

# Геология и мифотворчество

*Факты — это кирпичи, из которых складывается человеческий опыт, это оружие в творчестве.*  
В.А.Обручев

*Сон разума порождает чудовищ.*

Франциско Гойя

В.Н.Холодов

Геология включает целый комплекс наук о Земле, охватывающий многие уровни и типы организации вещества. В нее входят геотектоника, геохимия, литология, минералогия, петрография, палеонтология, учения о полезных ископаемых и рудах, о фациях и формациях, о зональном строении планеты (ядро, мантия, литосфера), о ее верхних оболочках — стратифере, биосфере, гидросфере и атмосфере. Все эти науки связывает между собой представление о пространственно-временных взаимоотношениях различных геологических тел.

Между тем реконструкция таких пространственно-временных соотношений существенно ограничивается неполнотой геологической летописи и развитием более поздних процессов, изменяющих облик пород. Ограниченность в возможности реконструкций древних областей питания (континентальный блок) и областей седиментации (моря и океаны) существенно возрастает от квартера к архею с каждым периодом, эрой или стадией тектонического развития земной коры (табл.1). В этом же направлении растет влияние вторичных преобразований (диагенеза, катагенеза и метаморфизма осадочных толщ), порой изменяющих первичные осадки до неузнаваемости.

Сужают возможности геологии и колоссальный объем геологического времени (4.0—4.5 млрд лет), и технические трудности проникновения в не-



**Владимир Николаевич Холодов**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Геологического института РАН. Заслуженный деятель науки РФ. Область научных интересов — геохимия осадочного процесса, литология, осадочные рудные месторождения.

дра планеты. Самые глубокие скважины достигают 12—15 км. Если вспомнить, что радиус нашей планеты составляет 6400 км, становится понятно, что основная часть земного шара исследована лишь косвенно, с помощью геофизических методов, и все еще не охвачена непосредственными наблюдениями.

Наконец, следует подчеркнуть, что подавляющее большинство геологических процессов представляет собой сложное многофакторное явление, в котором определить относительное значение каждого фактора бывает чрезвычайно сложно. Именно относительная роль различных факторов, рождающих то или иное геологическое явление, обычно служит предметом споров ученых-теоретиков.

Не вызывает сомнения, что именно многофакторность геологических систем препятствует глобальной математизации этой науки и делает весьма условными всеобщие классификации пород и руд, авторы которых пытаются учесть сразу все их особенности.

Все перечисленные выше черты делают геологию наукой эмпирической, индуктивной, строящейся на фактическом основании. Здесь следует напомнить, что в науке известны два пути познания — индуктивный (фактологический) и дедуктивный (априорный, основанный на логических построениях и теоретических положениях). В некоторых областях науки оба способа познания равноценны (или почти равноценны). Например, в математике можно по изначальным данным доказать теорему, а затем, используя ту же теорему, вернуться к исходным данным.

Во многих естественных науках, в том числе и в геологии, такие построения исключены. В них теоретические положения основаны на предположениях и аналогиях и потому не могут быть отнесены к категориям законов. Здесь всегда более предпочтительна индукция, а главный судья исследования — «его величество Факт».

В этом отношении интересные работы крупнейшего естест-

**Таблица 1**

**Площади обнаженных толщ, позволяющие более или менее точно реконструировать их полноценные\* пространственно-временные соотношения на Земле**

Этапы	Геологическое время	Суммарные площади обнажений, млн км <sup>2</sup>		Условные реконструкции процессов прошлых событий
		континентальный блок	океанический блок	
Современный	десятки-сотни-тысячи лет	149	361	Возможно реконструировать не только результат, но и геологические модели процессов
Мезозойско-кайнозойский	от тысяч до 250 млн лет	90.8**	290**	Реконструируется по результатам процессов седиментации и диагенеза
Палеозойский	250—535 млн лет	18	неизвестны	Первичные результаты изменены процессами диагенеза-катагенеза
Протерозойско-архейский	535 млн лет — 4.5 млрд лет	30	неизвестны	Первичные результаты изменены процессами диагенеза-катагенеза-метаморфизма

\* Менее полноценны реконструкции по скважинам, где сведения о пространственно-временных соотношениях отрывочны и нередко основываются на предположениях.

\*\* Рассчитано по данным Х.Блата, Р.Л.Джонсона, А.Б.Ронова.

воиспытателя XX в. В.И.Вернадского. В книге «Размышление натуралиста» [1] он подчеркивал, что в науке (геологии) существуют истинная ее часть, состоящая из научных фактов, их классификаций и научных эмпирических обобщений (Вернадский называет ее «научным аппаратом»), и многочисленные построения, составляющие экстраполяцию, гипотезы и конъюнктуры, достоверность которых невелика.

Конец 20-го и начало 21-го столетия в России ознаменовались важными политическими и экономическими событиями. Переход к демократии и свободе слова, а также реабилитация религий вызвали всплеск лженаучных тенденций. В изоляции появились колдуны, гадалки, экстрасенсы, гипнотизеры, предсказатели и чародеи. Некоторые области науки оказались под прицелом фальсификаторов и шарлатанов.

Не осталась в стороне от этого и геология. Космические успехи человечества возродили идеи о связи геологических процессов с Галактикой, сравнительной планетологией и рядом других новых и весьма продуктивных научных направлений. Однако на этой новой ниве возродились совершенно бездоказательные представления о глобальных катастрофах, связанных с падени-

ем метеоритов, глобальном радиоактивном заражении морей и массовой гибели планктонного биоса или о формировании целых эпох рудообразования в прошлом Земли за счет разнородного галактического материала, периодически выпадающего на поверхность планеты. Близки к ним утверждения о надвигающемся конце света.

Резкое сокращение разведочного бурения, отказ от геологического картирования огромных территорий и уменьшение финансирования геолого-разведочных работ в России заставили некоторых ученых обратиться к бездоказательным и абстрактным рассуждениям о влиянии ядра и мантии Земли на геологические события, протекающие в литосфере, на происхождение рудных, а также нефтяных и газовых месторождений.

Мне кажется, что на рубеже двух столетий российская геология вступила в тот трудный период, о котором, перефразируя Вернадского, можно сказать, что в нем философские, религиозные и художественные взгляды авторов отодвигают на второй план факты и эмпирические обобщения.

Однако следует верить, что дальнейшее развитие науки несомненно выдвинет на первый план «научный аппарат», ликви-

дирует тяжкие последствия невзгод и неизбежно увеличит объем истинных знаний.

В данной статье я не могу рассмотреть все отступления от эмпирической дороги в геологии. Ее задача гораздо более узкая — рассмотреть гипотезы происхождения черных сланцев с точки зрения биогенных катастроф и показать несостоятельность построений, выполненных дедуктивным путем.

Черные сланцы — понятие собирательное и условное [2]. К этой группе обычно относят осадочные отложения, отличающиеся от других пород тонким чередованием органического, глинистого и (реже) карбонатного или кремнистого вещества. Обычно органическое вещество образует слойки толщиной 1—2 мм и состоит из осадков фитопланктона, преобразованного в гуминовые и фульвокислоты или кероген. Его суммарное содержание в осадках и породах колеблется от 4—5 до 70—80%. По степени концентрации органического вещества среди черных сланцев различают собственно сланцы, сапропелиты и горючие сланцы.

