрации АУВ изменялись от 4,6 до 61,3 мкг/г, а в составе $C_{орг.}$ – от 0,49 до 14,3 % (средняя доля АУВ 2,04%). Последнее, может указывать на поступление УВ в донные осадки, генетически не связанное с биологическими источниками (в частности, с нефтяным загрязнением). По составу алканов изученные осадки можно разделить на три группы. Превалируют ОВ с аллохтонным составом алканов: $CPI > 2$, $\Sigma(C_{15}-C_{22})/(C_{23}-C_{40}) = 0,14-0,32$; горб незначителен. Максимум в области $C_{25}-C_{29}$ типичен как для прибрежных макрофитов и травянистых растений, так и для восков высших растений. Для смешанного аллохтонно-автохтонного состава алканов характерно бимодальное распределение гомологов: в низкомолекулярной области максимум в области $C_{17}-C_{19}$ характеризует планктоногенное ОВ, в высокомолекулярной области преобладают нечетные теригенные алканы $C_{25}-C_{31}$, при этом $CPI > 2$. К наименее распространенному типу относятся осадки с трансформированным нефтяным составом УВ: низкие величины CPI (1,02–1,07) и горб в высокомолекулярной области. Зафиксированный состав алканов является типичным для рассеянных нефтяных антропогенных УВ, прошедших трансформационные процессы, а низкотемпературная часть хроматограммы иллюстрирует роль испарения и биodeградации нефтяных алканов в процессе седиментации. Содержание ПАУ в осадках (3,7–58,6 нг/г) показало значительную вариабельность для различных районов Сахалинского шельфа. В их составе превалируют флуорантен и фенантрен.

Таким образом, некоторое увеличение концентраций АУВ и ПАУ в 2002 г., по сравнению с 1994 г. в осадках сахалинского шельфа не носит катастрофического характера. Рост содержания УВ, скорее всего, обусловлено разным литологическим типом проанализированных осадков, так как синхронно с УВ (в среднем в 5,4 раза) произошло изменение содержания $C_{орг.}$ (в среднем в 6,5 раз). Антропогенное воздействие на донные отложения за счет буровых сбросов должно выражаться в увеличении доли мелких фракций. Исследованные донные осадки по данным гранулометрического анализа в основном состоят из песчано-алевритовых фракций (до 94,5%). Лишь в отдельных случаях встречались илистые осадки. Примечательно, что в 1998 г.

(до и после установки платформы «Моликпак» и во время бурения разведочной скважины AW16A) появление зон повышенной мутности и маслянистые пленки наблюдали только в период проведения буровых работ. В июне увеличение содержания АУВ в донных осадках было установлено только в месте бурения скважины – 10,8 мкг/г. Влияние производственных сточных вод при бурении разведочной скважины AW16A на морскую среду носило кратковременный и локальный характер.

Это вывод, согласуется с данными, полученными в наших исследованиях: среди алканов преобладают аллохтонные природные компоненты, которые обладают наибольшей стабильностью. В тоже время наличие в отдельных пробах трансформированных антропогенных нефтяных алканов, не обнаруженных ранее, может свидетельствовать о возрастающем загрязнении, связанным с разработкой месторождений в этом районе. Даже при очень строгом соблюдении режима эксплуатации морских сооружений аварий избежать трудно. В заключение необходимо отметить, что при интерпретации данных об уровнях нефтяного загрязнения в донных осадках необходимо указывать их литологический тип и учитывать существование природного геохимического углеводородного фона. При этом определять не только концентрацию УВ, но и их состав. Последнее обстоятельство имеет принципиальное значение при оценке результатов экологического мониторинга в районах освоения морских нефтегазовых месторождений, где могут присутствовать нефтяные УВ как природного, так и антропогенного происхождения. Только в заливе Анива естественное ежегодное поступление УВ из донных осадков (высачивание с морского дна, эрозия осадков и др.) оценивается в 122,4 тыс. т.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (06-05-64815а; 06-05-96016а р-восток); Программы № 17 (6.4) фундаментальных исследований Президиума РАН, гранта Президента РФ (НШ-2236.2006.5); проекта «Наночастицы во внутренних и внешних сферах Земли».

Concentrations and compositions the aliphatic hydrocarbons (AHC) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in surface sediments of Sakhalin Island Shelf are investigation (2002). It was shown that concentrations of hydrocarbons are small changed comparing previous years. Markers in composition of alkanes and PAH are indicated that terrestrial allochthonous components are predominant. In the same time, the presence of transformed anthropogenic petroleum alkanes being not found earlier can note the increasing pollution related to the economical activity intensification in the deposit region.

А.Е. Рыбалко, Н.К. Федорова

(ФГУНПП «Севморгео», e-mail: rybalko@sevmorgeo.com)

**Зона окисления в донных осадках и ее значение
при геоэкологических исследованиях**

A.E. Rybalko, N.K. Fedorova

(State Company «Sevmorgeo», St. Petersburg, e-mail: rybalko@sevmorgeo.com)

**Oxydation zone in bottom sediments and its meaning
at geoecological researches**

Зона окисления (ЗО) на поверхности донных осадков является одним из важнейших показателей, характеризующих геохимическую обстановку на барьерной зоне «дно–вода». С одной стороны, в соответствии с учением Г. Теодоровича о геохимических фациях она отражает положение границы окисленных и восстановленных осадков. С другой стороны наличие или отсутствие ЗО является важным фактором, обуславливающим направленность и интенсивность потоков химических компонентов на барьерной зоне «дно–вода». Все это крайне важно для оценки геоэкологической ситуации в придонном слое морских и озерных водоемов.

Зона окисления – это относительно маломощный (первые сантиметры, реже до 10 см) слой флюидизированных осадков, обычно окрашенный в буроватые тона, где происходят наиболее интенсивные изменения как физико-механических свойств и вещественных преобразований, во многом связанные с биологической активностью. Содержание воды на первых 3-х сантиметрах падает с 90–95% до 55–65%. В Финском заливе, водоеме с исключительно терригенным типом осадкообразования, интервал 0–1 см сложен по данным электронной микроскопии биогенными компонентами, а уже с 3–4-х см – исключительно минеральным веществом. Соответственно, резко меняется и содержание различных химических элементов, а также валентность их подвижных форм. Наиболее четко отражают смену геохимических условий значения редокс-потенциала, которые можно использовать и для первичной оценки геоэкологической ситуации.

По данным геохимического мониторинга донных осадков в восточной части Финского залива ежегодно происходит изменение площадей с наличием или отсутствием ЗО и ее мощности. Это связано, в первую очередь с природными гидрологическими циклами, обусловленными системой водообмена через Датские проливы. Эти изменения приводят к периодическому расширению и уменьшению анаэробных зон в центральной части Балтики, а отражение этого процесса мы видим и в заливах Балтийского моря. Природный характер этих изменений подчеркивается цикличностью и взаимосвязанностью в пределах всего морского бассейна. Появление или уничтожение ЗО не только кардинальным образом сказывается на распространении бентоса, но и приводит к геохимическим изменениям, как в придонном

слое воды, так и в поверхностном слое осадков. В случае наличия такой зоны происходит связывание большинства микроэлементов с трехвалентным железом и происходит их накопление в поверхностном слое осадков. Одновременно уменьшается поток биогенных компонентов из донных отложений в придонный слой воды. В случае отсутствия ЗО барьер на пути миграции химических компонентов уничтожается, а повышенный градиент их в иловых водах приводит к миграции из донных отложений в придонные воды. В случае интенсивно загрязненных отложений этот процесс приводит к вторичному загрязнению водной толщи. Соответственно, циклические изменения знака редокс-потенциала, связанные с природными процессами приводят и к изменениям концентраций целого ряда химических веществ в придонных водах и донных отложениях. Микроцикличность подобного процесса является одним из главных факторов формирования шельфовых железо-марганцевых конкреций в Финском заливе. Природно обусловленные колебания значений редокс-потенциала и изменения площадей распространения ЗО должны обязательно учитываться при проведении геоэкологических исследований и, особенно, мониторинга геологической среды.

Сравнение распространения зон окисления в Финском заливе Балтийского моря и в Белом море свидетельствуют о коренном различии геохимических процессов в барьерной зоне «дно-вода» в этих морских бассейнах. В Финском заливе ЗО относительно маломощны и редко превышают в глинистых осадках 2–3 см (обычно около 1 см). При этом во впадинах с глубиной более 50–60 м обычно фиксируются устойчивые анаэробные режимы, что сопровождается полным отсутствием окисленных осадков. Соответственно, здесь постоянно фиксируется мощный поток химических веществ, в том числе и биогенов, в первую очередь фосфора, из донных отложений в придонный слой воды. Таким образом, донные отложения становятся одним из факторов эвтрофикации Финского залива, причем не зависящего, в целом, от антропогенных нагрузок. В Белом море характерно развитие мощных зон окисления до 5–6 и более см (рис.). Это хорошо видно по данным измерения редокс-потенциала в послойных срезах грунтовых колонок, полученных трубками ГГТ. Данные измерения изменения значений E_h хорошо коррелируются с поведением форм железа по разрезу и сменой вниз по разрезу окисного железа закисным. Ниже границы зоны окисления происходит стабилизация всех геохимических показателей, в том числе и концентраций тяжелых металлов. Наиболее мощные зоны окисления выявлены в глинистых осадках глубоководной впадины Белого моря. Они являются мощным барьером на пути потоков веществ из донных отложений в придонные воды, включая биогены. Этот факт является одним из благоприятствующих для значительно более низкого трофического статуса Белого моря по сравнению с Балтийским.

Приведенные данные кроме всего прочего, свидетельствуют, что природные условия являются мощным фактором формирования геохимических

обстановок на дне морских бассейнов, в том числе и для элементов и соединений, рассматривающихся в качестве показателей антропогенного загрязнения. Это необходимо учитывать при выработке геоэкологических характеристик состояния этих бассейнов.

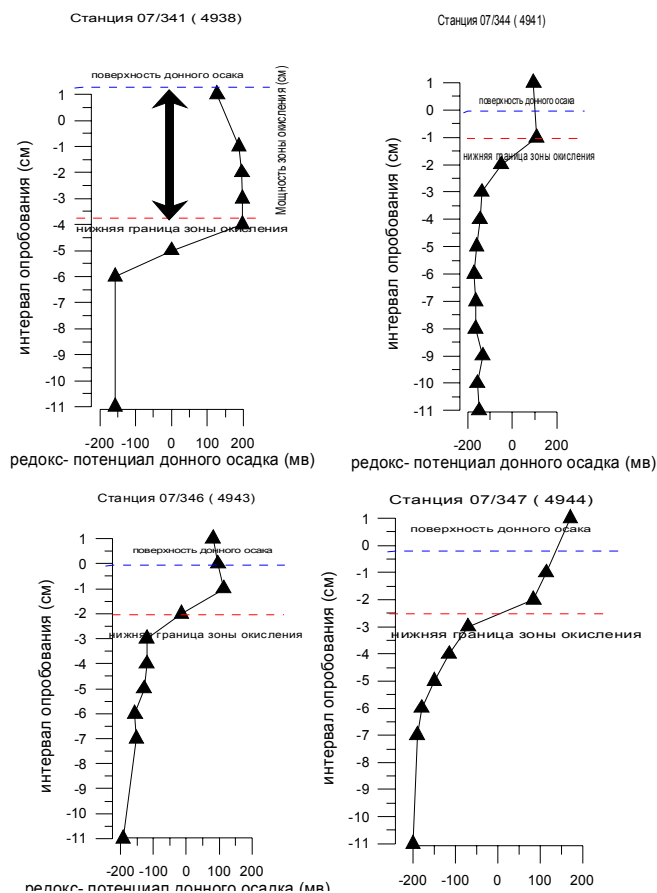


Рис. Характер изменения редокс-потенциала в верхних слоях донных осадков Белого моря. Данные 2007 года

In the report the questions of formation of oxidation zones on a surface of bottom sediments and their influence on migration of chemical elements are considered. The distinctions in a geochemical mode of deep-water hollows of the White and Baltic seas are shown. It is necessity to take into account natural fluctuations Eh in bottom sediments and near-bottom waters at geoecological researches.

**А.Е. Рыбалко¹, Н.К. Федорова¹, К.А. Никонов¹,
А.И. Климов²**

(¹ФГУНПП «Севморгео», e-mail: korneev@sevmorgeo.com;

²АНО «Пудожемское устье», e-mail: aklimov@mail.ru)

**Современное состояние и эволюция береговой зоны
острова Ягры (дельта Северной Двины) в связи
с проблемой берегоукрепления**

A.E. Rybalko¹, N.K. Fedorova¹, K.A. Nikonov¹, A.I. Klimov²

(¹State Company «Sevmorgeo», St. Petersburg; ²“Pudozhenskoe ust’e”)

**The recently condition and evolution of a coastal zone
of an island Yagry (delta of Northern Dvina) in connection
with a problem of the bank protection**

Настоящее сообщение посвящено проблеме устойчивости берегов острова Ягры, на котором располагается один из жилых районов г. Северодвинска. Одновременно данный остров является одним из берегов Никольского рукава Северной Двины, в устьевой зоне которого располагаются рабочие акватории Северодвинских судостроительных заводов. В настоящее время происходит заметный размыв мористого берега острова, причем в ряде случаев размыв начинает затрагивать градостроительные объекты. Это хорошо заметно как на городском мемориале, стенка которого в настоящее время подвержена воздействию приливных волн, так и на остатках береговых батарей времен Второй Мировой войны. В настоящее время фундаменты пушек, стоявших когда-то на береговых дюнах, располагаются в приливной полосе.

Никольское русло являлось одним из первых мест поселения поморов. Здесь же располагалась первая фактория английских купцов, через которую осуществлялась торговля с Россией еще до возникновения г. Архангельска. Анализ картографических материалов, начиная с 17 века, показал, что в северной части острова существовала петлевидная коса, которая развивалась в направлении, параллельном береговой линии и известная ныне под названием остров Ягорский рог. Обособление косы в виде острова произошло в 50-х годах, когда с одной стороны был прорыт небольшой канал для соединения разных рукавов в дельте Двины, а с другой выемка песков для строительства Архангельска и Северодвинска из русла реки привела к уменьшению твердого стока и интенсификации процессов размыва берега.

