

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ МОРСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ГЕОХИМИИ

Степаняк Ю.Д.

На основании обобщения и анализа обширного теоретического и фактического материала рассмотрены проблемные и дискуссионные вопросы морской ландшафтной геохимии. Сопоставлены методологические основы и принципы выделения ландшафтно-геохимических таксонов на континентах и в морях, показана неадекватность их экстраполяции. Предложено новое представление морских геохимических ландшафтов.

Ключевые слова: ландшафт, геохимия, донные осадки, фация, седиментосфера, миграция элементов.

Ландшафтная геохимия, как самостоятельная отрасль науки, начала свое развитие в середине минувшего столетия. В это время появляются первые обобщающие труды Б.Б. Польшова [1, 2] с изложением руководящих идей и теоретических основ геохимии ландшафтов. В дальнейшем новое научное направление плодотворно развивали А.И. Перельман [3, 4], М.А. Глазовская [5, 6], А.В. Гедымин [7, 8], В.А. Алексеенко [9, 10], Н.С. Касимов [11] и многие другие. В результате сформировались две научные школы, возглавляемые А.И. Перельманом и М.А. Глазовской, исповедующие разные принципы и подходы к ландшафтно-геохимической классификации, таксономии и картографированию. Междисциплинарность науки (стык ландшафтоведения и геохимии), ее относительная молодость являются причиной того, что к настоящему времени не существует устоявшихся понятий ландшафтно-геохимической классификации о содержании и иерархическом устройстве основных объектов исследования – территориально-природных комплексов. Если для условий суши теоретические разработки проблемных вопросов все же многочисленны и в разной мере решены, то морская ландшафтная геохимия находится только в стадии становления. И, к сожалению, следует констатировать, что эта отрасль знания, весьма важная в поисковом и природоохранном аспектах, в настоящее время практически не развивается.

В разное время исследованием морских ландшафтов занимались Л.С. Берг, Г.У. Линдберг [12], Е.Ф. Гурьянова [13], К.М. Петров [14], В.Х. Геворкьян [15], а геохимией ландшафтов - Ю.П. Баденков [16, 17], В.А. Алексеенко [9, 18, 19], А.Д. Хованский в соавторстве с В.П. Усенко и А.Ю. Митропольским [20, 21] и некоторые другие. Ландшафтно-геохимические построения А.Д. Хованского с соавторами [20, 21] и В.А. Алексеенко [9] являются первыми удачными попытками ландшафтной структуризации водных систем с позиции научной школы А.И. Перельмана. Используя руководящие идеи Б.Б. Польшова, морские геологи экстраполировали методические приемы континентальной аэральной и супераквальной ландшафтной геохимии на морские ландшафты. Между тем, ландшафты суши и моря отличаются геохимическими конценрациями, фазовым состоянием мигрантов и носителей потоков вещества и энергии, ролью и наличием геохимического сопряжения. Это вынуждает вносить существенные коррективы в

геохимическую классификацию ландшафтов. Недоучет принципиальных различий морских и континентальных ландшафтов приводит к тому, что в вышеуказанных построениях практически отсутствует собственно геохимическое наполнение: различие в геохимии ландшафтов *предполагается* в силу различий в них физико-химических условий миграции атомов. Такой посыл в принципе абсолютно верен, однако, если сопоставить ландшафтно-геохимическую схему А.Д. Хованского [20, 21] со схемами распределений отдельных элементов, их ассоциаций или групп в воде, осадках или взвеси, составленных А.Ю. Митропольским [22] или Н.М. Страховым [23] (даже с учетом их существенной генерализации), становится очевидным отсутствие какой-либо закономерности в уровнях концентраций элементов с развитием тех или иных геохимических ландшафтов. Это свидетельствует о наличии внутренних противоречий ландшафтно-геохимических построений, связанных, в первую очередь, с принципами выделения иерархических уровней ландшафтов, учетом роли миграционных процессов при выделении тех или иных таксонов.