По мере погружения в глубь стратисферы органическое вещество, значительно опережая минеральные составляющие породы, трансформируется, умень-

шается в объеме, обуглероживается и превращается в антракосолит, шунгит и графит. Несколько позднее глинистая составляющая преобразуется в аргиллиты, карбонаты кальция — в углекислоту и доломиты, а аморфный кремнезем — в кремнекислые растворы и кварц.

Многие исследователи рассматривают черные сланцы как типичные нефтематеринские породы и связывают с ними происхождение промышленных залежей нефти и газа. Кроме того, они — источники и носители ценных металлов. В них обнаружены высокие содержания золота, платины, урана, ванадия, вольфрама, редкоземельных элементов, серебра и других металлов, многие из которых добываются из сланцев в значительных количествах.

Если к сказанному добавить, что с черными сланцами парагенетически ассоциируются промышленные месторождения марганцевых руд и фосфоритов [2], то станет очевидным их огромное значение в жизни человечества.

Генезис черных сланцев в геологической литературе обсуждалось с 20–30-х годов XX в. Подавляющее большинство исследователей (А.Д.Архангельский, Н.И.Андрусов, Р.Ф.Геккер, И.М.Губкин, М.Д.Залесский, К.П.Калицкий, Б.Кокс, А.Н.Розанов, Н.Ф.Погребнов, Г.Потонье, Н.М.Страхов, П.Траск, Д.Хьюит, и многие другие) связывали их образование с условиями, благоприятными для развития планктоногенной и бентосной жизни, с расцветом биоса в морях и озерах, с сезонным накоплением органического материала, периодически сменяемым усиленным поступлением терригенных компонентов, карбонатного или кремниевого материала.

Противоположные утверждения высказаны в работах С.Г.Неручева [3] и Г.А.Беленицкой [4, 5]. Они попытались представить образование черных сланцев как следствие геологических катастроф, массового

поступления в моря урана или нефтяных углеводородов, усиления гибели планктона и накопления на дне масс органических остатков, преобразованных затем в черные сланцы.

Этим очень ярким, но, на мой взгляд, ошибочным построением и будет посвящено данное сообщение.

### Книга Неручева — вклад в науку или заблуждение?

В 1982 г. Неручев опубликовал книгу «Уран и жизнь в истории Земли» [3], утверждающую новую для своего времени концепцию формирования черносланцевых отложений. Согласно взглядам автора (во многом навеянным трагедией городов Хиросима и Нагасаки, всеобщим страхом перед радиоактивностью, а также Международными конференциями по мирному использованию атомной энергии), в результате вулканогенно-гидротермальной активности рифтовых систем Земли на ее поверхность периодически поставляются огромные количества урана. Избыток радиоактивного, стимулирующего жизнь, но в больших дозах токсичного элемента вызывал в смежных морских водоемах расцвет планктона и частично угнетал все остальные формы биоса. Этот процесс и отражался в водоемах в виде накопления огромных масс планктоногенного органического вещества, впоследствии превратившегося в черные сланцы. Последние, таким образом, представляют собой следы расцвета одних биоценозов, мутации и гибели других — это критические уровни развития морских биосфер прошлого, отражающие импульсивную тектономагматическую жизнь Земли.

В монографии Неручева тщательно подобраны и широко используются все доказательства, подтверждающие основную мысль автора, но остается без рассмотрения факти-

ческий материал, не укладывающийся в эти рамки. Так, например, за семь лет до выхода в свет этой книги Г.Н.Батуриным была опубликована превосходная монография «Уран в современном морском осадкообразовании» [6]. Выводы Батурина совершенно расходятся с концепцией Неручева, однако в своей работе, специально посвященной урану, последний их не обсуждает, хотя широко использует литературный и фактический материал Батурина.

Главный объект исследования, позволяющий построить объективную и современную модель формирования ураносных черных сланцев, — несомненно глубоководные осадки Черного моря. Они были подробно изучены российскими и зарубежными исследователями. Но их выводы почти полностью проигнорированы Неручевым. Предшественниками было показано, что донные черносланцевые осадки образовывались на протяжении 7.5 тыс. лет в течение древнечерноморского и современного этапов развития водоема на площади около 300 тыс. км<sup>2</sup>. Они представлены тонкослоистыми сапропелитами, чередующимися с серыми глинами, тонкослоистыми органо-глинистыми и органо-карбонатными илами, которые содержат огромное количество остатков планктоногенных организмов (кокколитофорид, динофлагеллят, реже — диатомей). В районах, прилегающих к крутым континентальным склонам, среди них появляются переотложенные турбидитовые терригенно-биогенные илы.

Все эти отложения образовывались в условиях сероводородного заражения вод и, в отличие от прибрежных терригенных осадков и ракушечников, формирующихся в кислородной среде, донного бентоса не содержат.

Любопытно, что гидрохимия современного черноморского водоема в отношении урана не представляет собой ничего

экстраординарного. Уран попадает в Черное море вместе с речным стоком. Никаких других его источников здесь не обнаружено.

Согласно подсчетам Батурина [6], в современных реках континентального блока Земли 54% массы урана перемещается в виде взвеси, а 46% мигрирует в форме раствора. Примерно те же соотношения обнаруживаются и в реках черноморского водосбора (Дунае, Днепре, Доне, Кубани, Риони, Ингури, Чорохе), где во взвешенной форме находится  $(0.8-3) \cdot 10^{-4}\%$ , а в растворенном виде —  $(0.41-3.5) \cdot 10^{-6}$  г/л. Эти оценки весьма близки к средним содержаниям

урана в реках Европы, Азии, Северной и Южной Америки.

Поведение растворенного урана в Черном море хорошо вписывается в общую картину, по которой воды современных северных и приполярных морей обычно обеднены этим элементом, а теплых южных морей обогащены (табл.2).

Кроме того, нельзя не отметить, что средняя концентрация урана в морской воде определяется в  $3 \cdot 10^{-6}$  г/л, т.е. полностью совпадает с его содержанием в Черном море.

Главный концентратор урана в морях и океанах — планктон. По расчетам Батурина [6], планктон накапливает количество ура-

на, в 23.2 раза превышающее его содержание в морской воде и в 3.5 раза больше, чем обнаружено в других организмах черноморского водоема (моллюсках, рыбах, водорослях и др.).

Однако, как это впервые показал И.И.Волков [7] и подтвердили наши расчеты [2], гибель планктоногенных организмов вносит только часть металла, который обнаруживается в осадках. Другая его (иногда значительная) часть поступает в осадок из наддонных сероводородных и иловых вод, а также увеличивается за счет микробиологических потерь органического вещества в диагенезе.

Поскольку среднее кларковое содержание урана, по А.П.Виноградову, составляет  $3.2 \cdot 10^{-4}\%$ , становится очевидным, что в глубоководных илах Черного моря на наших глазах формируется урановое рудопроявление, связанное с пелагическими черноморскими осадками (табл.3).

Сравнение карт распределения органического вещества и урана (рис.1), с одной стороны, показывает большое сходство их конфигурации (что отражает общность судьбы обоих компонентов в морском водоеме), а с другой — расхождения в деталях локализации. Последние связаны с процессами диагенетического перераспределения урана, обусловленными трансформацией органики под действием микробиологических процессов, растворением урановой взвеси и органики в иловых водах и образованием гуминовых и фульвокислот.