Однако, проблемы с размывом мористого берега острова Ягры возникли существенно позже и связаны уже с функционированием судостроительных заводов, точнее их глубоководных гаваней. С одной стороны они связаны с обособлением Ягорского рога и возникновением вдольберегового течения от «промая» в сторону устья Никольского рукава. С другой стороны, полученные в начале 2000 годов новые заказы, предусматривающие строитель-

ство буровых платформ для нефтяных месторождений, потребовали существенного углубления фарватеров и самой рабочей гавани. Глубоководный фарватер с одной стороны практически разорвал поток наносов со стороны Онежского полуострова, часть из которого подпитывала подводный береговой склон острова Ягры. С другой стороны, сам фарватер, разрезающий подводный береговой склон, явился мощным фактором размыва, так как существенно нарушил природный профиль равновесия подводного берегового склона. Наблюдения 2005–2006 года показали, что большинство штормов происходит в осеннее время, причем затухание их происходит обычно постепенно. Вероятно, именно на стадии затухания не происходит поступления песчаных наносов вновь на пляж, так как на стадии развития шторма они сносятся в зону канала. Этим обстоятельством объясняется постоянная необходимость прочистки фарватера.

Гранулометрический анализ пляжевых отложений показал, что они сложены однородными существенно мелкозернистыми песками с небольшой примесью среднепсаммитового материала. Данные анализа не позволяют на сегодняшний день определенно выявить зоны размыва и аккумуляции наносов. Однако, определенно можно сказать, что такая зона существует к юго-западу от города, где происходит размыв берега со средней скоростью около 20 см. Для предотвращения полного размыва берега здесь в настоящее время сооружены берегозащитные сооружения в виде шпунтовой стенки, а также поперечная дамба из ряжей.

В настоящее время проведение берегоукрепляющих мероприятий сдерживается отсутствием четких критериев выделения зон размыва и аккумуляции в береговой зоне. Представляется, что кардинальным способом замедления размыва берега может явиться загрузка песка в устойчивые зоны размыва и обеспечение естественной транспортировки его вдоль берега. Источником для этого может стать песок, добываемый при очистке канала и дна акватории порта, который в настоящее время складывается у Онежского берега. В настоящее время в качестве временной меры используется защита берега с помощью автомобильных покрышек. Серия таких покрышек стимулирует накопление транзитного песка и формирует искусственную берму, предохраняющий берег от дальнейшего размыва.

The modern coast of an island Yagry, on which one of districts of city Severodvinsk is, now is slowly washed away. The reason is the deep-water waterway for petroleum platforms, where sand is evacuated from a coastal zone. In the report the reasons of occurrence of coast erosion and measure, which can prevent this having washed away are discussed.

**В.В. Сивков¹, Е.В. Булычева¹, Д.В. Дорохов¹, Н.Н. Голенко¹,
В.А. Жамойда², М.О. Честнова¹**

(¹Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Калининград, e-mail: sivkov@balnet.ru; ²Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, e-mail: Vladimir_Zhamoida@vsegei.ru)

Опыт геоэкологического мониторинга российского сектора юго-восточной Балтики (2003–2007 гг.)

**V.V. Sivkov¹, E.V. Bulychева¹, D.V. Dorokhov¹, N.N. Golenko¹,
V.A. Zhamoida², M.O. Chestnova¹**

(¹Atlantic Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS;
²A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute)

**Experience of environmental monitoring in Russian part
of SE Baltic Sea (2003–2007)**

Несмотря на существование значительного количества концепций в области морской экологии и многолетнюю историю изучения Балтийского моря, исчерпывающие ответы на вопросы диагностики его экологического состояния сегодня остаются, как правило, на уровне гипотез. Это объясняется несовершенством существующих подходов к планированию, осуществлению наблюдений и анализу их результатов. В этой связи сегодня представляет интерес любая практическая реализация морского экологического мониторинга.

С 2003 года ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» проводит производственный экологический мониторинг Кравцовского (Д-6) нефтяного месторождения, расположенного в российской части юго-восточной Балтики. В пространственном отношении мониторинг подразделяется на локальный, региональный и интактный. Район интактного мониторинга охватывает морское побережье и прибрежные воды Куршской косы, которая является российско-литовским природно-культурным объектом всемирного наследия ЮНЕСКО. Содержательную основу развиваемой системы долговременного экологического мониторинга помимо традиционных судовых методов составляет комплексное использование технологий космических наблюдений, долговременных наблюдений в стационарных точках, включая донные постановки, применение численных гидрофизических моделей для прогноза эволюции потенциальных нефтяных загрязнений, а также оперативный анализ и визуализация получаемой информации с помощью геоинформационных систем (ГИС).

Спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения поверхности моря основан на анализе радиолокационных изображений спутников ENVISAT и RADARSAT, которые оснащены радиолокаторами с синтезированной апертурой, обладающими высокой чувствительностью к «шероховатости» морской поверхности.

В открытом море выполняются комплексные сезонные судовые экологические съемки (гидрология, гидрохимия, гидробиология, геохимия и т.д.). Наблюдения проводятся как в фиксированных точках на стандартных горизонтах, так и на ходу судна.

В районе мониторинга установлены две автономных донных станции. Одна из них расположена вблизи нефтедобывающей платформы – на внешней границе прибрежной зоны. Здесь установлен акустический доплеровский профилограф течений (ADCP), позволяющий получать непрерывные данные также и по мутности воды. Другая станция расположена внутри литодинамически активной прибрежной зоны. Ее основой является гидрофизический комплекс HYDRA, измеряющий течения, температуру, мутность воды и уровень моря. На обеих станциях с помощью наносонакопителей производится сбор взвешенного осадочного вещества с последующим определением его гранулометрического состава и расчетом придонных потоков.

Поскольку даже слабые сейсмические события могут вызвать сход оползней с крутых участков берега и подводного склона, с помощью автономных сейсмических станций проводится мониторинг сейсмичности района нефтедобычи. Метеорологическая информация собирается с помощью автоматических гидрометеостанций, установленных на платформе и на побережье. Мониторинг прибрежно-морской и береговой зоны включает в себя оценку загрязнения нефтепродуктами, орнитологические наблюдения, оценку биоразнообразия бентосных макроводорослей. Особое внимание уделяется морскому побережью Куршской косы. Здесь с маломерных плавсредств выполняется сонарная съемка подводных ландшафтов, а с берега проводятся радиолокационные измерения прибрежных течений. Ведутся работы по анализу и картированию чувствительности морского побережья косы к потенциальному нефтяному загрязнению.

Данные мониторинга накапливаются в специализированной базе данных, которая служит основой для разрабатываемой ГИС «ЭКОМОРНЕФТЬ».

Из всего комплекса наблюдений выделяется геоэкологическая составляющая мониторинга, которая направлена на оценку состояния морской геологической среды. Первые результаты геоэкологического мониторинга сводятся к следующему.

1. Донные осадки района мониторинга не содержат признаков техногенного загрязнения, связанного с нефтедобычей. Отсутствует временная тенденция увеличения содержаний наблюдаемых химических элементов. В ходе сонарных съемок дна получены новые свидетельства донной эрозии и «пятнистости» распределения различных типов осадков. На мелководье (менее 50 м) отмечена изменчивость гранулометрического и химического состава донных осадков, что объясняется совместным влиянием сезонности литодинамических процессов и локальной пятнистости осадков. Пелитовый материал, а с ним и большая часть микроэлементов (в т.ч. токсичных), выносятся из прибрежной зоны в Гданьскую впадину. Максимальные содер-

жания нефтепродуктов (НП) и углеводородных газов также отмечены в илистых осадках Гданьской впадины, а минимальные – в песчаных отложениях мелководья. Загрязнение поверхности дна НП имеет локальный характер. Сезонная изменчивость содержания НП в осадках не выражена. Было отмечено два выброса НП на берег моря.

2. По спутниковым данным видно, что основными источниками нефтяного загрязнения на поверхности моря являются суда. Содержание НП в морской воде, как правило, находится на уровне естественного фона. Загрязнение имеет локальный и эпизодический характер. Сезонные изменения содержания НП слабо выражены.

3. Направление и интенсивность переноса поверхностных вод определяется направлением ветра, а в придонных слоях (глубина 20–30 м) сказывается влияние донного рельефа. Уменьшение скорости ветра сопровождается возникновением инерционных колебаний. Устойчивое повышение концентрации взвеси отмечено при западных и юго-западных направлениях течения, т.е. при движении вод от берега в открытое море. При западных ветрах зафиксировано наличие циклонического круговорота у основания Куршской косы.

4. В верхнем слое моря отчетливо проявилось поступление менее соленых вод из Куршского залива и р. Висла. В термоклине и галоклине были неоднократно зафиксированы внутренние волны и вихревые структуры. Выявлены локальные участки повышенной концентрации взвеси в придонном слое, которые, по-видимому, являются важными региональными источниками терригенной взвеси. Эти данные были использованы для верификации гидрофизической модели района мониторинга. В модели учтены локальные особенности рельефа, полей температуры и плотности, особенности пространственной и временной изменчивости метеорологических параметров.

Combined use of remote sensing technology, traditional ship's methods, stationary long-term observations including bottom installations, numerical hydrophysical modeling as well as operative analysis and visualization of obtained information by means of geoinformation systems (GIS) represent the substantial basis for the oilfield Kravtsovskoe environmental monitoring. Results obtaining during monitoring make important contribution in present knowledge on marine geological environment in the South-Eastern Baltic Sea.

Л.Э. Скибинский

(Северо-западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
г. Архангельск, e-mail nwdioras@atnet.ru)

**Геоэкологический мониторинг прибрежной зоны
Печорского моря в районе порта Варандей**

L.A. Skibinskiy

(Nord-west branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Arkhangelsk)

**Geoecological monitoring of the coastal zone of the Pechora Sea
in the region of the Varandey port**

Рациональное освоение ресурсов территорий и шельфа Арктики во многом связаны с проблемой создания единой для суши и моря системы транспортировки добываемого сырья. При этом техногенному воздействию подвергается как наземная, так и морская экосистемы. Процессы, происходящие в этих экосистемах под воздействием антропогенных факторов, так их последствия в значительной степени взаимосвязаны.

В этом отношении достаточно типичным является район пос. Варандея. На территории Варандейского промышленного узла на протяжении 70 лет ведется активное хозяйственно-ресурсное освоение территории (первое месторождение открыто в 1933 г.). В последние 10 летний период деятельность по развитию и расширению структуры Варандейского промузла существенно активизировалось, что связано с увеличением объемов добычи нефти и, частично, сопутствующего газа в Ненецком автономном округе, включая акватории шельфа Печорского моря.

Поселок Варандей расположен на северо-востоке Большеземельской тундры, на южном побережье Баренцева моря (Печорское море), в Ненецком автономном округе. Район находится за Полярным кругом, среднегодовая температура воздуха здесь составляет -8°C . Для территории характерны типичные тундровые ландшафты. Грунты с поверхности представлены морскими песками, подстилаемыми суглинками, на отдельных участках перекрываются торфяниками мощностью более 0,7 м.

Территория в районе пос. Варандей (Варандейский береговой район) охватывает участок от о. Песяков на западе до п-ова Медынский Заворот на востоке, многочисленные озера (часть вод которых соленые), реки – наиболее крупная из которых р. Песчанка и прилегающие прибрежные воды Печорского моря.

Основным фактором, уже несколько лет сдерживающим рост добычи нефти в в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, остается недостаточная пропускная способность на участке Уса – Ухта. Кроме того, сеть нефтепроводов значительно устарела, что привело к ряду крупных аварий, в результате которых нефть попала в реки Хатаяга, Колва, Уса и Печора.

С 2000 года «ЛУКОЙЛ» начал реализовывать для транспортировки нефти, добываемой в НАО, специальный транспортный проект. Решением проблемы транспортировки нефти месторождений Ненецкого автономного округа решением проблемы стала реализация «ЛУКОЙЛом» проекта строительства терминала «Варандей» на Баренцевом море, пропускную способность которого к 2007 году расширили с 1,5 млн до 12 млн т.

Нефтеналивной терминал «Варандей» является опорным объектом для экспорта нефти, добытой в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Варандей начал функционировать в августе 2000 года, когда здесь были загружены в танкер для отправки на экспорт первые 10 тыс. тонн нефти. В качестве рейдового терминала использовался переоборудованный ледокол «Капитан Николаев» водоизмещением 8,5 тыс. тонн. Танкеры швартовались к ледоколу, соединенному с береговыми резервуарами подводным дюкером. В таком виде перегрузочный комплекс проработал два года, показав, что перевалка нефти на танкеры возможна даже в тяжелых условиях зимней Арктики.

Следующим этапом развития Варандейского терминала стало введение в строй в сентябре 2002 года арктического подводного перегрузочного комплекса (АППК). Используемая при этом технология позволяет загружать суда в любое время года при высоте волны до 5 м. У расположенного на 10-метровой глубине АППК могут швартоваться двухкорпусные танкеры ледового класса водоизмещением до 20 тыс. тонн. Когда танкер находится над АППК, по радиосигналу от подводного сооружения отделяется и всплывает буй, соединенный тросом с гибким шлангом, который затем поднимают на борт судна. Опять же по радиосигналу внутри АППК открывается задвижка, и нефть по дюкеру и гибкому шлангу начинает поступать в танки (максимальная скорость закачки 5 тыс. м³ в час). Гибкий шланг одновременно предназначен и для швартовки судна к АППК, так как выдерживает усилие на разрыв до 100 тыс. тонн, а при его дальнейшем увеличении автоматически отстреливается от танкера. В зимнее время используется также рейдовый ледокол (толщина льда в районе терминала достигает в отдельные годы двух метров). При каждой швартовке танкера зимой АППК обслуживает бригада водолазов, так как добиться работы подводного комплекса в автоматическом режиме в зимних условиях не удалось.