Накопленный к настоящему времени обширный фактический и теоретический материал позволяет переосмыслить сложившиеся представления о методике ландшафтно-геохимических исследований и картографирования применительно к условиям морей и океанов. Очевидны две группы вопросов, требующие первоочередного обсуждения и решения:

– вопросы общих методологических основ и принципов морской ландшафтной геохимии;

– вопросы ландшафтно-геохимической классификации и систематики (таксономии и типологии) океанов и морей.

Последний вопрос напрямую связан с прикладной отраслью - ландшафтно-геохимическим картографированием.

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ МОРСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ГЕОХИМИИ

Ландшафтная геохимия – наука о закономерностях миграции, рассеяния и концентрации атомов в ландшафте [6]. В данном, ставшем классическом определении применен термин «атом» - элементарная единица, на которую в общей геохимии принято пересчитывать концентрацию любого элемента, вне зависимости от форм его нахождения (молекулы, ионы, комплексы). Такой подход весьма удобен для поисковых целей, геоэкологических исследований промышленно-городских агломераций, шахтных полей, ГОКов и т.д. Однако, в настоящее время, особенно в морской геоэкологии (исследующей бассейн конечной аккумуляции) все чаще приходится изучать геохимические циклы миграции сложных соединений, не допускающих пересчет на атомарный уровень: пестицидов, полихлорбифенилов, диоксинов, цианидов, фенолов, СПАВ, углеводов (жидких и газообразных), липидов и других органических и органоминеральных комплексов, играющих роль лимитирующих факторов экосистемы только в своем изначальном или метаболизированном состоянии. Кроме того, процессы миграции и трансформации сложных соединений неизбежно влекут изменения энергетического и

информационного (в смысле степени разнообразия вещества) поля изучаемой системы (ландшафта). Перечисленные процессы в отношении как атомов, так и сложных соединений характерны преимущественно для самой верхней зоны литосферы (а в морях и океанах - и седиментосферы) и являются предметом изучения ландшафтной геохимии. В связи с этим, в современном представлении *ландшафтная геохимия – наука о закономерностях миграции (рассеивания, концентрации) и трансформации вещества, энергии и информации в ландшафте*. Таким образом, наряду с другими науками (геохимией магматизма, метаморфизма, метасоматоза, гипергенеза) геохимия ландшафтов является особой отраслью общей геохимии, которая изучает, по В.И. Вернадскому [24], геологические процессы на атомарном уровне.

Основная цель ландшафтной геохимии состоит в расшифровке особенностей пространственно-временных изменений геохимии окружающей среды в зависимости от современных физико-химических, гидродинамических и других процессов, которые диктуются или обуславливаются ландшафтной ситуацией. Указанные процессы определяют поведение элементов и соединений, а, в общем случае, современный ход геохимических процессов. Иными словами изучаются причинно-следственные геохимические связи и их реализация в современных ландшафтах, что и определяет их геохимическую дифференциацию.

Согласно представлениям Б.Б. Польшова [2], ландшафты по условиям миграции химических элементов делятся на три группы: элювиальные, супераквальные (надводные) и субаквальные (подводные). Последний термин в дальнейшем большинство исследователей [6, 10, 15, 18, 21] заменили термином «аквальный» (водный) ландшафт, поскольку «субаквальный ландшафт» не включал водную массу с организмами, растворенными и взвешенными минеральными и органическими веществами. Однако, руководствуясь логикой этих же авторов, в отношении дословного определения термина «субаквальный», водный ландшафт должен представлять собой поверхность акватории (водная гладь, рябь, зыбь, штормовое волнение, покрытый или свободный от растительности и т. д.). Поэтому правомочно говорить о морских, речных, озерных, океанических ландшафтах, состоящих из двух подсистем – субаквальной (для морей - субмаринной) и аквальной. Именно такой системный подход методологически утвердил основоположник геохимии ландшафта Б.Б. Польшов [1], писавший в 1952 году: «Наш основной интерес сосредоточен не на теории ландшафта самой по себе и не на тех или иных элементах ландшафта, а на ландшафте, как известном по качеству и количеству сочетаний процессов взаимодействия между природными явлениями и предметами известной категории... Необходимо также иметь в виду, что ландшафт мы должны рассматривать не только как эффект взаимодействия природных процессов, но и как систему, осуществляющую работу этого взаимодействия».