В толще разновозрастных глубоководных осадков голоцен-четвертичного времени, отложившихся на дне Черного моря, отчетливо видно, что содержания органического вещества и урана растут от современных осадков к древним (табл.4). Максимальные концентрации этих взаимосвязанных компонентов обнаруживаются в древнечерноморских пластах, возникших на рубеже 7000—7500 лет. Подстилающие их новозэвксинские

**Таблица 2**  
**Содержание урана в водах современных морских водоемов [6]**

Море	Содержание урана, $10^{-6}$ г/л	
	интервал	среднее
Северное	0.87–2.15	1.3
Балтийское	0.44–1.5	0.4
Баренцево	—	1.6
Охотское	—	2.1
Берингово	—	2.2
Белое	1.4–1.8	1.6
Средиземное	0.7–2.25	—
Черное*	1.3–5.1	2–3
Южно-Китайское	—	3.1
Азовское	3.2–3.3	—
Каспийское	3.0–10	—
Аральское	30–60	—

\* По данным 154 определений в пробах, отобранных на глубинах 0–2000 м.

**Таблица 3**  
**Распределение урана в современных осадках Черного моря [8]**

Тип осадка	Содержание урана, $10^{-4}\%$		Число проб
	интервал	среднее	
<b>Мелководные осадки:</b>			
ракушки	0.2–1.8	0.8	12
пески	0.1–1.5	0.8	6
алевриты	0.6–1.6	1.1	4
алеврито-глинистые илы	1.2–2.5	1.9	12
мидиевый ил	0.5–4.0	1.6	12
фазеолиновый ил	0.7–5.2	2.8	15
<b>Глубоководные осадки:</b>			
глинистые илы (до 20% CaCO <sub>3</sub> )	1.0–15.0	3.4	59
глинистые слабоизвестковистые илы (20–30% CaCO <sub>3</sub> )	2.5–12.0	6.9	10
глинисто-известковые илы (30–50% CaCO <sub>3</sub> )	5.5–16.0	10.3	11
известково-глинистые илы (более 50% CaCO <sub>3</sub> )	8.0–23.0	15.3	14

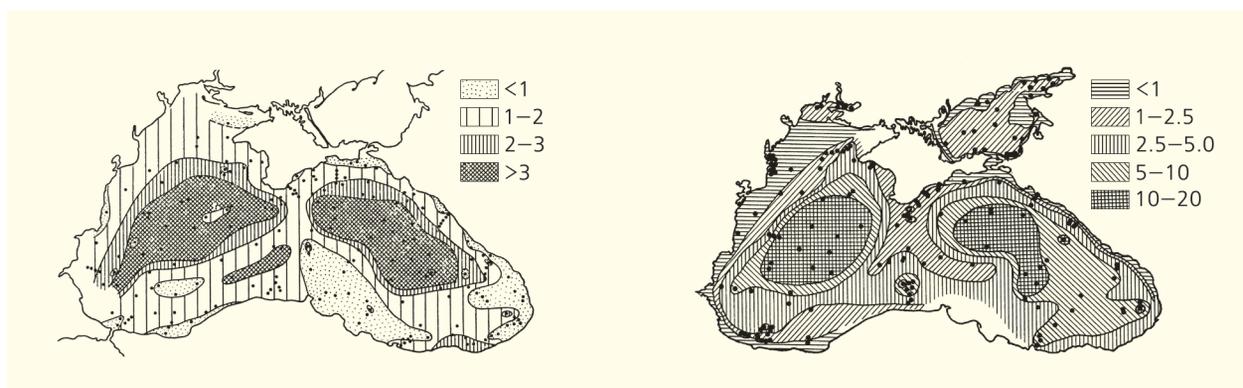


Рис.1. Распространение органического вещества ( $C_{орг}$ , на натуральный осадок, %; слева) и урана ( $U$ ,  $10^{-4}$  %) в Черном море [6, 9]. Точками показаны станции опробования.

толщи характеризуются минимальным содержанием органики и урана.

Примерно 15 тыс. лет назад на месте Черного моря существовало новоэвксинское озеро. Его воды были богаты кислородом, накапливали фосфор, азот и другие биогенные элементы, сероводородное заражение и связь со Средиземным морем отсутствовали, а уровень воды на 50–120 м уступал уровню Мирового океана.

Тектоно-вулканические события, охватившие восточное Средиземноморье на рубеже 7000–7500 лет назад, существенно изменили ситуацию. В пределах Малоазиатско-Балканского региона начались опускания, которые привели к трансгрессии морских вод, формированию проливов Босфор и Дарданеллы и нарушению покоя в новоэвксинском озере.

Прорвавшиеся в него тяжелые соленые воды Средиземного моря вытеснили пресные и богатые биофилами воды озера. Его уровень поднялся. В условиях расслоения водоема по степени солености и расцвета планктона там стали накапливаться черные илы, богатые органическим веществом, началось сероводородное заражение вод, а также обогащение ураном и его элементами-спутниками древнечерноморских и современных глубоководных осадков моря.

Так выглядит наиболее обоснованная современная генетическая модель формирования ураноносных черных сланцев. Неручев в своей книге подменяет ее общими рассуждениями. Например, ссылаясь на работы П.Смита (почему-то отсутствующие в списке литературы), он

утверждает, что накопление сапропелевого материала в осадках Черного моря и в воде других районов мира соответствует значительным изменениям магнитного поля Земли. Далее, ссылаясь на труды Е.В.Максимова (также не удостоенного войти в список использованной литературы), он сообщает, что событиям в черноморском водоеме отвечает «глобальный сейсмо-тектонический кризис».

Поставщиком урана в древние моря Неручев считает вулканическую деятельность (во всех ее проявлениях). Однако исследования петрографов и геохимиков в большинстве случаев не подтверждают эти предположения.

Действительно, по данным В.И.Герасимовского [10], в кислых эффузивных породах разного возраста в среднем содержит-

**Таблица 4**

**Содержание урана и органического вещества в толще голоцен-четвертичных отложений Черного моря [6]**

Тип глубоководных осадков	Содержание урана, $10^{-4}$ %		$C_{орг}$ , % среднее	Количество проб
	интервал содержаний	среднее		
<b>современные осадки</b>				
Глинистые илы	1.7–4.5	2.8	1.48	16
Глинисто-известковые илы	4.2–13.0	6.5	2.57	35
Известково-глинистые илы	9.0–20.0	14.0	3.87	60
<b>древнечерноморские осадки</b>				
Глинистые илы	1.1–5.0	3.0	1.06	14
Микрослоистые илы	1.9–5.0	4.2	2.33	14
Сапропелевидные илы	4.5–35.0	13.0	13.56	16
<b>новоэвксинские осадки</b>				
Глинистые илы	0.3–4.0	1.5	0.65	32

ся  $(2-7) \cdot 10^{-4}\%$  урана, в основных —  $(0,2-4) \cdot 10^{-4}\%$ . В.И.Рехарский и О.В.Крутецкая [11] установили, что на Северном Тянь-Шане каледонские и герцинские эффузивы (957 проб) в среднем накапливают  $1,8 \cdot 10^{-4}\%$  U. Е.Ларсен, исследовавший район Сан-Хуан (США), показал, что в альпийских эффузивах (70 проб) обнаруживается  $(3-5) \cdot 10^{-4}\%$  U.