В настоящий момент построен и установлен стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал (СМЛОП). СМЛОП предназначен для обеспечения бесконтактной швартовки танкеров дедвейтом 40–70 тыс. тонн и отгрузки на танкер нефти, подаваемой по подводному трубопроводу от берегового комплекса Варандейского нефтяного отгрузочного терминала. СМЛОП представляет собой морскую стационарную платформу, включающую в себя ледостойкое опорное основание (ОП), закрепленное на грунте сваями, и верхнее строение. Верхнее строение состоит из надстройки, стоящей на главной (верхней) палубе опорного основания, и швартовно-грузового устройства (ШГУ), расположенного над надстройкой. ШГУ со-

стоит из поворотного устройства, взлетно-посадочной площадки и отгрузочной стрелы с устройствами, трубопроводами и шлангами для подачи нефти на танкер. Для проведения обслуживания СМЛОП ведется строительство нового ледокола и ледокольных судов обеспечения на сингапурской верфи «KEPPEL SINGMARINE Pte Ltd».

В связи с динамичным развитием терминала и прилегающих к нему инфраструктур, а также значением для экономического развития региона, компания "Варандейский терминал" обратилась к администрации НАО с просьбой присвоить географическому объекту, находящемуся в его ведении, наименование "Морской порт Варандей". Просьбу удовлетворили, морской нефтеналивной порт Варандей введен в эксплуатацию в третьем квартале 2007 года. Таким образом, с 2007 года по плану начинает функционировать расширенный до отгрузочного объема 12 млн т. порт Варандей, но уже сейчас рассматривается вариант последующего расширения пропускной способности терминала порта Варандея уже до 25 млн т.

Северо-западное отделение ИО РАН понимая важность участия в мониторинге и научных исследованиях в зоне развития порта в Арктике приняла участие и победило в тендерных конкурсах: «Проведение комплексного экологического мониторинга на объекте «Пусковой комплекс из состава проекта «Пробная эксплуатация нефтяной залежи Варандейского месторождения» в 2007 году» и «Эколого-ихтиологические исследования Баренцева моря в районе строительства подводного нефтепровода Варандейского отгрузочного терминала в 2007 году».

Экологические исследования по 1 тендеру включают: контроль состояния элементов (вод, донных осадков, почв и биоты) наземной и прибрежной геоэкосистем с целью определения качественных и количественных показателей загрязнения; анализ получаемой информации и прогноз состояния природной среды. Целью проводимых работ по 2 тендеру является оценка состояния экосистемы Баренцева моря в районе строительства подводного нефтепровода Варандейского отгрузочного терминала (*BOT*) на основе мониторинговых исследований.

Анализ полученной информации по вышеназванным исследованиям позволяет сделать вывод о необходимости создания целостной системы мониторинга береговой и прибрежной экосистем, так как природные процессы, происходящие в этих экосистемах под влиянием техногенных факторов, так их последствия в значительной степени взаимосвязаны.

In this abstract the analysis of modern economical activity of the oil transport from the Pechora Sea in the region of the Varandey port and connected with geoeological monitoring problems in the coastal zone are presented.

Ю.А. Федоров, Д.Н. Гарькуша

(Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, fed29@mail.ru)

Приливно-отливные явления как один из факторов, оказывающих влияние на распределение концентрации метана (на примере р. Северная Двина)

Yu.A. Fedorov, D.N. Garkusha

(Southern federal university, Rostov-on-Don)

The high-tide and the ebb-tide phenomena as the one of factors that extending on the distribution of methane concentrations (on an example of the Northern Dvina River)

Распределение метана в устьевой области Северной Двины характеризуется значительной пространственной и временной неоднородностью, что связано, с одной стороны, влиянием природных факторов, обуславливающих формирование участков, различающихся по гидрохимическим и гидрологическим особенностям и, в частности, характеру воздействия стоковых и приливно-отливных течений, а с другой – различной степенью антропогенного влияния, оказываемого на эти участки. Последнее подтверждено пространственной приуроченностью повышенных концентраций метана к районам мощного техногенного прессинга, в водной толще и донных отложениях которых отмечено интенсивное накопление загрязняющих веществ и продуктов их распада (Федоров и др., 2005; Гарькуша и др., 2006). Так, наиболее высокие содержания метана зафиксированы в дельте реки на участках проток и рукавов, с низкими скоростями приливно-отливных и стоковых течений, куда поступают хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды и, в частности, стоки целлюлозно-бумажной промышленности. Следует отметить, что если в устьевой области реки Дон пространственно-временная динамика исследованного газа прослеживается довольно четко, то в устьевой области Северной Двины, наблюдается более сложная картина распределения содержания метана, вызванная главным образом наличием приливно-отливных явлений и поступлением значительных количеств метана с поверхности водосбора.

В табл. 1 обобщены данные по содержанию метана в устьевой области Северной Двины, включая придельтовый участок, собственно дельту с рукавами и протоками и устьевое взморье. Анализ таблицы показывает, что по направлению «придельтовый участок – дельта – устьевое взморье» содержание метана в воде в целом снижается. Особенно резкое снижение его концентраций фиксируется в воде устьевого взморья, подверженного в наибольшей степени влиянию приливно-отливных течений, способствующих притоку морских вод обедненных метаном. Поступление морских вод наблюдается и в дельте реки, что особенно видно на примере протоки Маймакса, в которую на значительное расстояние проникают морские воды.

Таблица 1

Обобщенные данные по содержанию метана в воде и донных отложениях
устьевой области Северной Двины

Водный объект	№ станций	Содержание метана	
		вода, мкл/л	донные отложения, мкг/г
Придельтовый участок реки	15, 16, 17, 18, 19	<u>9.3-114.1</u> 40.8 (20)*	<u>0.01-15.1</u> 1.7 (9)
Дельта реки в целом	3-14, 20-27	<u>11.7-165.4</u> 32.1 (137)	<u>0.01-45.5</u> 3.4 (29)
в том числе: рук. Никольский	27, 27а	<u>22.2-62.3</u> 42.9 (4)	-
рук. Мурманский	26	<u>18.7-21.8</u> 20.3 (2)	-
рук. Корабельный, вершина	13, 14, 25	<u>21.5-68.6</u> 33.0 (52)	<u>0.12-24.8</u> 2.67 (6)
рук. Корабельный, на выходе в Двинскую губу	3, 4, 5	<u>7.3-28.2</u> 15.3 (16)	-
пр. Маймакса	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	<u>11.7-74.3</u> 32.5 (36)	<u>0.02-0.07</u> 0.05 (2)
пр. Кузнечиха	22, 23, 24	<u>22.5-165.4</u> 62.5 (19)	<u>0.01-21.0</u> 3.47 (14)
пр. Соломбалка	20	<u>127.4-165.4</u> 142.0 (3)	<u>1.40-45.5</u> 14.3 (4)
р. Юрас	21	<u>25.7-71.2</u> 49.2 (5)	<u>0.01-0.17</u> 0.07 (3)
устьевое взморье	1, 2, 28	<u>1.0-44.0</u> 12.1 (48)	<u>0.04-0.71</u> 0.1 (8)
Устьевая область в целом		<u>1.0-165.4</u> 28.3 (205)	<u>0.01-45.5</u> 2.6 (46)

* в скобках – количество измерений

В результате на таких участках отмечаются ярко выраженные суточные колебания, характеризующиеся максимальными значениями при отливе и минимальными во время прилива. В вершине дельты такая связь также просматривается, но выражена она в меньшей степени, поскольку здесь экстремумы концентраций главным образом являются результатом притока более или менее загрязненных вод от выше или ниже расположенных источников загрязнения. Таким образом, динамика суточного хода метана в дельте и устьевом взморье Северной Двины, главным образом, обусловлена изменчивостью гидродинамического режима участков, и в частности приливно-отливными явлениями, перемещающими водные массы с различным содержанием метана. Это маскирует его естественный суточный ход, обусловленный жизнедеятельностью метаногенного сообщества.

При анализе содержания метана в различных литологических типах отложений было выявлено, что максимальные концентрации метана приурочены к донным отложениям илистого и илисто-песчаного состава. Относительно невысокие концентрации метана отмечены для песчаных фракций. Глинистые фракции по сравнению с песчаными в 4–7 раз обогащены метаном.

Связь между содержанием метана в воде и донных отложениях устьевой области Северной Двины весьма сложна и, как правило, характеризуется отсутствием или относительно низкими коэффициентами корреляции. Это обусловлено с одной стороны сильными стоковыми и приливно-отливными течениями, формирующими на значительной акватории устьевой области Северной Двины песчаные отложения, содержащие низкие концентрации метана. С другой стороны мощным поступлением метана с поверхности водосбора, и в частности, с болотными водами и в составе бытовых и промышленных сточных вод. В результате чего одной из характерных черт устьевой области является превышение содержания метана в поверхностных слоях воды относительно придонных. Этому способствует и наблюдаемое в дельте и устьевом взморье вертикальное расслоение воды, связанное с подтеканием соленых и обедненных метаном морских вод под более насыщенные им речные воды. На участках с замедленным течением, при активной седиментации органических веществ, наряду с возрастанием количества газа в донных отложениях, существенно увеличивается и их роль в формировании уровня его содержания и распределения в воде, что выражается в наличии достаточно тесной корреляционной связи между содержанием метана в донных осадках и водной толще. Примером являются исследованные участки проток Соломбалка и Кузнечиха.

Достаточно высокий уровень содержания метана в воде и донных отложениях низовья Северной Двины, характерный в соответствии с работой (Гарькуша и др., 2006) для загрязненных, а на отдельных участках сильно и экстремально загрязненных органическими веществами водотоков, обусловлен как непосредственным поступлением метана с поверхности водосбора с болотными водами, так и интенсивным его образованием в донных отложениях, содержащих повышенное количество ОВ, связанного с гумусом почвенно-болотного происхождения. В дельте реки на эти природные факторы накладывается мощное антропогенное влияние.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов НШ-4717.2006.5 (Госконтракт № 02.515.11.50.49) и РФФИ № 06-05-64504.

The determining of methane concentrations in water and bottom sediments at the different hydrological conditions is carried out in the Northern Dvina River.

Ю.А. Федоров, И.В. Доценко, А.Э. Овсепян

(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, fed29@mail.ru)

**Распределения тяжелых металлов (ТМ) по разрезу
донных отложений Азовского моря**

Yu.A. Fedorov, I.V. Dotsenko, A.E. Ovsepyan

(Southern Federal University, Rostov-on-Don)

**Heavy Metals' Distribution in the Sediment Cores
of the Sea of Azov**

В ходе экспедиций, проведенных в Азовском море летом и осенью 2006 года, было отобрано свыше 100 проб донных отложений на определение концентраций одиннадцати ТМ: ртути, марганца, свинца, железа, хрома, никеля, меди, мышьяка, кобальта, олова и цинка. Отбор проб осуществляли с помощью грунтовой трубки длиной 105 см, полученную колонку делили на горизонты мощностью от 5 см (в пределах поверхностного 10 сантиметрового слоя) до 15–30 см (в нижележащих слоях).

Концентрации ртути в донных отложениях Азовского моря колебались в пределах 0,025–0,26–0,28 мкг/г с.м., составляя в среднем 0,067 мкг/ с.м. В целом содержание ртути в большинстве случаев с глубиной уменьшается. Однако, нередко, как это было обнаружено ранее [4] максимальные концентрации ртути наблюдаются в слое 5–15 см. Наименьшее содержание приурочено к слою, расположенному ниже 25 см. Для ртути в большей степени, чем для других изучаемых металлов, характерно неоднозначное поведение по профилю донных отложений, что указывает на большую роль содержания органического вещества фактически, контролирующего её распределение в донных отложениях [1]. Характерно, что распределение ртути по профилю осадков Таганрогского залива сходно с изменчивостью концентраций никеля, свинца, меди и марганца (коэффициенты корреляции 0,7–0,93).

Свинец в изученных пробах содержался в пределах от 12 до 43, в среднем 18 мкг/г с.м. Определено, что свинец характеризуется высокой реакционной способностью с органическим веществом в пределах Таганрогского залива и в его гирле, в то время как в собственно морской части взаимосвязи между их содержанием не обнаружено. Наибольшие концентрации свинца в целом приурочены к горизонтам 0–20 см. После чего, как правило, имеет место достаточно резкое падение его содержания. Отмечена прямая зависимость между активностью избыточного свинца – 210 и валовым содержанием свинца.

Содержание железа во всех пробах оказалось на порядок выше концентраций других тяжелых металлов, на всех станциях оно составляет десятки мг/г, изменяется в пределах 14–30 мг/г. Для данного металла характерно уменьшение его концентраций с глубиной, причем в большинстве определений относительно равномерное.

Концентрации марганца были ниже, чем железа и колебались в пределах от 120 до 770 мкг/г сухой массы. Четкой тенденции изменения концентраций по глубине не выявлено. В большинстве случаев все же наблюдается уменьшение содержания марганца по разрезу. Повышенные уровни содержания марганца приурочены к поверхностному и подповерхностному слоям, что объясняется склонностью марганца в этих условиях образовывать плохо растворимые в воде оксиды. Характерно, что распределение железа и марганца по профилю донных отложений сходно, что подтверждается коэффициентом корреляции, составляющим 0,5. Вместе с тем, обнаружено, что органическое вещество также вступает в реакции с этими металлами, но степень их активности различна и эти металлы, близкие по своим геохимическим свойствам конкурируют, возможно замещая друг друга, и на разных станциях отбора проб их корреляционная зависимость от содержания $C_{орг}$ изменяется. При этом установлено, что в Азовском море большей реакционной способностью с органическим веществом обладает марганец (коэффициент корреляции марганца в Таганрогском заливе достигает 0,93, в то время как максимальные показатели для железа составляют 0,44).

Медь отличалась колебаниями содержания от 10 до 54 мкг/г, причем в поверхностных слоях донных отложений изменения были еще более незначительными (от 10 до 47 мкг/г). Очень сложным оказалось выявление закономерности ее распределения по колонке донных отложений, поскольку на различных станциях Cu вела себя по-разному – с глубиной её содержание как уменьшалось, так и возрастало, а на глубине 5–15 см происходило наиболее резкое изменение концентраций. Объяснением такому распределению может служить то, что активное включение биофильной меди в разновременные биологические круговороты с участием гидробионтов ряда экологических групп, биопродуктивность которых варьировала в зависимости от изменения экологических условий места обитания, что в конечном итоге сказывалось на объемах поступления металла в донные отложения при их деструкции. Наши исследования показали, что с органическим углеродом медь в наибольшей степени контактирует в мелководном высокопродуктивном Таганрогском заливе (коэффициент корреляции достигает 0,99).