Приведенные данные не свидетельствуют в пользу особой генерации урановых соединений в древнем эффузивном процессе. Все они не выходят за ряд базальтоидных содержаний.

При современном гидротермальном процессе также не выносятся на поверхность заметное количество урана. По данным А.К.Лисицина [12], термальные углекислые воды разных районов бывшего СССР, удаленные от рудных месторождений, содержат  $(1-2) \cdot 10^{-6}$  г/л урана. В термальных водах Камчатки, по сведениям Н.И.Удальцовой и Л.Л.Леоновой, концентрация урана не превышает  $10^{-8}$  г/л, а по данным Лисицина и Б.Г.Поляка, — составляет  $(3-8) \cdot 10^{-7}$  г/л.

Ссылаясь на работу Батурина [6], Неручев подчеркивает повышенное содержание урана в современных осадках вблизи рифтовых зон Индийского и Срединно-Атлантического хребтов и намекает на их гидротермальное происхождение. Однако Е.Г.Гурвич, обобщив данные по составу гидротермальных источников в 15 рудных районах Мирового океана, показал в них полное отсутствие урана [13]. Таким образом, гидротермальные воды срединно-океанических хребтов по этим показателям существенно отличаются от морских вод и не поставляют уран в океаны.

Между тем исследования американских ученых показали, что в ряде западных штатов США и Канады распространены жильные месторождения урана, локализованные в докембрийских вулканогенных породах. К их числу относятся крупные урановые залежи озер Медвежь-

его и Невольничье (Эхо, Эльдорадо, Биверлодж, Эйс Фей, Гуннар и др.), а также связанные с вулканами жильные месторождения урана в штатах Юта и Невада (Бейсин, Рейнж и др.).

Российские геологи исследовали позднепалеозойские урано-молибденовые месторождения, связанные с вулканическими комплексами пород Урало-Монгольского пояса. В различных районах Северного Тянь-Шаня были описаны жильные скопления урано-молибденовых руд в субвулканических интрузивах, в неках и трубках взрыва кислых пород, а также в сложнопостроенных покровах вулканических депрессий.

При рассмотрении генезиса таких образований обычно подчеркиваются вторичность залегания рудных скоплений и их несомненная связь с гидродинамическим перемещением рудных компонентов. Очевидно, что сама по себе вулканическая деятельность не была поставщиком урана из глубин, но несла громадный запас термодинамической энергии, определившей колоссальные перераспределения урана в гидродинамических системах вулканогенных полей и формирование жильных залежей в тектонических разломах, трещинах и на контактах с вулканическими инъекциями.

Допустим, однако, что Неручев прав и через жерла вулканов и трещины гидротерм в моря и океаны действительно время от времени поступали огромные количества урана, активно влиявшие на жизнь биогенных сообществ. Этим построениям полностью противоречат количественные соотношения между объемами морских вод и реальными содержаниями в них урана.

Общеизвестно, что среднее содержание этого элемента в морских и океанических водах равно  $3 \cdot 10^{-6}$  г/л. Самые небольшие современные морские водоемы — Балтийское и Северное моря — содержат соответственно 23 тыс. км<sup>3</sup> и 54 тыс. км<sup>3</sup> морской воды.

В экспериментах по трансформации и гибели планктоногенных водорослей и дафний [14], на которые ссылается Неручев, содержание урана в лабораторных сосудах менялось в десятки, сотни и даже десятки тысяч раз. Попробуем расчитать путем определить те реальные количества (массу) урана, которые потребуются ввести в воды Балтийского и Северного морей, для того чтобы изменить содержание этого элемента всего на один порядок.

Кубический километр содержит  $10^{12}$  л воды. В нем будет находиться (при кларковом содержании)  $10^{12} \text{ л} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ г/л} = 30 \text{ т}$  урана. При увеличении содержания урана на один порядок 1 км<sup>3</sup> морской воды должен дополнительно получить 270 т металла. Расчет прост:  $10^{12} \text{ л} \cdot 3 \cdot 10^{-5} \text{ г/л} = 300 \text{ т} - 30 \text{ т} = 270 \text{ т}$ .

Нетрудно понять, что для изменения содержания интересующего нас металла в воды Балтийского моря придется ввести  $6,2 \cdot 10^6 \text{ т}$  ( $23 \text{ тыс. км}^3 \cdot 270 \text{ т}$ ), а в Северное —  $1,5 \cdot 10^7 \text{ т}$  ( $54 \text{ тыс. км}^3 \cdot 270 \text{ т}$ ). Для сравнения напомним, что подсчитанные запасы всех месторождений урана на Плато Колорадо (США) в 1953 г. оценивались в  $5 \cdot 10^3 \text{ т}$ , крупнейшего уранового месторождения Африки Шинколобве (Конго) — в  $3 \cdot 10^4 \text{ т}$ , а суммарные промышленные запасы всех месторождений так называемых «капиталистических стран» в 1979 г. составляли  $1,7 \cdot 10^6 \text{ т}$  урана. Комментарии, как говорится, излишни.

Огромное количество воды в морях и океанах Земли и малая распространенность урана в породах литосферы не могли вывести этот элемент в разряд главных химических факторов, которые определяют развитие всего водного биоса, полностью контролирующего воспроизводство планктона и других организмов в водной среде и тем самым регулирующего образование черносланцевых толщ на дне палеоводоемов.

Отправной пункт концепции Неручева — тесная генетическая

и пространственная связь урана с планктоногенными черными сланцами. Оказалось, однако, что совсем не все древние черные сланцы обогащены ураном (табл.5).

Если достаточно высокие концентрации урана устанавливаются в кембрийских сланцах Швеции, девонских сланцах Чаттануга (США) и в карбоновых черносланцевых толщах Франции, то очень близко к кларковому средним содержаниям количество урана в девонских сланцах Шеманг и пенсильванских сланцах Аллигейни (США).

Неравномерность распределения урана также возрастает при движении от современных и голоцен-четвертичных сланцевых толщ к докембрию.

Работами многих геохимиков установлено, что в мезозойско-кайнозойских сланцах в основном преобладают невысокие концентрации урана, слегка превышающие кларк, но обычно выдерживающиеся на больших расстояниях и коррелирующие с содержанием органического вещества. В палеозойских же сланцевых толщах наблюдаются локальные скопления металла, а на значительных участках — почти полное его отсутствие. Совсем усложняется картина распределения урана в углеродистых сланцах докембрия. В некоторых местах его совсем нет, а в других он образует стратиформные залежи в шунгитах

или графитах. Иногда углеродистые толщи соседствуют с крупными жильными месторождениями урана, имеющими большое промышленное значение (Рам Джангл, Эль-Шарана в Австралия, Раненбург в Германии, возможно, Ла Никелина и Эсперана в Аргентине и др.).

Мне представляется, что процессы гидродинамического перераспределения урана в черных сланцах нацело «стирали» первичные взаимоотношения урана и планктоногенного органического вещества во многих палеоводоемах прошлого и затушевывали в них все седиментационные геохимические процессы. Поэтому механизм первичного накопления урана в планктоногенном материале черных сланцев лучше всего исследовать в голоцен-четвертичных черных илах морей.