Распределение концентраций других ТМ, также исследовавшихся по результатам экспедиционных исследований – хрома, цинка, кобальта, никеля при некоторых индивидуальных различиях характеризуются общей закономерностью снижения с глубиной.

Анализ распределения концентраций исследуемых ТМ по профилю донных отложений Азовского моря позволяет сделать вывод об их максимальном содержании в верхних горизонтах. Этот слой можно обозначить как антропогенный, принимая во внимание увеличивавшийся в течение 40–50 лет, т.е. за время образования этого слоя по данным радиологических исследований [2], поток ТМ в Азовское море. Выделение антропогенного слоя правильно еще и на основании того, что аналогичные изменения по профилю

донных отложений характерны и для других токсичных загрязняющих веществ, имеющих явно антропогенное происхождение. Например, авторами [1], отмечалось, что основная масса нефтяных компонентов сосредоточена в верхнем слое донных отложений мощностью 15–20 см. Кроме того, полученные данные сопоставимы с результатами проводившихся ранее исследований распределения концентраций валовой ртути по разрезу донных отложений [3].

Тем не менее, следует отметить, что, исходя из анализа распределения тяжелых металлов по разрезу донных осадков Азовского моря, границы антропогенного слоя непостоянны и изменяются в пределах 5–20 см, очевидно вследствие воздействия гидродинамического фактора, очень значимого в мелководном Азовском море. Для таких металлов, как Hg, Co, Cr, Pb, Mn характерно значительное уменьшение концентраций с глубиной, для некоторых из изученных металлов определенных закономерностей не выявлено, однако наибольшие изменения концентраций также отмечены в горизонте 10–20 см.

Работа выполнена при финансовой поддержке НИШ – 4717.2006.5 (Госконтракт № 02.515.11.50.49) и проекта РФФИ 06-05-64504, проекта 2007.5.1.5.16.03.022 и Гранта Президента РФ МК-903.2007.5.

1. *Доценко И.В., Федоров Ю.А.* Распределение $C_{орг}$ в донных отложениях Азовского моря и его роль в накоплении ТМ и других элементов (по данным корреляционного анализа) // Проблемы гидрометеорологии и геоэкологии. Сборник научных трудов. Ростов-на-Дону, 2007. С. 48–52.

2. *Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А., Лебединская И.А.* Нефтяные компоненты в воде и донных отложениях Азовского моря // Сборник трудов 4-й научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2007. С. 191–196.

3. *Федоров Ю.А., Кузнецов А.Н., Трофимов М.Е., Ленец Е.Н.* Оценка скорости осадконакопления в Азовском море по результатам изучения активности естественных и искусственных радионуклидов в донных отложениях // Сборник трудов 4-й научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы. Взгляд в будущее», Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2007. С. 354–359.

4. *Федоров Ю.А., Хансигарова Н.М., Березан О.А.* Об особенностях распределения и поведения ртути в донных отложениях нижнего течения р. Дон и Таганрогского залива / Известия высших учебных заведений. Естественные науки. 2001. № 3. С. 76–81.

Regularities of heavy metals' distribution in the sediment cores of the Sea of Azov are found out.

Н.К. Федорова, Е.В. Корнеева, О.Ю. Ясиновская
(ФГУНПП «Севморгео», г. Санкт-Петербург, e-mail: rybalko@sevmorgeo.com)

Изменение макрокомпонентного состава придонных вод как способ оценки геоэкологического состояния Невской губы

N.K. Fedorova, E.V. Korneeva, O.Yu. Yasinovskaja
(State Company «Sevmorgeo», St. Petersburg, e-mail: rybalko@sevmorgeo.com)

Changes macrocomponent structure of the near-bottom waters as method of an estimation of geoecological condition of the Neva bay

В практике экологических работ на морских бассейнах обычно используют концентрации микроэлементов, нефтеуглеводородов и других загрязняющих веществ. Изучение макрокомпонентного состава вод обычно не применяется из-за однородного натриево-хлоридного состава морских вод. Однако, в зонах интенсивного техногенного давления на акватории происходит трансформация химического состава вод, что позволяет получать дополнительную информацию о влиянии антропогенных процессов на экологическую ситуацию водоемов. Это можно проиллюстрировать на примере Невской губы Балтийского моря, где, начиная с 1999 года, проводится федеральный мониторинг геологической среды, выполняемый ФГУНПП «Севморгео».

В 2006 и 2007 годах здесь было зафиксировано резкое ухудшение геоэкологической ситуации по всем измеряемым параметрам. Причиной явились намывные гидротехнические работы, связанные со строительством пассажирского терминала на Васильевском острове, а также прокладка новых каналов к этому терминалу. Резко возросла мутность всего столба воды (прозрачность по диску Секки не превышала 20–30 см), существенно увеличилось количество мусора, во многих местах были зафиксированы пленки нефтепродуктов. Значения мутности в придонном слое воды (на глубинах 3–4 м) на отдельных станциях достигали 1000 ед. FTU. По данным дешифрирования космоснимков язык мутных вод вышел за пределы Невской губы и прослеживался до острова Сескар. В 2007 году на Красногорском рейде, к западу от Кронштадта, было зафиксировано увеличение нефтепродуктов, а также и некоторых тяжелых металлов в придонных водах.

Все эти визуальные изменения нашли свое отражение и в макрокомпонентном составе придонных вод Невской губы. Минерализация вод выросла с мая по октябрь 2006 года с 90 до 354 мг/л (рис. 1).

Одним из расчетных показателей, позволяющих оценивать изменения химического состава вод, является так называемый коэффициент техногенной метаморфизации придонных вод (F), который определяется по соотношению сильных кислот к слабым (формула Курлова):

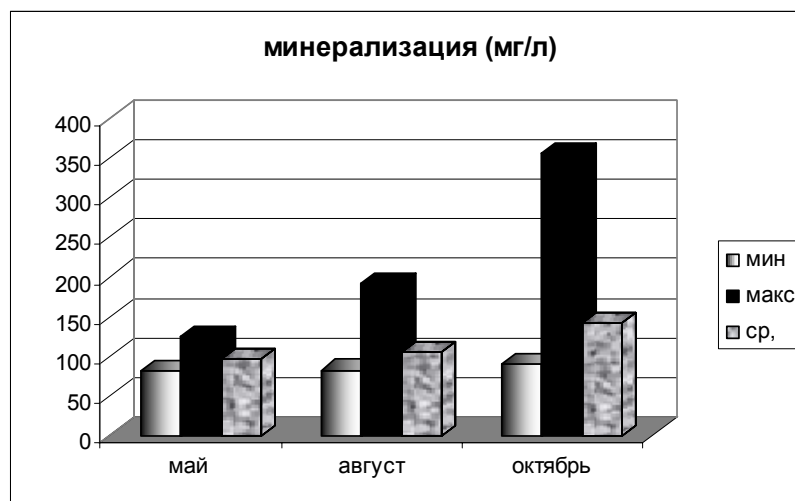


Рис. 1. Изменение статистических параметров минерализации придонных вод Невской губы по трем циклам мониторинга в 2006 году.

$$F = (SO_4 + Cl) / (CO_3 + HCO_3) \quad (1)$$

В 2006 году было выполнено три цикла мониторинга (весна, лето, осень). При сопоставлении полученных результатов видно, что первичный природный состав пресных вод Невской губы, где ведущую роль играл гидрокарбонат-ион, существенно изменился за счет увеличения роли сульфатов и хлоридов в анионном составе (рис. 2). Сравнение статистических характеристик макрокомпонентного состава по предыдущим годам (до 2006 года) показало, что в описываемый интервал времени в губе произошла существенная техногенная метаморфизация природных вод, которая нашла выражение в смене природного гидрокарбонатного натриево-кальциевого типа на сульфатно-хлоридный натриевый. Общее значение коэффициента F для всех проб возросло с мая по октябрь с 0,56 до 6,39. Еще более заметно эти изменения произошли на отдельных станциях, что показано на картосхемах изменения химического типа придонной воды. Наибольшие изменения характерны для станций в восточной части губы, в зоне непосредственной работы земснарядов. Однако, можно констатировать, что впервые за весь период наблюдений по программе мониторинга на всех станциях было зафиксировано существенное возрастание техногенного загрязнения в придонном слое воды.

Как показали предшествующие исследования, общий химический тип природных вод Невской губы отличался постоянством и техногенная метаморфизация вод отмечалась только в зонах очистных сооружений или в портовых гаванях. Сдвиг этого равновесия и площадной характер изменения

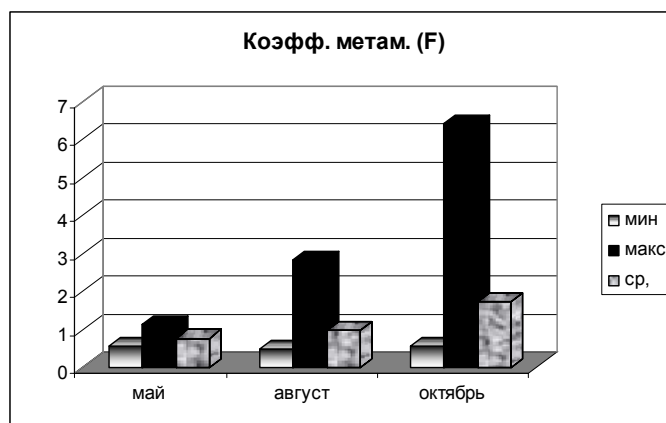


Рис. 2. Изменение коэффициента метаморфизации $F = (SO_4 + Cl) / (CO_3 + HCO_3)$ придонных вод Невской губы по трем циклам мониторинга в 2006 году.

типа воды может повлечь за собой серьезную перестройку всей экосистемы акватории.

Приведенный пример иллюстрирует возможности использования данных по макрокомпонентному составу вод для геоэкологических исследований морских бассейнов вблизи крупных городов или локальных источников загрязнения водных бассейнов.

On an example of the Neva Bay of the Gulf of Finland the possibility of use of the macrocomponental structure of near-bottom waters for an estimation of intensity of anthropogenous pollution are shown. With this purpose factor of technogenic metamorphization of nature waters using the relation of strong acids to weak acids was estimated: $F = (SO_4 + Cl) / (CO_3 + HCO_3)$. Is shown, that hydraulic engineering works in the Neva Bay in 2006–2007 have resulted in sharp increase of this factor, that reflects change of character of near-bottom waters with hydrocarbonate sodium-potassium type on sulphate-chloride sodium type. Same changes of the type of waters influence on all ecosystem of the Neva bay.

Г.С. Харин

(Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
г. Калининград, e-mail: ioran@atlas.baltnet.ru)

**Гетерогенность геологического строения Куршской косы
и ее геоэкологическое значение (Балтийское море)**

G.S. Kharin

(Atlantic Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Kaliningrad)

**The heterogenesis of the geological structure of the Curonian
Spit and its geological signification (Baltic Sea)**

Куршская коса (длина ее 98 км, ширина от 0,8 до 3,8 км) отделяет Куршскую лагуну от Балтийского моря. По сложившимся представлениям коса является современной (позднечетвертичной) «песчаной пересыпью», состоящей из морских и эоловых песков с дюнами высотой до 68 м. Однако, новые данные о геологическом строении косы, полученные при инженерно-геологических изысканиях [2], а также старые «забытые» геологические исследования немецких геологов [3, 4 и др.] дают основание утверждать, что коса является довольно сложным и разнородным геологическим образованием, отдельные компоненты которого по-разному реагируют на внешние воздействия.

Геологическая изученность косы в основном определяется количеством изученных разрезов буровых скважин, т.к. простое «исхаживание» поверхности косы не дает представления о ее геологическом строении. На косе пробурено около 100 скважин разной глубины – от первых метров до 2437 м. Недостатком большинства из них является: 1 – неравномерность распределения, 2 – отсутствие точной привязки, 3 – слабая литодологическая, стратиграфическая и возрастная изученность осадков. Только 37 скважин из 100 можно использовать для геологического картирования косы. Южная часть российского отрезка косы изучена наиболее детально. Здесь скважины бурились через 0,7–1,0 км вдоль осевой линии. От пос. Лесной до пос. Рыбачий интервал между скважинами равен 2–3 км, а севернее до пос. Морской имеется семикилометровый неизученный бурением участок косы. Литовский отрезок косы севернее г. Ниды изучен очень слабо. Здесь, на протяжении около 40 км, известны лишь разрезы 4 скважин, далеко отстоящих друг от друга. По данным имеющихся геологических колонок буровых скважин на Куршской косе выделяются следующие типы разрезов верхнечетвертичных отложений:

1 – торфяной, на 0–4 км отрезке косы от г. Зеленоградска, где преобладают залежи торфа, мощностью до 10 м, лежащие на ледниковых моренных отложениях (валунных суглинках) и замещающиеся севернее эоловым песком;

2 – торфо-песчаный (4–16 км косы), где среди песков и глин присутствуют прослои торфа, мощностью до 1,5 км. Валунные суглинки залегают

неглубоко (около 2–3 м ниже уровня моря, а местами приподняты до 3 м выше уровня моря). Этот тип разреза с небольшими вариациями повторяется на отрезке косы на 25–31 км;

3 – гравийно-песчаный (интервалы косы 16–25 км и 31–41 км), где в основании косы лежат пески и гравий, причем гравийные отложения местами преобладают в разрезе (скважина севернее биостанции). Среди песков отмечаются линзы и прослои торфа и ила мощностью до 1 м. Моренный фундамент опущен на глубину до 22 м;

4 – илисто-песчано-сапропелевый (41–53 км косы). Моренный фундамент опущен на глубину до 42–50 м, поэтому большинство мелких скважин его не вскрыли. Вскрытые нижняя и средняя части разреза сложены чаще всего сапропелем, илом и прослоями торфа.

В ряде скважин отмечается мощная песчаная толща, залегающая в верхней части разреза (район г. Ниды) или преобладающая в нижней его части (скважина у пос. Морской). В песке присутствуют пресноводные ракушки, остатки древесины, скопления гравия.

Севернее г. Ниды ни одна из 4-х скважин глубиной 18 м не достигла моренного фундамента. В составе осадков вскрытой части разреза здесь существенно преобладают илистые, ракушняковые пески. Присутствуют прослои торфа, мощностью до 1 м, галечников, илов. Если судить по этим данным, то северную (литовскую) часть Куршской косы по типам разрезов надо относить к песчаному типу.