Непонятно, почему именно уран Неручев сделал главным «героем» биотических событий прошлого. Общеизвестно, что в составе планктоногенных организмов, преимущественно формирующих органическую часть черных сланцев, преобладает углерод. Согласно условной формуле Редфильда, состав планктона обычно представляют так:  $(\text{C}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_{16}(\text{H}_3\text{PO}_4)$ . Как видно, основные составляющие планктона — углерод, кислород, азот и фосфор. Это жизненно необходимые и количественно преобладающие химические ве-

щества, и их геохимические циклы в Мировом океане определяют главные моменты жизни планктона. Кроме этих главных компонентов в нем присутствуют — Ca, Si, Mn, Co, Fe, Zn и (в небольшом количестве) U, Cu, Ni, Cr, Cd, Hg, Mo, As и др. Содержание урана колеблется от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1.8 \cdot 10^{-4}\%$ , в среднем составляя  $1 \cdot 10^{-4}\%$  [16, 17].

Примерно те же геохимические соотношения отражаются в сформированных за счет планктона черных сланцах.

Неужели способность к радиоактивному распаду делает уран элементом, определяющим и изменяющим всю биологическую жизнь в древних водоемах?

Утверждая катастрофический ход событий во время сланцеобразования, Неручев почти всю четвертую главу посвящает сравнению видового состава биоса до и после этого события. При этом, само собой разумеется, анализируются только фанерозойские эпохи.

В большинстве случаев метод исследования довольно прост. Типичные для него диаграммы демонстрируются на рис.2.

Чаще всего Неручев на глазок вырисовывает максимумы концентрации органического вещества и урана и располагает их в центре диаграммы. Они считаются переломными моментами в жизни биоса палеоводоема. Затем по литературным данным выписываются (иногда и под-

**Таблица 5**  
**Распределение урана в палеозойских сланцах [15]**

Местонахождение	Возраст	Наименование сланцев	Содержание урана, $10^{-4}\%$	
			среднее	отклонение
Германия	пермь	Купфершифер	39	38
Канзас (США)	пенсильваний	Канзас	16	10
Пенсильвания (США)	пенсильваний	Аллигейни	4	2
Франция	карбон	Сент-Ипполит	1244	6054
Пенсильвания (США)	девон	Шеманг	3	2
Пенсильвания (США)	девон	Гамильтон	6	2
Нью-Мексико (США)	девон	Вудфорд	9	10
Огайо (США)	девон	Огайо	10	8
Теннесси (США)	девон	Чаттануга	62	24
Пенсильвания (США)	ордовик	Редсвилл	4	2
Швеция	кембрий	Квасцовый	168	254

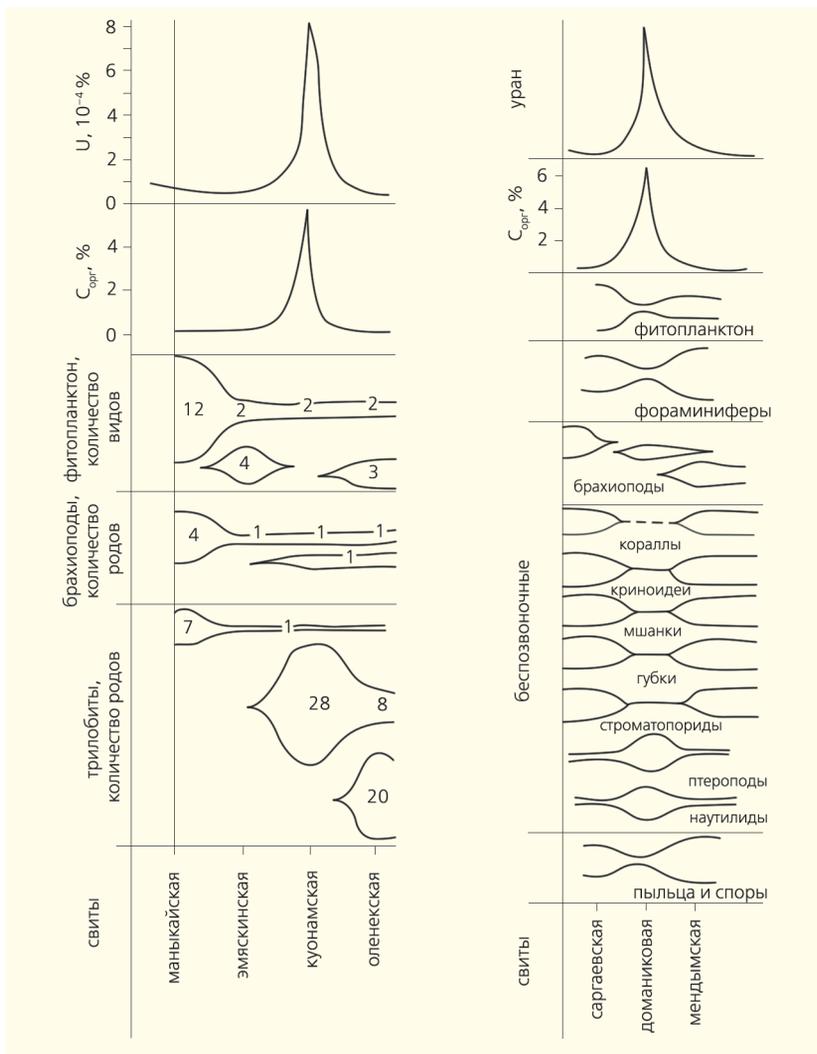


Рис.2. Зависимость смены биоса от стратиграфического положения черных сланцев в кембрии и девоне [3].

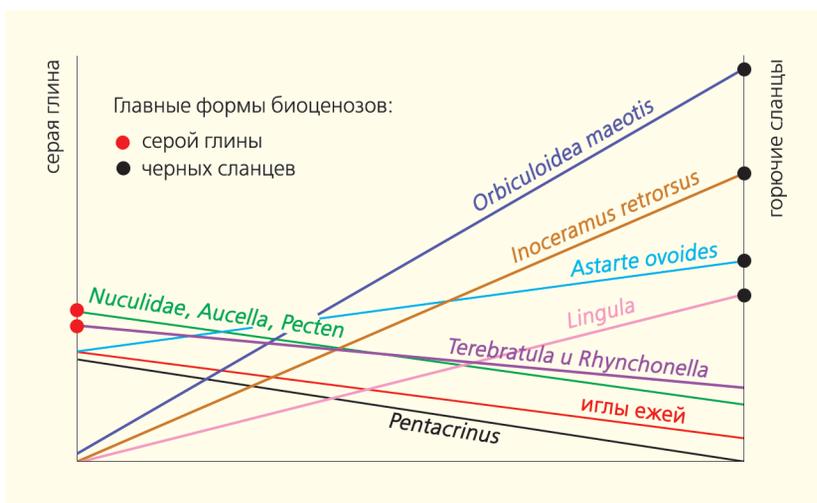


Рис.3. Изменение состава фауны моллюсков в зависимости от фациального состава волжских отложений [9].

считываются) формы ископаемых, обнаруженных ранее и позднее критического события. А priori выявленные различия в распространении организмов связываются с влиянием урана, растворенного в водах древних исследуемых палеоводоемов.