Куршская коса является не простой «песчаной пересыпью», а разнородным по составу и происхождению геологическим образованием. В структуре косы присутствуют остатки ледниковых морен, которые при литориновой трансгрессии сохранялись в виде островов. Вокруг островов аккумуляровались песчаные и гравийные осадки. Отдельные проливы и промоины между островами заполнялись растительными остатками («камышевыми плотами»), из которых при уплотнении возникли торфяные и сапропелевые залежи. В средней части косы (пос. Морской – г. Нида) существовал крупный пролив, заполнившийся русловыми и дельтовыми отложениями р. Пра-Неман. В прикорневой части существовал Зеленоградский пролив, заполнившийся торфом.

Геоэкологическое значение геологической неоднородности Куршской косы состоит в том, что на ее эфемерность и неустойчивость как «песчаной пересыпи» [1] накладывается еще большая неустойчивость торфяных и сапропелевых залежей. Для того, чтобы сохранить этот Мировой Природный памятник, входящий в список ЮНЕСКО, человек должен очень детально его изучить и понять, что слишком поспешно разворачивающаяся сейчас урбанизация косы может привести к очень быстрой ее потере, а любое строительство, в том числе и берегозащитных сооружений должно проводиться с учетом геологических особенностей косы.

1. *Болдырев В.Л.* Куршская коса: состояние береговой зоны и некоторые вопросы берегозащиты // Проблемы изучения и охраны природы Куршской косы. Калининград: ГП «КГТ», 1998. С. 87–99.
2. *Харин Г.С., Харин С.Г.* Геологическое строение и состав Куршской косы (Балтийское море) // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 4. С. 354–361.
3. *Andree K.* Bau und Entstehung der Kurischen Nehrung // In Europas Sanwüste. Die Kurische Nehrung. Königsberg, 1932. S. 1–44.
4. *Berendt G.* Geologie des Kurische Haffs und seiner Umgebung. Königsberg, 1869.
5. *Hans Hess von Wichdorff.* Geologie der Kurischen Nehrung // Abh. Dreuss geol. Landesanst. Berlin, 1919a, 1965.

The detailed works with use the drilling made it possible to ascertain the compound composite of Curonian Spit which in contrast to former idea (“sand barrier beach”) is the heterogenetic geological body. Four main types of geological sections characterizing different parts of Curonian Spit were selected.

**М.А. Холмянский^{1,2}, И.М. Ефрекин³, Г.И. Иванов⁴,
Е.М. Снопва¹**

(¹Центр Инновационных технологий; ²ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург;
³ООО ГАЗФЛОТ, Москва; ⁴ФГУНПП «Севморгео», Санкт-Петербург,
e-mail-gennady@sevmorgeo.com)

Экогеологическая карта Баренцева и Карского морей

**М.А. Kholmyansky^{1,2}, I.M. Efremkin³, G.I. Ivanov⁴,
E.M. Snopova¹**

(¹Center of innovation technologies; ²VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg;
³GAZFLOT, Moscow; ⁴State Company "SEVMORGEO", St. Petersburg)

Ecogeological map of Barents and Kara seas

Наступающий этап интенсивного хозяйственного освоения акватории Баренцева и Карского морей связан с его нефтегазовым потенциалом и все более активным использованием Северного Морского Пути.

В системе хозяйственного освоения как морских, так и континентальных акваторий, важная роль принадлежит экогеологической составляющей, связанной как с возможными нарушениями окружающей природной среды и мерами по их минимизации, так и с созданием прогноза возможных отрицательных воздействий среды на те или иные сооружения. В последнее время вопросами, входящими в эту проблему, занимается круг отечественных и зарубежных специалистов.

В опубликованных и фондовых работах большое внимание уделяется экогеологическим процессам экзогенного характера и почти отсутствует интерес к процессам эндогенным. Постараемся исправить этот пробел.

Существующие на сегодняшний день карты, составленные на акваторию Баренцева и Карского морей, включают такие экзогенные характеристики, как ассимиляционная емкость донных осадков, перенос и накопление на акватории загрязняющих элементов, поступающих от предприятий, расположенных в пределах береговой зоны и инженерно-геологические явления природного и техногенного происхождения. Используя ряд экзогенных факторов, нашедших отражение на этих картах, мы основной упор сделали на изучение эндогенных элементов. В числе использованных нами экзогенных характеристик: геодинамические – рассматриваются сейсмологические опасности разного уровня; литодинамические – абразионные процессы, взмучивание донных отложений; гравитационные процессы – оползни, обвалы, осыпи. Важнейшим элементом экогеологических оценок является содержание различных групп загрязнителей.

В список эндогенных опасностей, вынесенных нами на карту, вошли:

- области накопления тяжелых металлов эндогенного происхождения;
- зоны повышенной активности коррозионных процессов;
- зоны повышенной сейсмологической активности;
- области активного взмучивания при сейсмологических воздействиях;

– зоны отрицательного воздействия на биогенные сообщества;

Дана также общая оценка изменения механического состояния пород перекрывающих нефтяные и газовые месторождения на этапе их добычи.

Представленная в данной работе экогеологическая карта акватории Баренцева и Карского морей является первой попыткой совместить экзогенные и эндогенные опасности. Основное внимание мы уделяем вторым.

The coming stage of intensive economic development of water area Barents and Kara seas is connected with it oil and gas potential and more and more active use of Northern Sea Way.

In system of economic development both sea, and continental water areas, the important role belongs by a component connected as to possible infringements of environmental natural environment and measures on their minimization, and with creation of the forecast of possible negative influences of environment on different structures. Recently in questions which are included in this problem, the circle of the domestic and foreign experts is engaged. In the published works the large attention is given ecogeological processes exogenic of character and almost there is no interest Endogenic processes. Let's try to correct this blank.

The maps, existing for today made on water area Barents and Kara seas, include such exogenic characteristic, as assimilation capacity of ground deposits, carry and accumulation on water area of polluting elements acting from the enterprises, located within the limits of a coastal zone and engineering-geological phenomena natural and technogenic origin. Having used a number exogenic factors, tacked place reflection on these maps, we have made the basic emphasis on study endogenic elements. Among used by us exogenic characteristics: geodynamic – the seismological dangers of a different level are considered; lithodynamic – abrasion processes, roiling of ground adjournment; processes – landslips, landslides, hillsides.

Major element ecogeological estimations is the contents of various groups contaminants. In the list of endogenic dangers mark on the map by us have come:

- Area of accumulation of heavy metals endogenic origin;
- Zone of the raised activity of corrosion processes;
- Zone of the raised seismological activity;
- Area active roiling at seismological influences;
- Zone of negative influence on biogenic community.

The general estimation of change of a mechanical condition of breeds overlapping petroleum and gas deposits at a stage of their production is given also.

Submitted in the given work ecogeological map of water area of Barents and Kara seas is the first attempt to combine exogenic and endogenic dangers. The basic attention we give by second.

**М.А. Холмянский^{1,2}, В.Н. Соболев², Г.И. Иванов³,
М.В. Владимиров⁴, Е.М. Снопova¹**

(¹Центр Инновационных технологий; ²ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург;

³ФГУНПП «Севморгео», Санкт-Петербург, e-mail-gennady@sevmorgeo.com;

⁴МЧС России, Москва)

**Информационно-измерительная система для исследования
подводных потенциально опасных объектов шельфа**

М.А. Kholmyansky^{1,2}, V.N., Sobolev², G.I. Ivanov³,

M.V. Vladimirov⁴, E.M. Snopova¹

(¹Center of innovation technologies; ²VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg;

³State Company "SEVMORGEO", St. Petersburg e-mail-gennady@sevmorgeo.com);

⁴EMERCOM OF RUSSIA, Moscow)

**Information-measuring system for research of underwater
potentially dangerous objects of a shelf**

Авторами разработана специализированная информационно-измерительная система для комплексных экологических работ на шельфе. Система построена по модульному принципу и включает центральный управляющий модуль, измерительные, информационные, обрабатывающие и интерпретационные модули.

Основанная на современных схемных решениях, система позволяет проводить в качестве основных электрохимические, электрометрические, магнитометрические, гидроакустические и радиометрические измерения. В нее также входит фототелевизионный модуль. Измерения проводятся в движении судна со скоростью до 8 узлов, в дрейфе и на якорных стоянках. Режимы непрерывных измерений: зондирование и профилирование.

Измерения содержания тяжелых металлов и других загрязнителей выполняются in-situ, что уменьшает объем лабораторных наблюдений и сокращает общую стоимость работ. Система позволяет найти, уточнить природу и морфологию подводных потенциально опасных объектов и оценить их негативное влияние на окружающую природную среду. Обработка и интерпретация данных проводится в реальном времени.

Результирующие материалы (разрезы, карты) строятся в системе ГИС. Разработанное программное обеспечение позволяет в результате работ дать прогноз развития экологической ситуации и сформулировать управляющие решения разного уровня.

The authors develop the specialized information-measuring system for complex ecological works on a shelf. The system is constructed by a modular principle and includes the central managing module, measuring, information, processing and interpretation modules.

Based on the modern circuit decisions, the system allows to carry out as basic electrochemical, electrometric, magnithometric, hydroacoustic and radiometric measurements. Also enters into it the photo-television module. The measurements will be carried out in movement of a vessel with speed up to 8 units, in drift and on anchor parking. Regimes of continuous measurements: sounding and profiling.

The measurements of the contents of heavy metals and others contaminations are carried out in-situ, that reduces volume of laboratory supervision and reduces a total cost of works. The system allows to find, to study a nature and morphology of underwater potentially dangerous objects and to estimate their negative influence on environmental natural environment. The processing and interpretation of the data will be carried out in real time.

The resulting materials (sections, maps) are under construction in system GIS.

The developed software allows as a result of works to give forecast of development of an ecological situation and to formulate the managing decisions of a different level.

Алфавитный указатель

Абрамов В.А.	124	Булычева Е.В.	284
Авилов В.И.	184	Бурков Д.В.	203, 206
Авилова С.Д.	184	Бутузова Г.Ю.	56
Айбулатов Н.А.	187, 190, 193	Былинская М.Е.	10
Аксентов К.И.	196, 237	Вахаев В.Г.	206
Александров П.А.	68	Веникова А.Л.	209
Алексеева Т.Н.	83, 163	Вернигорова Ю.В.	10
Андреев С.И.	85	Вишневский А.Н.	214
Аникиев В.В.	199	Владимиров М.В.	211
Аникеева Л.И.	88	Воронин Б.И.	181
Анкушева Н.Н.	50	Габлина И.Ф.	53, 107
Анохин В.М.	225	Галкин С.В.	24
Арсентьева Е.А.	77	Гарькуша Д.Н.	290
Артемьев Д.А.	4	Гвоздева Д.А.	214
Астахов А.С.	158	Головина Л.А.	10
Астахова Н.В.	91, 94	Гордеев В.В.	268
Аюпова Н.Р.	96	Григорьев А.Г.	211
Базилевская Е.С.	98	Григорьева Ж.В.	137
Баранов Б.В.	21	Григорьева Т.Н.	21
Батурин Г.Н.	101, 105	Гричук Д.В.	13
Бельтенов В.Е.	7, 41	Губайдуллин М.Г.	206
Беляев Н.А.	65	Губенков В.В.	15
Беляцкий Б.В.	35	Гуков А.Ю.	214
Берестовая Е.В.	231	Дара О.М.	18, 83
Блинов Ю.Г.	276	Дарьин А.В.	144
Богданов Ю.А.	38	Даувальтер В.А.	216
Бодряков Т.В.	201	Демина Л.Л.	24
Борисенко Г.С.	274	Деркачев А.Н.	21
Бородаев Ю.С.	53	Дорохов Д.В.	284
Булдаков С.В.	178	Доценко И.В.	293

Дубинчук В.Т.	105	Коробов С.В.	240
Дятлов С.Е.	260, 263	Коровицкая Е.В.	124
Евзеров В.Я.	110	Кошелева В.А.	178
Егоров И.В.	27	Кошель Д.Я.	121, 155
Ельянова Е.А.	113	Кравцов В.А.	219, 243
Емельянов Е.М.	134, 219	Кругляков В.В.	131
Ерошенко Д.В.	115	Круглякова Р.П.	131
Ескин А.Е.	118	Крымский Р.Ш.	35
Ефремин И.М.	177, 302, 304	Кудрявцев Н.Г.	243
Жамойда В.А.	211, 284	Кузнецов А.Н.	245
Жеребцов И.Е.	38, 41	Кузнецов В.Ю.	38, 41
Жуков И.Г.	47	Кузьмина Т.Г.	18
Завьялов П.О.	193	Курилов П.И.	131, 248
Зайков В.В.	30, 32, 50	Лазарева Л.И.	35, 41
Зорина Ю.Г.	113	Лаптев Ю.В.	44
Иванов В.Н.	7	Лебедев А.А.	251
Иванов Г.И.	177, 302, 304	Левченко С.Б.	38
Ивановская В.П.	121, 155	Леин А.Ю.	24, 38, 41
Ивлиева О.В.	222	Ленец Е.Н.	245
Игнатов В.В.	7	Лешёв А.В.	251
Казакова В.Е.	88	Лобковский Л.И.	127
Какаранза С.Д.	266	Лукша В.Л.	134
Калугин И.А.	144	Лучшева Л.Н.	254
Калягин А.Н.	124	Лыгина Т.И.	137
Каминский Д.В.	80	Люшвин П.В.	257
Каныгин А.В.	47	Маковецкая Е.М.	260
Каракин А.В.	127	Маковецкая И.М.	260, 263, 266
Карамата С.	56	Максимов Ф.Е.	38, 41
Карлова А.В.	214	Масленников В.В.	32, 47, 77
Карп Б.Я.	21	Масленникова С.П.	47
Кириевская Д.В.	225	Мауричева Т.С.	268
Киселев Г.П.	268	Мелекесцева И.Ю.	50
Киселева И.М.	228	Мельник В.Ф.	138, 248
Климов А.И.	282	Мельник Р.Г.	138
Клюшина А.В.	231	Мельников М.Е.	141, 144
Козлов А.П.	234	Мишуков В.Ф.	271
Колесник А.Н.	237	Мозгова Н.Н.	53
Колесник О.Н.	237	Мойсейченко Г.В.	274, 276
Коновалов Ю.И.	254	Мороз Т.Н.	21
Коновалова Т.Г.	219	Наркевский Е.В.	80
Корнеева Е.В.	296	Наседкин Е.И.	231

Неверова Н.В.	251	Сучков И.А.	165
Немировская И.А.	276	Тарасов Г.А.	219
Никонов К.А.	282	Третьяков Г.А.	47, 50, 144
Никулин В.В.	260	Тюленева Н.В.	165
Обжиров А.И.	124, 209, 254	Успенская Т.Ю.	53
Овсеян А.Э.	293	Федоров Ю.А.	245, 290, 293
Озерова Н.А.	56	Федорова Н.К.	279, 282, 296
Пальчик Н.А.	21	Фидаев Д.Т.	168
Папеско Т.М.	147	Фукалов П.Д.	219
Пелевин В.В.	193	Харин Г.С.	171, 299
Пересыпкин В.И.	59, 62, 65	Херрингтон Р.	47
Перцев А.Н.	7	Хисамутдинова А.И.	174
Петухов С.И.	68	Холмянский М.А.	177, 302, 304
Печерский Д.М.	150	Цихоцкая Н.Н.	231
Пиковский Ю.И.	56	Чепижко А.В.	165
Пилипчук М.Ф.	153	Черкашев Г.А.	7, 35, 41, 53, 178
Покровский О.С.	74	Честнова М.О.	284
Полосина Ю.Е.	219	Чибисова Н.В.	243
Пронин А.А.	184	Чугаевич В.Я.	243
Рашидов В.А.	88	Шахвердов В.А.	201
Римский-Корсаков Н.А.	184	Шевченко В.П.	268
Рождественская И.И.	7	Шендеров В.Н.	153
Розов К.Б.	44	Шилов В.В.	7, 41
Романчук А.И.	121	Широносова Г.П.	44
Рыбалко А.Е.	279, 282	Шульга Н.А.	65
Савенко А.В.	71, 74	Юркова Р.М.	181
Саранцев Е.С.	83, 163	Яновская О.С.	209
Саттарова В.В.	158	Ясиновская О.Ю.	296
Сафина Н.П.	160		
Свальнов В.Н.	163		
Семкова Т.А.	88		
Сивков В.В.	284		
Симонов В.А.	50, 77		
Скибинский Л.Э.	287		
Снопова Е.М.	302, 304		
Соболев В.Н.	304		
Степанова Т.В.	35, 41, 53		
Струков В.Н.	38		
Судариков С.М.	80		
Суховеев Е.Н.	21		

СОДЕРЖАНИЕ

Гидротермы и руды на дне океанов и морей

<i>Д.А. Артемьев</i> Условия образования карбонатных жил и офи- кальцитов в ультрамафитах колчеданосных полей в зоне Глав- ного Уральского разлома	4
<i>В.Е. Бельтнев, В.Н. Иванов, И.И. Рождественская, В.В. Шилов, Т.В. Степанова, Г.А. Черкашён, А.Н. Перцев, В.В. Игнатов</i> Новые гидротермальные рудопоявления в районе 13°31' с.ш., Срединно- Атлантический хребет	7
<i>Л.А. Головина, М.Е. Былинская, Ю.В. Вернигорова</i> Опыт датиро- вания проявлений гидротермальной активности в зоне рифтоге- неза Центральной Атлантики	10
<i>Д.В. Гричук</i> Геохимические особенности гидротермальных сис- тем в островных дугах: прогноз по данным термодинамического моделирования	13
<i>В.В. Губенков</i> О гидротермальном источнике рудного материала конкреций зоны Кларион-Клиппертон	15
<i>О.М. Дара, А.Ю. Леин, Т.Г. Кузьмина</i> Минеральные ассоциации глубоководных гидротермальных полей Северной Атлантики	18
<i>А.Н. Деркачев, Б.В. Баранов, Б.Я. Карп, Е.Н. Суховеев, Т.Н. Гри- горьева, Н.А. Пальчик, Т.Н. Мороз</i> Структура и гидротермальные проявления трога Кашеварова (центральная часть Охотского моря)	21
<i>Л.Л. Демина, С.В. Галкин, А.Ю. Леин</i> Бионакопление микроэlemen- тов бентосным сообществом гидротермального поля 9°50' с.ш. ВТП	24
<i>И.В. Егоров</i> О некоторых аспектах геоморфологического карто- графирования САХ при поисках глубоководных полиметалличе- ских сульфидов	27
<i>В.В. Зайков</i> Рудоносные гидротермальные системы в офиолитах палеоокеанов	30
<i>В.В. Зайков, В.В. Масленников</i> Сравнительный анализ гидротер- мальных сооружений современных и древних океанов	32
<i>Р.Ш. Крымский, Б.В. Беязцкий, Т.В. Степанова, Г.А. Черкашев, Л.И. Лазарева</i> Особенности изотопного состава осмия сульфид- ных руд гидротермального поля «Ашадзе» (13° с.ш. САХ)	35

<i>В.Ю. Кузнецов, А.Ю. Леин, Ю.А. Богданов, В.Н. Струков, Ф.Е. Максимов, И.Е. Жеребцов, С.Б. Левченко</i> $^{210}\text{Pb}/\text{Pb}$ -датирование гидротермальных сульфидных формаций: проблемы и перспективы	38
<i>В.Ю. Кузнецов, Г.А. Черкашёв, В.Е. Бельтенов, Л.И. Лазарева, А.Ю. Леин, Ф.Е. Максимов, В.В. Шилов, Т.В. Степанова, И.Е. Жеребцов, С.Б. Левченко</i> Геохронология сульфидных руд Срединно-Атлантического хребта по результатам радиоизотопного ($^{230}\text{Th}/\text{U}$ -, ^{230}Th -) датирования гидротермально-осадочных формаций	41
<i>Ю.В. Лаптев, К.Б. Розов, Г.П. Широносова</i> Экспериментальное и термодинамическое моделирование процессов концентрирования золота при образовании сульфидов в океанических гидротермах	44
<i>В.В. Масленников, В.А. Симонов, И.Г. Жуков, Г.А. Третьяков, Р. Херрингтон, С.П. Масленникова, А.В. Каньгин</i> Первые находки сульфидных труб палеозойских «черных курильщиков» в Центральной Азии	47
<i>И.Ю. Мелекесцева, Н.Н. Анкушева, Г.А. Третьяков, В.В. Зайков, В.А. Симонов</i> Колчеданные руды окраинно-морских структур: данные месторождений Палеоазиатского и Тихого океанов	50
<i>Н.Н. Мозгова, Ю.С. Бородаев, И.Ф. Габлина, Т.В. Степанова, Г.А. Черкашев, Т.Ю. Успенская</i> Минеральные парагенезисы в медно-колчеданных рудах гидротермального поля Краснов ($16^{\circ}38'$ с.ш. Срединно-Атлантический хребет)	53
<i>Н.А. Озерова, Ю.И. Пиковский, Г.Ю. Бутузова, С. Карамата</i> Ртутоносность рудных и углеводородных образований в сопряженных зонах глубоководных разломов океан-континент	56
<i>В.И. Пересыпкин</i> Молекулярный состав алкано-нафтенных углеводородов в гидротермальных отложениях Восточно-Тихоокеанского поднятия	59
<i>В.И. Пересыпкин</i> Парафиновые углеводороды в гидротермальных отложениях впадины Гуаймас (Калифорнийский залив)	62
<i>В.И. Пересыпкин, Н.А. Беляев, Н.А. Шульга</i> Содержание и молекулярный состав алкано-нафтенных углеводородов в гидротермальных отложениях САХ (Брокен Спур и Лост Сити)	65
<i>С.И. Петухов, П.А. Александров</i> Деформационная модель рудных объектов ГПС, основанная на блоковом строении вмещающего их района	68
<i>А.В. Савенко</i> Оценка роли подводного вулканизма в геохимическом балансе марганца и фосфора в океане	71

<i>А.В. Савенко, О.С. Покровский</i> Соосаждение элементов-гидролизатов с гидроксидом железа (III) в подводных гидротермальных плюмах	74
<i>В.А. Симонов, Е.А. Арсентьева, В.В. Масленников</i> Роль фазовой сепарации в гидротермальных системах древних «черных курильщиков»	77
<i>С.М. Сударинов, Д.В. Каминский, Е.В. Наркевский</i> О структуре гидротермальных плюмов в придонных водах района 12°58' с.ш. САХ	80

Симпозиум им. П.Л. Безрукова
"Полезные ископаемые и минералогия океанов и морей"

<i>Т.Н.Алексеева, О.М.Дара, Е.С.Саранцев</i> Глинистые минералы Бразильской котловины	84
<i>С.И. Андреев</i> Минеральные ресурсы Мирового океана: перспективы изучения и освоения	85
<i>Л.И. Аникеева, В.Е. Казакова, Т.А. Семкова, В.А. Рашидов</i> Железомарганцевые корки Западно-Тихоокеанской переходной зоны	88
<i>Н.В. Астахова</i> Особенности выделения благородных и цветных металлов в железомарганцевых корках центральной части Охотского моря	91
<i>Н.В. Астахова</i> Особенности выделения цветных металлов в железомарганцевых корках Японского моря	94
<i>Н.Р. Аюпова</i> Оксидно-железистые отложения колчеданосных зон Уральского палеоокеана	96
<i>Е.С. Базилевская</i> Геоисторические аспекты океанского Fe-Mn рудообразования	98
<i>Г.Н. Батулин</i> Роль вулканизма в глобальных циклах углерода и фосфора	101
<i>Г.Н. Батулин, В.Т. Дубинчук</i> Редкие элементы в железомарганцевых корках подводных гор	105
<i>И.Ф. Габлина</i> Месторождения меди в древних морских бассейнах	107
<i>В.Я. Евзеров</i> Эволюция Беломорского бассейна в четвертичный период и формирование прибрежно-морских россыпей	110
<i>Е.А. Ельянова, Ю.Г. Зорина</i> Значение некоторых современных сульфидных залежей для оценки металлогенического потенциала Западно-Тихоокеанской переходной зоны	113
<i>Д.В. Ерошенко</i> Измененная вулканокластическая отложения Центральной Атлантики	115

<i>А.Е. Ескин</i> Три типа океанических габброидов	118
<i>В.П. Ивановская, А.И. Романчук, Д.Я. Кошель</i> Технологические исследования глубоководных полиметаллических сульфидов Мирового океана	121
<i>А.Н. Калягин, А.И. Обжиров, В.А. Абрамов, Е.В. Коровицкая</i> Региональный прогноз нефтегазоносных провинций и районов с трансструктурных позиций	124
<i>А.В. Каракин, Л.И. Лобковский</i> Механизм всплывания железомарганцевых конкреций	127
<i>Р.П. Круглякова, П.И. Курилов, В.В. Кругляков</i> Подвижные формы рудных элементов в осадках рудной провинции Кларион-Клиппертон в Тихом океане	131
<i>В.Л. Лукша, Е.М. Емельянов</i> Комплексы глинистых минералов в разрезах голоценовых осадков Балтийского моря	134
<i>Т.И. Лыгина, Ж.В. Григорьева</i> Погребенные железомарганцевые конкреции одного из участков месторождения провинции Кларион-Клиппертон	137
<i>В.Ф. Мельник, Р.Г. Мельник</i> Фауна железомарганцевых конкреций Тихого океана	138
<i>М.Е. Мельников</i> Распределения церия в скоплениях железомарганцевых корок Магеллановых гор различного ранга	141
<i>М.Е. Мельников, А.В. Дарьин, Г.А. Третьяков, И.А. Калугин</i> Распределение редких и рассеянных элементов в слоистых железомарганцевых корках Магеллановых гор по данным сканирующего рентгенофлуоресцентного анализа	144
<i>Т.М. Папеско</i> Уникальная коллекция морских осадков, собранная экспедицией «Челленджера» (1872-1876 гг.), в Государственном геологическом музее им. В.И.Вернадского РАН	147
<i>Д.М. Печерский</i> Магнитные и парамагнитные минералы в осадках на границе Mz/Cz	150
<i>М.Ф. Филичук, В.Н. Шендеров</i> Гидрохимические исследования в рудной зоне Кларион–Клиппертон Тихого океана	153
<i>А.И. Романчук, Д.Я. Кошель, В.П. Ивановская</i> Комбинированная технология извлечения полезных компонентов из глубоководных марганцевых руд	155
<i>В.В. Саттарова, А.С. Астахов</i> Особенности распределения рудных элементов в осадках впадины Дерюгина (Охотское море)	158
<i>Н.П. Сафина, В.В. Масленников</i> Сопоставление минерального состава продуктов разрушения современных и палеозойских колчеданных руд	160

<i>В.Н. Свальнов, Е.С. Саранцев, Т.Н. Алексеева</i> Минеральный состав плейстоцен-голоценовых осадков Канарской и Бразильской котловин	163
<i>Н.В. Тюленева, А.В. Чепижко, И.А. Сучков</i> Сравнительная геохимическая характеристика современных отложений ландшафтных районов Днепровского желоба и внешнего уступа прибрежной части северо-западного шельфа Черного моря	165
<i>Д.Т. Фидаев</i> Некоторые новые данные исследований железомарганцевых конкреций Финского залива	168
<i>Г.С. Харин</i> Фосфориты в мезозойских и кайнозойских отложениях Юго-Восточной Балтики	171
<i>А.И. Хисамутдинова</i> Характеристика обломочной компоненты эоценовых песчаников Западной Камчатки (снатольская свита) и её изменения по латерали	174
<i>М.А. Холмянский, Г.И. Иванов, И.М. Ефремкин</i> Естественные электрические поля шельфа - фактор рудообразования и техноседиментогенеза	177
<i>Г.А. Черкашён, В.А. Кошелева, С.В. Булдаков</i> Ориентировочная оценка запасов циркона, граната, титанистых и чёрных рудных минералов в голоценовых осадках арктических морей России	178
<i>Р.М. Юркова, Б.И. Воронин</i> Минералогия амфиболитов подводного хребта Ширшова в Беринговом море	181

Геоэкология, загрязнение Мирового океана, новые методы четырехмерного мониторинга