В этих построениях совершенно отсутствует характеристика литологического состава и фациальных особенностей осадочных отложений, содержащих фауну. То, что фациальный контроль определяет не только состав осадочных отложений, но и их фаунистическую характеристику, хорошо подтверждает диаграмма распределения ископаемых биоценозов в толще нижеволжских горючих сланцев (рис.3), выполненная Страховым [9]. Сочетание фаунистических остатков в фациях серых глин и черных сланцев резко различаются между собой.

В настоящее время катастрофическим биотическим событиям разного масштаба посвящена огромная литература. Причины, вызывающие смену биоценозов, многолики и разномасштабны. К ним относятся: изменение климата, соленость вод, трансгрессий и регрессий, перестройка гидродинамики палеоводоемов, изменение содержания разных химических элементов и многие другие факторы.

В заключительных главах монографии, развивая исследования своих предшественников, Неручев описывает важнейшие эпохи сланцеобразования в истории Земли, располагает их в соответствии с галактическими периодами, проявившими себя в фанерозое, и пытается увязать их стратиграфическое распространение с фазами складчатости и эпохами рифтогенеза [18].

Чтобы решить вопрос о происхождении эпох формирования сланцев в пределах фанерозоя, мы построили диаграмму (рис.4), на которой по данным Неручева нанесено стратиграфическое положение глобальных и региональных эпох сланцеобразования (VI). На деталь-

ной стратиграфической колонке (I) охарактеризованы циклы галактического года (II), периоды сжатия и расширения планеты (III) и общая тепловая характеристика климата Земли (IV) [19]. Кроме того, на графике представлены кривая эвстатических колебаний уровня Мирового океана, трансгрессий и регрессий (V) [20], а также диаграмма количественного распространения вулканических пород (VIII) [21].

В графах VI и VII, кроме стратиграфической принадлежности эпох сланцеобразования, по данным российских и американских исследователей, показаны относительные запасы урана, связанные с черносланцевыми толщами (VI) или заключенные в инфильтрационных гидрогенных скоплениях в песчаниках, известняках и других проницаемых породах (VII).

При анализе рисунка мы видим, что три самые крупные глобальные эпохи сланцеобразования (венд—кембрий, девон и верхняя юра) совпадают с эпохами растяжения Земли, которые, в свою очередь, синхронизируются с периодами максимального распространения вулканических пород на суше и в океане [22]. Исключение составляет венд и кембрий, где геологов встречают затруднения чисто стратиграфического порядка.

Попытки более детального сопоставления региональных эпох сланцеобразования, распространения вулканических пород и эвстатических колебаний уровня Мирового океана (трансгрессий и регрессий) не дают отчетливых положительных результатов.

В связи со всеми этими построениями наиболее продуктивной представляется гипотеза А.Б.Ронова [21], связывающая избыток или недостаток органического вещества в морях и океанах с балансом углекислоты.

Общеизвестно, что фитопланктон морей и растительность суши в результате фото-

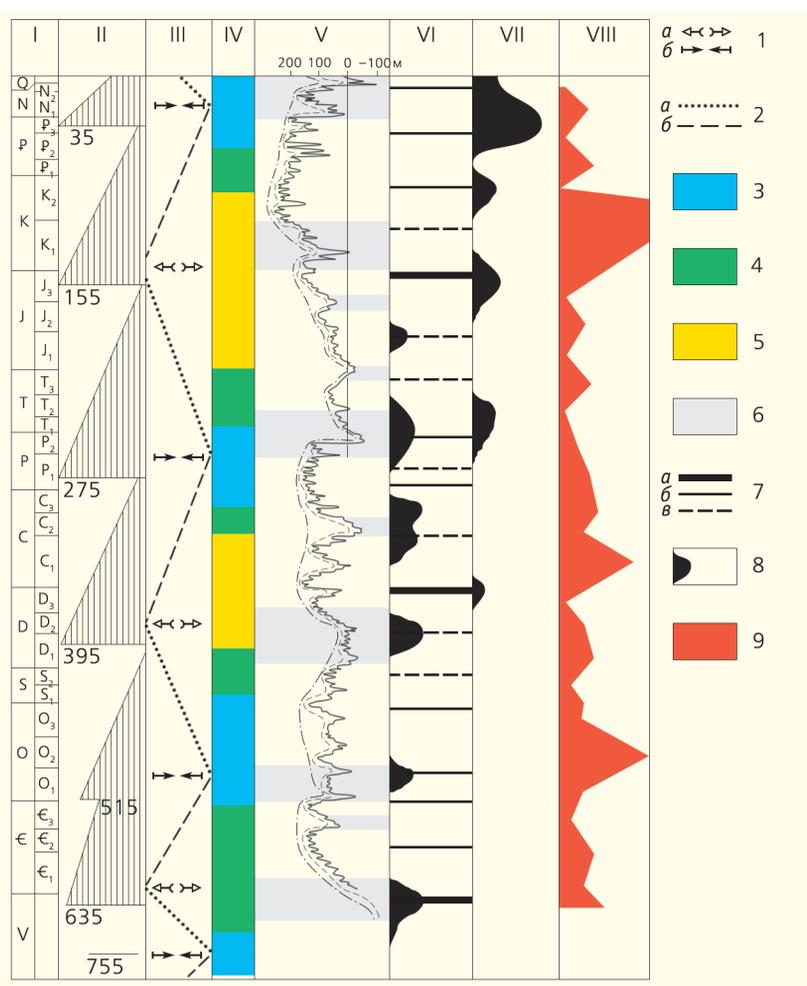


Рис.4. Эпохи сланцеобразования в истории Земли [3] и их сопряженность с интенсивностью вулканизма [21], эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана [20], общими характеристиками климата планеты и галактическими периодами [19]. 1 — максимумы напряжений в галактике (а — растяжения, б — сжатия); 2 — нарастание напряжений (а — растяжения, б — сжатия); 3—5 — типы общего климата планеты: 3 — холодный, 4 — умеренный, 5 — теплый; 6 — периоды устойчивых трансгрессий и регрессий, связанные с колебаниями уровня Мирового океана; 7 — положение эпох формирования черносланцевых толщ [3]: а — глобальных, б — региональных, в — предполагаемых; 8 — примерные запасы урана в палеозойских черных сланцах (VI) [19] и в мезозойско-кайнозойских песчаниках и известняках (VII) [19]; 9 — распространение вулканогенных пород в стратифере Земли [21].

синтеза поглощают огромное количество CO<sub>2</sub> и выделяют O<sub>2</sub>. Резерв углекислоты в атмосфере Земли непрерывно уменьшается, однако вынос огромных масс CO<sub>2</sub> из ее недр во время извержений вулканов и усиление гидротермальной деятельности компенсируют возникающий дисбаланс.

Углекислота атмосферы поглощается водами Мирового

океана и, с одной стороны, обеспечивает жизнь фитопланктона, что способствует формированию черносланцевых осадков и черных сланцев в чехле морей и океанов, а с другой — рождает в водной среде гигантское количество биогенных и хемогенных карбонатов.