<i>В.И. Авилов, С.Д. Авилова, Н.А. Римский-Корсаков, А.А. Пронин</i> Геоэкологические исследования в Балтийском море	186
<i>Н.А. Айбулатов</i> О соотношении природного и антропогенного факторов в современной эволюции шельфовых зон Мирового океана	188
<i>Н.А. Айбулатов</i> Социальная океанология – наука XXI века	190
<i>Н.А. Айбулатов, П.О. Завьялов, В.В. Пелевин</i> Некоторые особенности гидрофизического самоочищения российской прибрежной зоны Черного моря близ устьев рек	193
<i>К.И. Аксентов</i> Ртуть в донных осадках Амурского залива Японского моря	196
<i>В.В. Аникиев</i> Анализ и управление экологическим риском от затопленного химического оружия в Балтийском и Северном морях	199

<i>Т.В. Бодряков, В.А. Шахвердов</i> Геохимические особенности береговых зон в районах портовых комплексов г. Приморск и Высоцк (восточная часть Финского залива)	201
<i>Д.В. Бурков</i> Геологическое строение дна в районе морских сооружений Варандейского терминала	203
<i>Д.В. Бурков, В.Г. Вахаев, М.Г. Губайдуллин</i> Инженерно-геологические условия в районе морских сооружений Варандейского нефтяного терминала	206
<i>А.Л. Веникова, А.И. Обжиров, О.С. Яновская</i> Газогидраты и грязевые вулканы в Охотоморском регионе	209
<i>А.Г. Григорьев, В.А. Жамойда, М.В. Владимиров</i> Применение буксируемого по дну акватории гамма-спектрометра в геологических и геоэкологических целях	211
<i>А.Ю. Гуков, А.Н. Вишневский, Д.А. Гвоздева, П.Д. Фукалов, А.В. Карлова</i> Биогеохимические особенности прибрежных акваторий моря Лаптевых	214
<i>В.А. Даувальтер</i> Загрязнение озера Умбозеро (водосбор Белого моря) халькофильными элементами (Hg, Cd, Pb, As)	216
<i>Е.М. Емельянов, В.А. Кравцов, Г.А. Тарасов, Ю.Е. Полосина, Т.Г. Коновалова</i> Геоэкологическая обстановка в реликтовом озере Могильном (о. Кильдин, Баренцево море)	219
<i>О.В. Ивлиева</i> Биологическая трансформация осадочного вещества моллюсками	222
<i>Д.В. Кириевская, В.М. Анохин</i> Геоэкологическая обстановка дна Чукотского моря по данным исследований ВНИИОкеангеология 2006 г.	225
<i>И.М. Киселева</i> Природная радиоактивность в донных отложениях Белого моря	228
<i>А.В. Ключина, Е.И. Наседкин, Н.Н. Цихоцкая, Е.В. Берестовая</i> Сезонные изменения минерального состава осадкообразующего вещества современных отложений Черного моря	231
<i>А.П. Козлов</i> Проблемы загрязнения рек и прибрежных акваторий при разработке месторождений платины Ю. Корякии	234
<i>О.Н. Колесник, А.Н. Колесник, К.И. Аксентов</i> Геоэкологический мониторинг содержания ртути в компонентах морских и прибрежных экосистем Южного Приморья (на примере о. Попова)	237
<i>С.В. Коробов</i> Оценка воздействия добычи нефти на криолитозону в прибрежной зоне арктических морей	240
<i>В.А. Кравцов, Н.В. Чибисова, В.Я. Чугаевич, Н.Г. Кудрявцев</i> Гидрохимическая ситуация вдоль побережья Самбийского полуострова (Балтийское море) летом-осенью 2006 г.	243

<i>А.Н. Кузнецов, Ю.А. Федоров, Е.Н. Ленец</i> Распределение нефтяных компонентов в колонках донных отложений Азовского моря	245
<i>П.И. Курилов, В.Ф. Мельник</i> Содержание тяжелых металлов в тканях глубоководной фауны конкреций Тихого океана	248
<i>А.А. Лебедев, А.В. Леуцёв, Н.В. Неверова</i> Сезонная изменчивость общего содержания нефтяных углеводородов в дельте реки Северная Двина по результатам работ 2006-2007 годов	251
<i>Л.Н. Лучишева, А.И. Обжиров, Ю.И. Коновалов</i> Проблемы геоэкологии ртути и метана в морских районах, расположенных над угольными месторождениями	254
<i>П.В. Люшвин</i> Лимитирование воспроизводства рыбных популяций сейсмической активностью в местах разгрузки углеводородных флюидов	257
<i>И.М. Маковецкая, В.В. Никулин, Е.М.Маковецкая, С.Е.Дятлов</i> Мониторинговые эколого-геологические исследования содержания тяжелых металлов в воде и донных осадках Килийской дельты и взморья р. Дунай	260
<i>И.М. Маковецкая, В.В. Никулин, С.Е.Дятлов</i> Тенденция накопления нефтеуглеводородов в отложениях прибрежной зоны г. Одессы	263
<i>И.М.Маковецкая, С.Д. Какаранза</i> Седиментационные обстановки северной части северо-западного шельфа Черного моря	266
<i>Т.С. Мауричева, Г.П. Киселев, В.П. Шевченко, В.В. Гордеев</i> Загрязнение Двинского залива Белого моря при работе угольной ТЭЦ	268
<i>В.Ф. Мишуков</i> Фотохимическое окисление нефтяного загрязнения	271
<i>Г.В. Мойсейченко, Г.С. Борисенко</i> Радионуклиды в донных осадках северо-восточного шельфа о. Сахалин	274
<i>И.А. Немировская, Г.В. Моисейченко, Ю.Г. Блинов</i> Углеводороды донных осадков сахалинского шельфа	276
<i>А.Е. Рыбалко, Н.К. Федорова</i> Зона окисления в донных осадках и ее значение при геоэкологических исследованиях	279
<i>А.Е. Рыбалко, Н.К. Федорова, К.А. Никонов, А.И. Климов</i> Современное состояние и эволюция береговой зоны острова Ягры (дельта Северной Двины) в связи с проблемой берегоукрепления	282
<i>В.В. Сивков, Е.В. Булычева, Д.В. Дорохов, В.А. Жамойда, М.О. Честнова</i> Опыт геоэкологического мониторинга российского сектора юго-восточной Балтики (2003-2007 гг.)	284
<i>Л.Э. Скибинский</i> Геоэкологический мониторинг прибрежной зоны Печорского моря в районе порта Варандей	287
<i>Ю.А. Федоров, Д.Н. Гарькуша</i> Приливно-отливные явления как один из факторов, оказывающих влияние на распределение концентрации метана (на примере р. Северная Двина)	290

<i>Ю.А. Федоров, И.В. Доценко, А.Э. Овсеян</i> Распределения тяжелых металлов (ТМ) по разрезу донных отложений Азовского моря . . .	293
<i>Н.К. Федорова, Е.В. Корнеева, О.Ю. Ясиновская</i> Изменение макрокомпонентного состава придонных вод, как способ оценки геоэкологического состояния Невской губы	296
<i>Г.С. Харин</i> Гетерогенность геологического строения Куршской косы и ее геоэкологическое значение (Балтийское море)	299
<i>М.А. Холмянский, И.М. Ефремкин, Г.И. Иванов, Е.М. Снопова</i> Экогеологическая карта Баренцева и Карского морей	302
<i>М.А. Холмянский, В.Н. Соболев, Г.И. Иванов, М.В. Владимиров, Е.М. Снопова</i> Информационно-измерительная система для исследования подводных потенциально опасных объектов шельфа	304
Авторский указатель	306

CONTENTS

Hydrotherms and ores on the bottoms of oceans and seas

<i>D.A. Artemyev</i> Forming conditions of carbonate veins and ophicalcites in ultramafites in massive sulfide ore fields in the Main Urals Fault zone	4
<i>V.Ye. Bel'tenev, V.N. Ivanov, I.I. Rozhdestvenskaya, V.V. Shilov, T.V. Stepanova, G.A. Cherkashov, A.N. Pertsev, V.V. Ignatov</i> A new hydrothermal sites at 13°31' N on the Mid-Atlantic Ridge	7
<i>L.A. Golovina, M.E. Bylinskaya, Yu.V. Vernigorova</i> Dating of Hydrothermal Activity Events in the Central Atlantic Riftogenic Zone	10
<i>D.V. Grichuk</i> Geochemical features of arc hydrothermal systems: evaluation on the basis of thermodynamic simulations	13
<i>V.V. Gubenkov</i> Of the premises hydrothermal source of the ore material nodules Clarion-Clipperton zone	15
<i>O.M. Dara, A.Y. Lein, T.G. Kuz'mina</i> Mineral associations of the North Atlantic's deep-water hydrothermal fields	18
<i>A.N. Derkachev, B.V. Baranov, B.Y. Karp, T.N. Grigoreva, N.A. Palchik, T.N. Moroz</i> Structure and hydrothermal formations in the Kashevarov Trough (Central Okhotsk Sea)	21
<i>L.L. Demina, S.V. Galkin, A.Yu. Lein</i> Trace Metal Bioaccumulation by Benthic Community at 9°50' N Hydrothermal Vent Field, East Pacific Rise	24
<i>I.V. Egorov</i> About some aspects of geomorphological mapping of MAR by searches for deep-water polymetallic sulfides	27
<i>V.V. Zaykov</i> Ore-bearing hydrothermal systems in ophiolites of paleoceans	30
<i>V.V. Zaykov, V.V. Maslennikov</i> Comparative analysis of hydrothermal edifices of ancient and modern oceans	32
<i>R. Krymsky, B. Belyatsky, T. Stepanova, G. Cherkashov, L. Lazareva</i> Osmium isotope features of sulfide deposits from Ashadze hydrothermal field (13°N MAR)	35
<i>V.Yu. Kuznetsov, A.Yu. Lein, Yu.A. Bogdanov, V.N. Strukov, F.Ye. Maksimov, I.Ye. Zhrebtsov, S.B. Levchenko</i> ²¹⁰ Pb/Pb dating of hydrothermal sulfide formations: problems and perspectives	38

<i>V.Yu. Kuznetsov, G.A. Cherkashov, V.Ye. Bel'tenev, L.I. Lazareva, A.Yu. Lein, F.Ye. Maksimov, V.V. Shilov, T.V. Stepanova, I.Ye. Zherebtsov, S.B. Levchenko</i> Geochronology of sulfide ores at the Mid-Atlantic Ridge on the base of radioisotope ($^{230}\text{Th}/\text{U}$ -, ^{230}Th -) dating of hydrothermal-sedimentary formations	41
<i>Yu. V. Laptev, K.B. Rozov, G.P. Shironosova</i> Experimental and thermodynamic modeling of Au concentration processes at sulphides formation in ocean thermal springs	44
<i>V.V. Maslennikov, V.A. Simonov, I.G. Jukov, G.A. Tretyakov, R. Herrington, S.P. Maslennikova, A.V. Kanygin</i> First finding of Paleozoic "black smoker" sulfide chimneys in the Central Asia	47
<i>I.Yu. Melekestseva, N.N. Ankusheva, G.A. Tret'yakov, V.V. Zaykov, V.A. Simonov</i> Massive Sulfides from the Asian Paleoocean and Pacific margins	50
<i>N.N. Mozgova, Yu.S. Borodaev, I.F. Gablina, T.V. Stepanova, G.A. Cherkashev, T.Yu. Uspenskaya</i> Mineral parageneses in copper massive sulfides of hydrothermal field Krasnov ($16^{\circ}38' \text{ N}$, Mid-Atlantic ridge)	53
<i>N.A. Ozerova, Yu.I. Pikovsky, G.Yu. Butuzova, S. Karamata</i> Mercury-bearing capacity of both ore and hydrocarbon occurrences in the ocean-continent deep fault zones	56
<i>V.I. Peresyepkin</i> Molecular composition of alkane-naphthene hydrocarbons in hydrothermal deposits from East Pacific Rise	59
<i>V.I. Peresyepkin</i> Paraffins hydrocarbons in hydrothermal deposits from Guaymas Basin (Gulf of California)	62
<i>V.I. Peresyepkin, N.A. Belyaev, N.A. Shoulga</i> Content and molecular composition of alkane-naphthene hydrocarbons in hydrothermal deposits from Mid-Atlantic Ridge (Broken Spur and Lost City)	65
<i>S.I. Petukhov, P.A. Alexandrov</i> Deformation model of hydrothermal sulfide ore fields, based on the block structure of a host area	68
<i>A.V. Savenko</i> Estimation of the role of underwater volcanism in the geochemical balance of manganese and phosphorus in the ocean	71
<i>A.V. Savenko, O.S. Pokrovsky</i> Coprecipitation of elements-hydrolyzates with iron (III) hydroxide in the underwater hydrothermal plumes	74
<i>V.A. Simonov, E.A. Arsentieva, V.V. Maslennikov</i> Role of the phase separation in the hydrothermal systems of the "black smokers"	77
<i>S.M. Sudarikov, D.V. Kaminskiy, E.V. Narkevsky</i> To the hydrothermal plumes structure in bottom waters of the $12^{\circ}58' \text{ N}$ site, MAR	80
<i>T.N. Alekseeva, O.M. Dara, E.S. Sarantsev</i> Clay mineral in Brazilian basin	83