Обоснованность таких построений доказывается синхронностью распределения масс вул-

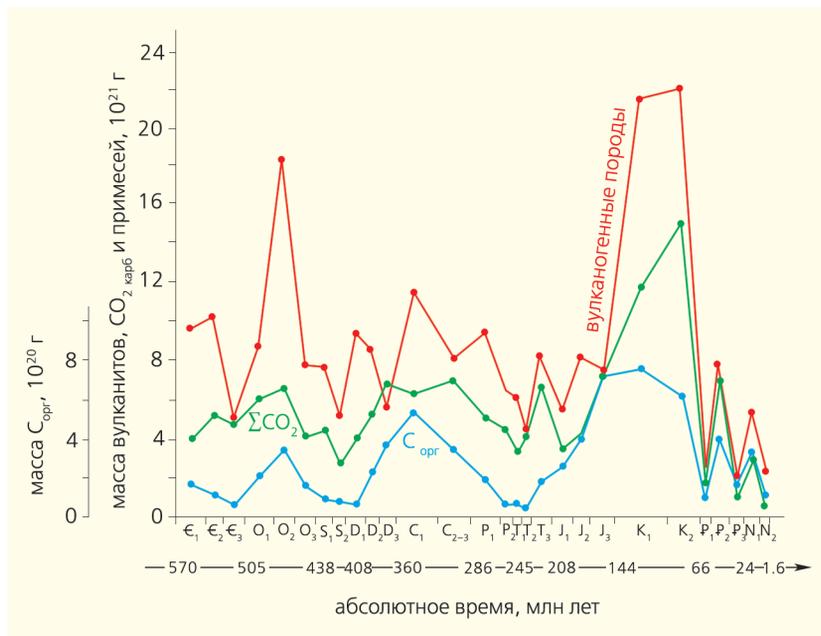


Рис. 5. Изменение во времени объема вулканических пород, углекислоты (CO<sub>2</sub>), заключенной в карбонатных породах, и рассеянного органического вещества (C<sub>орг</sub>) [21].

канических пород, CO<sub>2</sub> карбонатных пород и остаточного углерода (рис.5), а также хорошей корреляцией между поведением рассеянного углерода и запасами углеводородных газов, угля и нефти [21].

Таким образом, главный фактор формирования эпох сланценакопления в истории Земли — поведение углерода (а возможно, также и азота и фосфора). Уран и другие малые элементы (несмотря на их важную роль во многих областях человеческой деятельности) — постоянные спутники скоплений планктоногенного органического вещества, но они второстепенные участники процессов концентрации углерода.

Именно так рассматривали поведение органического вещества и урана многие геохимики.

Определяющая роль биоса в поведении урана подчеркивается еще и тем (рис.4), что на рубеже палеозоя и мезозоя—кайнозоя происходит резкая смена наиболее характерных осадочных месторождений урана. Для палеозоя типична концентрация урана в черных

сланцах, тогда как в верхних отложениях фанерозоя распространены урановые руды «гидрогенного» типа, приуроченные к континентальным и морским породам-коллекторам (рис.4, VI, VII).

Такая инверсия, по-видимому, отражает общее увеличение биомассы биосферы и захват наземной растительностью огромных площадей суши на континентальном блоке Земли.

Все сказанное делает очевидной главную ошибку Неручева: он переставил местами причину и следствие и сделал главным фактором процесса явление второго порядка.

### Черные сланцы и техногенные катастрофы

Беленицкая предлагает еще один вариант, объясняющий образование черных сланцев пополнением биотического потенциала палеоводоемов за счет высачивания, а иногда даже катастрофического прорыва нефтяных углеводородов из недр Земли [4, 5].

Опять «научная гипотеза» навеяна современными трагическими событиями в Мексиканском заливе, где летом 2010 г. инженерные ошибки сотрудников компании «British Petroleum» привели к подводному фонтанированию нефтяной скважины, распространению нефти на огромной площади и загрязнению акватории и берегов прилегающих штатов США.

В описании возникающих при авариях проблем и в характеристике деталей явлений Беленицкая обнаруживает большие литературные способности и эрудицию. Яркими красками рисует она прорывы нефти и газа, движение солей, устремления растворов, излияния асфальта и их вторичных преобразований. И в то же время после прочтения этих статей остается некая неудовлетворенность. А возникает она потому, что автор либо не рассматривает сам механизм явления в целом, либо рассматривает, но дает ему совершенно неверное объяснение.

Так, в статье «Мексиканский соляно-нефтяной реактор» [5] собран очень большой и интересный литературный фактический материал, характеризующий геологическое строение, нефтегазоносность, соляную тектонику и грязевой вулканизм мексиканской провинции.

Автор с большой детальностью и образно описывает самые различные проявления углеводородов в провинции Галф Кост. Но, переходя к их происхождению, начинает блуждать в тумане. Многие особенности бассейна, да и само название статьи говорят в пользу саморазвития этого региона, в пользу формирования соляных штоков, нефтегазопоявлений, асфальтитовых покровов и грязевых вулканов за счет преобразований самих мезозойско-кайнозойских осадочных толщ.

Однако тут же Беленицкая намекает на огромную роль обширного базальтового (океанического) пятна, вертикальную

тектоническую проницаемость осадочных толщ региона и квантовые прорывы флюидных потоков из недр планеты, скорее всего, имея в виду поступление флюидов в стратисферу из глубин.

При этом автор ни слова не говорит о самом механизме явления. Между тем основа таких элизионных процессов — погружение осадочных толщ в область повышенных температур и давлений. Вследствие этого происходят трансформация и дефлюидизация глинистых минералов, органического вещества и эвапоритовых пластов в условиях замкнутых физико-химических систем, образование сверхвысоких пластовых давлений и последующих периодических прорывов пластических масс, растворов и нефтей на поверхность или дно морских водоемов [22—24].

Значительно хуже обстоит дело с другой статьей того же автора [4]. В ней Беленицкая описывает результаты техногенных катастроф скважин, оценивает и другие аварийные разливы нефти, показывает влияние этих событий на бассейновые экосистемы, особенно подчеркивая и классифицируя микробиологические сообщества. В статье очень образно описывается гибель нафтофобных и расцвет нафтофильных биоценозов. Среди нафтофильных Беленицкая различает окисляющие микроорганизмы и попутчиков микробных биоценозов — планктонные организмы. Последние создают микробные биомассы, отлагающиеся при ликвидации разлива на дне Мексиканского залива в виде биогенного слоя. «Главный седиментационный итог разлива, — пишет автор, — тонкий слой темных илстых отложений с повышенным содержанием органического вещества нафтогенной природы» [4. С.22]. Далее следует утверждение, что агрегаты остаточной нефти в нем очень похожи на выделения битумоидов в квар-

цевых сланцах Швеции и ордовикских сланцах Прибалтики, что они обогащены легкими изотопами углерода так же, как черносланцевые образования, и содержат близкий набор элементов-примесей (Ni, V, Co, Pb, Cu, As, Hg, U, Mo и др.). Завершает описание вывод: «Аварийные выбросы нефти вполне могут рассматриваться как аналоги природных очагов разгрузки углеводородов», а эти последние, в свою очередь, могут служить причиной формирования толщ черных сланцев [4. С.33].

Оценивая эту новую модель сланцеобразования, следует прежде всего подчеркнуть, что огромное количество современных естественных выходов нефтяных углеводородов на суше и в морях стало известно главным образом потому, что нефтяники не различают разгрузки углеводородных газов (сипов, метановых источников, газогидратов, УВ-потоков) и жидкой нефти.

Между тем, если сравнить их распространенность, станет ясно, что выходы собственно нефтяных источников весьма невелики и ограничиваются узкими нефтеносными площадями. По данным Р.Д.Вильсона с соавторами [25], в Мировом океане насчитывается около 190 естественных выходов нефти, представляющих в морскую воду всего лишь 0.6 млн т/год органического углерода ( $C_{орг}$ ).

По подсчетам Е.А.Романкевича [26], фитопланктон ежегодно отдает в океан 30000 млн т  $C_{орг}$ , подводные вулканы — 10 млн т, а деятельность человека, включая техногенные катастрофы, — примерно 5 млн т  $C_{орг}$ . Последнее значение хорошо согласуется с данными самой Беленицкой, согласно которым техногенные нефтяные катастрофы с 1970 до 2010 г. внесли в океан только 2 млн т нефти.

По данным профессора Российского государственного университета им.И.М.Губкина С.Хаджиева, мировые запасы углеводородов включают в себя

820 млрд т тяжелой нефти и 180 млрд т легкой. По сравнению с такими количествами природные самоизлияния жидких углеводородов на суше и в море ничтожны. Причина этого очевидна.

Атмосфера Земли содержит 75.5% азота и 23.01% кислорода; кроме того, огромное количество кислорода содержится в водах Мирового океана и в поровых водах верхней оболочки стратисферы.

Нефть представляет собой восстановительную среду. При прямом или микробиологическом взаимодействии с кислородом (или с окислителями типа  $SO_4^{2-}$ ) она окисляется. В ней возрастает количество тяжелых эпинафтидов (мальт, асфальтов, асфальтитов, керитов и др.), и она теряет свою миграционную способность — легкость проникновения в поры пород, трещины и каверны. С течением времени и по мере развития окисления (а в нем обычно принимаю участие разнообразное сообщество микроорганизмов) в порах и трещинах образуются кольматации и пробки, препятствующие свободному самоизлиянию. Нефтяные залежи запечатывают сами себя.

Получается, что кислородная оболочка Земли предохраняет сушу и море от массовой нефтяной экспансии и по существу ограждает человечество от нефтяных катастроф. Только интенсивное бурение скважин, жадность и неквалифицированность специалистов вызывают техногенные прорывы нефти на поверхность (или в море), ее самовозгорание и аварии. Однако вряд ли эти явления могли происходить в геологическом прошлом.

Обращают на себя внимание и огромные масштабы процессов сланцеобразования в геологической истории нашей планеты. Так, например, черные сланцы вендско-кембрийского времени (особенно типичные для древних осадочных толщ Евразии) образовывались на протя-

жении 6 млн лет и располагались на площади более 2 млн км<sup>2</sup>\*. Эта эпоха сланцеобразования реализовалась в пределах Южного Казахстана, Тянь-Шаня, Приморья, на Сибирской платформе, в Северной Корее, КНР и даже в Западной Европе. По сравнению с этими грандиозными геологическими проявлениями техногенные катастрофы Мексикан-

\* Расчеты возраста и распространения черных сланцев в связи со сложностью стратиграфических сопоставлений довольно условны; они, скорее, отражают порядок оценок.

ского залива — мелкие и мгновенные неприятности.

Верхнедевонская эпоха накопления черных сланцев охватила Приуралье (Россия), Днепровско-Донецкий авлакоген (Украина), рудные районы Мансфилда (Германия), штаты Теннесси, Кентукки, Алабама, Канзас, Оклахома, Арканзас (США). Она продолжалась около 4 млн лет и заняла площади, превышающие 1 млн км<sup>2</sup>.

Наконец, верхнеюрское аноксическое событие (последняя глобальная эпоха сланцеобразования) проявилось в пределах За-

падно-Европейской платформы и на Западно-Сибирской низменности. Оно продолжалось примерно 4 млн лет и также реализовалось на площади более 1 млн км<sup>2</sup>.

Не вызывает никакого сомнения, что все упомянутые грандиозные геологические события никак нельзя связать с образованием тонкого слоя органического ила на дне Мексиканского залива. Здесь Беленицкая по-существу повторила методическую ошибку Неручева — подняла на щит причину, несоизмеримую с грандиозными следствиями. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-05-64033.**

## Литература

1. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. М., 1977.
2. Холодов В.Н., Недумов Р.И. Рудообразующее значение черных сланцев (на примере фосфатных и марганцевых руд) // Литология и полез. ископаемые. 2011. №4. С.362—395.
3. Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. Л., 1982.
4. Беленицкая Г.А. Последствия нефтяных катастроф глазами седиментолога // Природа. 2010. №2. С.25—34.
5. Беленицкая Г.А. Мексиканский соляно-нефтяной реактор // Природа. 2011. №3. С.18—31.
6. Батурич Г.Н. Уран в современном морском осадкообразовании. М., 1975.
7. Волков И.И. Основные закономерности распределения химических элементов в толще глубоководных осадков Черного моря // Литология и полез. ископаемые. 1973. №2. С.3—32.
8. Батурич Г.Н., Коченов А.В., Шимкус К.М. Уран и редкие металлы в колонках донных осадков Черного и Средиземного морей // Геохимия. 1967. №1. С.3—41.
9. Страхов Н.М. Горючие сланцы зоны *Perisphinctes Panderi* d'Orb. Очерк литологии // Бюлл. МОКП. Нов. сер. Т.42. Отд. геол. Т.12. №2. С.200—250.
10. Герасимовский В.И. Геохимия урана в магматическом процессе // Основные черты геохимии урана. М., 1963. С.46—70.
11. Рехарский В.И., Крутецкая О.В. Уран в породах северо-западных отрогов Северного Тянь-Шаня // Известия АН СССР. Сер. геол. 1961. №7. С.25—38.
12. Лисицин А.К. Гидрогеохимия рудообразования. М., 1975.
13. Гурвич Е.Г. Металлоносные осадки Мирового океана. М., 1998.
14. Гуськова В.Н. Уран. Радиационно-гигиеническая характеристика. М., 1972.
15. Bates T.E., Strahl E.O. Mineralogy and chemistry of uranium — bearing black shales (доклад № 1910, США) // Тр. Второй межд. конф. по мирн. исп. атомной энергии. Изд-во ООН, 1959. P.93—99.
16. Ku T.Z. An evaluation of the  $U^{234}/U^{238}$  method as a tool for dating pelagic sediments // Journ. Geophys. Res. 1965. V.70. №14. P.34—57.
17. Miyake Y., Sarubashi K., Sugi mura Y. Biochemical balance of natural radioactive elements in the ocean // Rec. Oceanogr. Works. New Series. 1968. V.9. №2. P.179.
18. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли. М., 1983.
19. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. М., 2000.
20. Vail P.Q., Mitchum R.M., Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level pant: Global cycles of relative changes of sea level // Mem. Am. Assoc. Petrol. Geol. 1977. V.26. P.83—97.
21. Ронов А.Б. Стратисфера или осадочная оболочка Земли (количественное исследование). М., 1993.
22. Холодов В.Н. Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах. М., 1983.
23. Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса. М., 2006.
24. Холодов В.Н. Элизионные системы Днепровско-Донецкого авлакогена // Литология и полез. ископаемые. 2011. №6. С.568—590.
25. Wilson R.D., Monaghan P.H., Osanik A et al. Natural marine oil seepage // Science. 1974. V.184. №4139. P.28—64.
26. Романкевич Е.А. Геохимия органического вещества в океане. М., 1977.