<i>S.I. Andreev</i> Mineral Resources of the Ocean: Prospects for the Study and Exploitation	85
<i>L.I. Anikeeva, V.E. Kazakova, T.A. Semkova, V.A. Rashidov</i> Ferromanganese crusts in the West-Pacific transition zone	88
<i>N.V. Astakhova</i> Peculiarities of mineralogical forms of the precious and nonferrous metals in iron-manganese crusts of the central part of the Okhotsk Sea	91
<i>N.V. Astakhova</i> Peculiarities of mineralogical forms of nonferrous metals in iron-manganese crusts of the Japan Sea	94
<i>N.R. Ayupova</i> Oxide-ferruginous sediments in massive-sulfide bearing zone of Uralian paleocean	96
<i>E.S. Bazilevskaya</i> Geohistorical aspects of ocean Fe-Mn ore metallogeny	98
<i>G.N. Baturin</i> The role of volcanism in global cycles of carbon and phosphorus	101
<i>G.N. Baturin, V.T. Dubnchuk</i> Rare elements in ferromanganese crusts on subsea mountains	105
<i>I.F. Gablina</i> Copper ore deposits in ancient sea basins	107
<i>V.Ya. Yevzerov</i> Evolution of the Belomorian basin in the Quaternary period and the sea coast placers formation	110
<i>E.A. Elyanova, Yu.G. Zorina</i> The significance of some modern sulfide deposits for estimation of metallogenic potential of West-Pacific transition zone	113
<i>D.V. Eroshenko</i> The altered volcanoclastic deposits of Central Atlantic Ocean	115
<i>A.Ye. Eskin</i> The three types of oceanic gabbros	118
<i>V.P. Ivanovskaya, A.I. Romanchuk, D.Y. Koshel</i> Technological research of massive sulphide ores of the World ocean	121
<i>A.N. Kalyagin, A.I. Objirov, V.A. Abramov</i> The regional forecast oil-gas provinces and areas from transstructuring of the positions	124
<i>A.V. Karakin, L.I. Lobkovsky</i> Mechanism of the manganese nodules' floating	127
<i>R. Kruglyakova, P. Kurilov, V. Kruglyakov</i> The mobile forms of ore elements in the sediments of the Clarion-Clipperton ore province in the Pacific Ocean	131
<i>V.L. Luksha, E.M. Emelianov</i> Clay mineral complexes in sequences of the Holocene sediments of the Baltic Sea	134
<i>T.I. Lygina, J.V. Grigorieva</i> The buried manganese nodules of the local area of nodule field of the Clarion-Clipperton ore province	137
<i>V.F. Melnik, R.G. Melnik</i> Pacific manganese nodule fauna	138

<i>M.E. Melnikov</i> The Cerium distribution in the ferromanganese crust accumulation of the different range of the Magellan Mountains	141
<i>M.E. Melnikov, A.V. Daryin, G.A. Tretyakov, I.A. Kalugin</i> Distribution of Trace Elements in Banded Ferromanganese Crusts from Magellan Seamounts by Scanning X-ray Fluorescence Analysis	144
<i>T.M. Papesko</i> The ocean sediments samples collected in the expedition on the H.M.S. "Challenger" (1872-1876) in Vernadsky State Geological Museum of the RAS	147
<i>D.M. Pechersky</i> Magnetic and paramagnetic minerals in sediments at K/T boundary	150
<i>M.F. Pilipchuk, V.N. Shenderov</i> Hydrochemical investigations in the Clarion-Clipperton ore zone, Pacific Ocean	153
<i>A.I. Romanchuk, D.Y. Koshel, V.P. Ivanovskaya</i> Combined technology of extraction of valuable components from ferromanganese formations of the world	155
<i>V.V. Sattarova, A.S. Astakhov</i> Features Distribution of Ore Elements in Sediments of the Deryugin Basin, Sea of Okhotsk	158
<i>N.P. Safina, V.V. Maslennikov</i> Comparison of mineral composition of the clastic ores from the modern and paleozoic massive sulfide deposits	160
<i>V.N. Sval'nov, E.S. Sarantsev, T.N. Alekseeva</i> Mineral composition of Pleistocene-Holocene sediments in Brazil and Canary basins	163
<i>N.V. Tyuleneva, A.V. Chepizhko, I.A. Suchkov</i> Recent deposits comparative geochemical characteristic within Dnieprovsky valley and outer terrace landscape areas of the north-west Black Sea shelf	165
<i>D.T. Fidaev</i> Some new research data related to ferromanganese concretions of the Gulf of Finland	168
<i>G.S. Kharin</i> The phosphorites of the Mesozoic and Cenozoic deposits of the South-East Baltic Sea	171
<i>A.I. Khissamutdinova</i> Characteristic of Eocene sandstone's clastic part in Western Kamchatka (snatolskaya formation) and its lateral variation	174
<i>M.A. Kholmyansky, G.I. Ivanov, I.M. Efremkin</i> Natural electrical fields of a shelf – ore formation and technosedimentogenesis factors	177
<i>G.A. Cherkashov, V.A. Kosheleva, S.V. Buldakov</i> Rough estimation of stocks of zircon, pomegranate, titanous and black ore minerals in Holocene deposits of the Arctic seas of Russia	178
<i>R.M. Yurkova, B.I. Voronin</i> Amphibolite mineralogy of Shirshova submarine ridge in the Bering Sea	181
<i>V.I. Avilov, S.D. Avilova, N.A. Rimsky-Korsakov, A.A. Pronin</i> Geoecological Investigation in Baltic Sea	184

<i>N.A. Aibulatov</i> About the correlation between the natural and anthropogenic factors in the modern evolution of the World Ocean's shelf zones	187
<i>N.A. Aibulatov</i> Social oceanology – the science of the XXI century	190
<i>N.A. Aibulatov, P.O. Zavialov, V.V. Pelevin</i> Some features of self-purification of Russian Black Sea shoaling waters near river entries	193
<i>K.I. Aksentov</i> Mercury in bottom sediments of Amur bay of sea of Japan	196
<i>V.V. Anikiev</i> Analysis and management of ecological risk from chemical weapon sunk in the Baltic and the North seas	199
<i>T.V. Bodryakov, V.A. Shahverdov</i> Geochemical features of coastal zone in regions of terminals in Primorsk and Vysotsk (eastern Gulf of Finland)	201
<i>D.V. Burkov</i> Geological structure seabed in zone sea installations of the Varandey terminal	203
<i>D.V. Burkov, V.G. Vakhayev, M.G. Gubaidullin</i> Engineering-geological conditions in area of sea constructions of the Varandey oil terminal	206
<i>A.L. Venikova, A.I. Obzhirov, O.S. Yanovskaya</i> Gas hydrates and mud volcanoes in the Okhotsk marine region	209
<i>A.G. Grigoriev, V.A. Zhamoida, M.V. Vladimirov</i> Exploitation of gamma-ray spectrometer towed at the sea bottom for geological and geoecological purposes	211
<i>A.Yu. Gukov, A.N. Visknevski, D.A. Gvozdeva, P.D. Fukalov, A.V. Karlova</i> Biogeochemical features of coastal aquatorium of the Laptev Sea	214
<i>V.A. Dauvalter</i> Pollution of the Umbozero lake (watershed of the White Sea) by chalcophile elements (Hg, Cd, Pb, As)	216
<i>E.M. Emelyanov, V.A. Kravtsov, G.A. Tarasov, Y.E. Polosina, T.G. Konovalova</i> Geoecological situation in the relict Mogilnoye Lake (Kildin Island, Barents Sea)	219
<i>O.V. Ivlieva</i> Biological transformation of sedimentary substance by mollusks	222
<i>D.V. Kirievskaya, V.M. Anokhin</i> Geoecological conditions of Chuckchee Sea seabed according to the research results of VNIIOkeangeologiya, 2006	225
<i>I.M. Kiseleva</i> Natural radio-activity in the White Sea ground adjournment	228
<i>A.V. Kliushyna, E.I. Nasedkin, N.N. Tsyhotskaya, E.V. Berestovaya</i> Seasonal changes of mineral composition of matter of formative sediment of modern deposits of the Black Sea	231

<i>A.P. Kozlov</i> Problems of river and littoral area pollution during platinum deposits mining in S. Koryakia	234
<i>O.N. Kolesnik, A.N. Kolesnik, K.I. Aksentov</i> Geoecological monitoring of mercury concentrations in components of the South Primorye's marine and coastal ecosystems (by the example of Popova Island)	237
<i>S.V. Korobov</i> Ecological Assessment on Permafrost in Oil Production at Coastal Strip of Arctic Seas	240
<i>V.A. Kravtsov, N.V. Chibisova, V.Y. Tchugayevich, N.G. Kudriavtsev</i> Hydrochemical situation along Sambian peninsula shore (Baltic Sea) in summer-autumn 2006	243
<i>A.N. Kouznetsov, Y.A. Fedorov, E.N. Lenets</i> Distribution of Petroleum Components in the Sediment Cores of the Sea of Azov	245
<i>P.I. Kurilov, V.F. Melnik</i> Content of heavy metals in tissue of deep-sea Pacific nodule fauna	248
<i>A.A. Lebedev, A.V. Leshchev, N.V. Neverova</i> Seasonal changes of the oil hydrocarbons in the Northern Dvina' deltas (investigations of 2006-2007)	251
<i>L.N. Luchsheva, A.I. Obzhirov, Yu.I. Konovalov</i> The problems of the geoecology of the mercury and the methane in the sea areas located above coal deposits	254
<i>P.V. Lushvin</i> Limitation of reproduction of fish populations by seismic activity in places of relief of hydrocarbon fluids	257
<i>I.M. Makovetskaya, V.V. Nikulin, E.M. Makovetskaya, S.Ye. Dyatlov</i> Monitoring the heavy metal content in water and bottom sediments of Kilijskaya delta and the sea part of Danube	260
<i>I.M. Makovetskaya, V.V. Nikulin, S.Ye. Dyatlov</i> Tendationy of accumulation hydrocarbon in deposits in near coastal part of Odessa	263
<i>I.M. Makovetskaya, S.D. Kakaranza</i> Sedimentation regime in north part of the north-west shelf of Black Sea	266
<i>T.S. Mauricheva, G.P. Kiselev, V.P. Shevchenko, V.V. Gordeev</i> Contamination of Dvina Bay (White Sea) by working coal power plant	268
<i>V.F. Mishukov</i> Photochemical oxidation of oil pollution	271
<i>G.V. Moyseychenko, G.S. Borisenko</i> Radionuclides in the bottom sediments of the Shelf of the North-East of Sakhalin Island	274
<i>I.A. Nemirovskay, G.V. Moiseichenko, Yu.G. Blinov</i> Hydrocarbons in the bottom sediments of the Sakhalin Island Shelf	276
<i>A.E. Rybalko, N.K. Fedorova</i> Oxydation zone in bottom sediments and its meaning at geoecological researches	279
<i>A.E. Rybalko, N.K. Fedorova, K.A. Nikonov, A.I. Klimov</i> The recently condition and evolution of a coastal zone of an island Yagry (delta of Northern Dvina) in connection with a problem of the bank protection	282

<i>V.V. Sivkov, E.V. Bulychева, D.V. Dorokhov, N.N. Golenko, V.A. Zhamoida, M.O. Chestnova</i> Experience of environmental monitoring in Russian part of SE Baltic Sea (2003-2007)	284
<i>L.A. Skibinskiy</i> Geoecological monitoring of the coastal zone of the Pechora Sea in the region of the Varandey port	287
<i>Yu.A. Fedorov, D.N. Garkusha</i> The high-tide and the ebb-tide phenomena as the one of factors that extending on the distribution of methane concentrations (on an example of the Northern Dvina River)	290
<i>Yu.A. Fedorov, I.V. Dotsenko, A.E. Ovsepyan</i> Heavy Metals' Distribution in the Sediment Cores of the Sea of Azov	293
<i>N.K. Fedorova, E.V. Korneeva, O.Yu. Yasinovskaja</i> Changes macro-component structure of the near-bottom waters as method of an estimation of geoecological condition of the Neva bay	296
<i>G.S. Kharin</i> The heterogenesis of the geological structure of the Curonian Spit and it geological signification (Baltic Sea)	299
<i>M.A. Kholmyansky, I.M. Efremkin, G.I. Ivanov, E.M. Snopova</i> Eco-geological map of Barents and Kara seas	302
<i>M.A. Kholmyansky, V.N., Sobolev, G.I. Ivanov, M.V. Vladimirov, E.M. Snopova</i> Information-measuring system for research of underwater potentially dangerous objects of a shelf	304

Научное издание

**ГЕОЛОГИЯ
МОРЕЙ И ОКЕАНОВ**

**Материалы XVII Международной научной конференции
(Школы) по морской геологии**

Москва, 12–16 ноября 2007 г.

Том II

Подписано к печати 18.10.2007.
Формат 62х94 1/16. Бумага офсет № 1, 80 г/м².
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Уч.-изд. 20,25 пл.
Тираж 400 экз.
Тип. ВТИИ. Москва, зак. № .

Издательство ГЕОС
125315, Москва, 1-й Амбулаторный пр., 7/3-114.
Тел./факс: (095) 152-19-14, тел. 230-80-92.
E-mail: geos@ginras.ru



Фото из www.ocean.ru

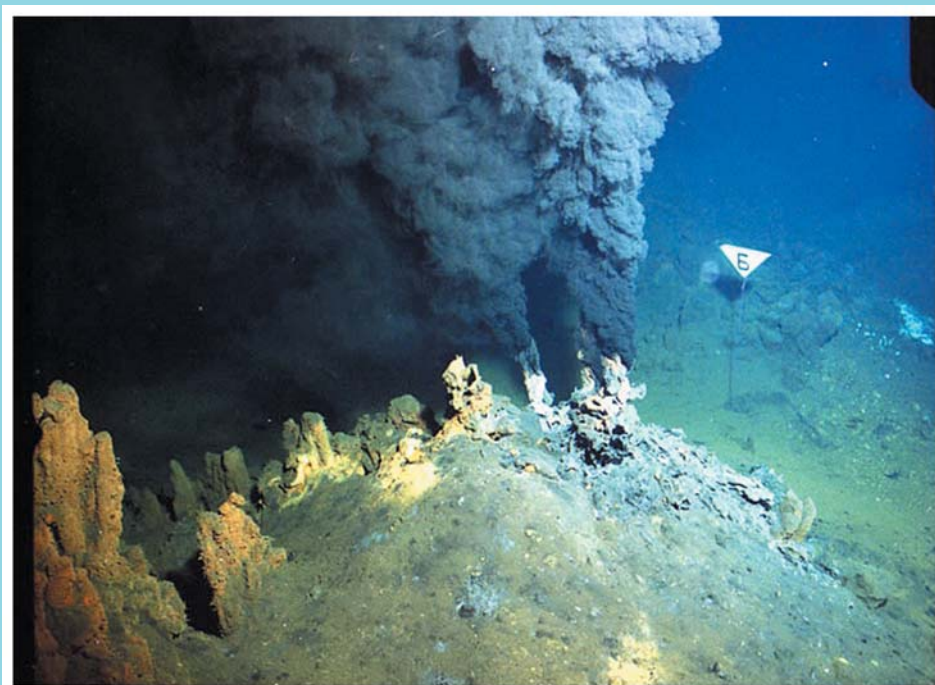


Фото из www.ocean.ru