В ландшафтной геохимии принято подразделение ландшафтов на элементарные и геохимические [2]. Согласно М.А. Глазковской [6] элементарный ландшафт – литологически однородная территория, находящаяся в пределах одновозрастного элемента рельефа, занятая в каждый данный момент определенным биоценозом, характеризующейся однородной на всем протяжении

почвой. Это – неделимый ландшафтный индивидуум. Функционирование элементарного ландшафта осуществляется путем обмена веществом, информацией и энергией между его блоками при многократном изменении химического и фазового состояния вещества. Блоки ландшафта – литогенная основа, почва (субблоки – почвенные горизонты), биота, грунтовые и почвенные воды, приземный слой атмосферы – представляют звенья его вертикальной организации. Геохимический ландшафт – природная геосистема, состоящая из сопряженных элементарных ландшафтов, сменяющих друг друга от местного водораздела (автономные ландшафты) к местной депрессии рельефа (подчиненные ландшафты) и связанных латерально направленными миграционными потоками (по М.А. Глазовской – ландшафтно-геохимическая система или катена). Считается возможным использовать в геохимии ландшафтов континентов систему подразделений физической географии, при этом географической фации будет соответствовать элементарный ландшафт, местности – геохимический [25].

Насколько адекватно использование вышеуказанных топологических единиц, выделенных для азральных ландшафтов в условиях аквально-субаквальных систем океанов и морей? Ответ на этот вопрос возможен после системного анализа принципиальных сходств и отличий ландшафтов континентов и морей (океанов), критериев выделения таксонов, отражающих сущность организации ландшафтно-геохимических систем.

1.1. Представление континентальных и морских геохимических ландшафтов

Континенты представляют собой сложное сочетание ландшафтно-геохимических арен (совокупности катен) различных порядков, в которых развиты ландшафты с преобладанием одного из процессов: выноса (выщелачивания), транспорта, промежуточной аккумуляции вещества. Морские и океанические ландшафты по отношению к континентальным расположены в бассейне конечной аккумуляции. Однако, внутри бассейнов также возможно выделение ландшафтов с преобладанием процессов выноса, транспорта, промежуточной и конечной аккумуляции. Как известно, расположенные гипсометрически выше ландшафты суши, в которых преобладают миграционные процессы выноса вещества над их поступлением извне именуется автономными (элювиальными). Расположенные гипсометрически ниже ландшафты, через которые мигрирует или осаждается в их пределах поступающий извне (расположенных выше ландшафтов) материал называются подчиненными (транзитными, гетерономными). Согласно устоявшимся представлениям [10, 19, 20] для морских и речных ландшафтов автономные позиции не выделяются в силу их тотальной подчиненности расположенным выше континентальным ландшафтам. Однако, руководствуясь *принципом* автономности – преобладания выноса вещества над его поступлением - становится очевидным необходимость выделения автономных морских и океанических ландшафтов. Это, в первую очередь, абразионные (прибрежные) и донно-абразионные (бенчи) ландшафты с преобладанием механического выноса вещества; выходы коренных пород, не перекрытых осадками на крутых склонах (континентальных окраин,

срединно-океанических хребтов, гайотов) где происходит гальмиролиз пород с преобладанием химического выщелачивания вещества. Таким образом, автономные морские и океанические ландшафты не всегда привязаны к определенному гипсометрическому положению.

Отдельные исследователи [26] рассматривают прибрежно-шельфовые зоны как ландшафтно-геохимические мезоарены концентрации геохимических элементов. Такое представление шельфа справедливо в случае глобального рассмотрения его как элемента сопряжения суши и моря, промежуточного звена между ландшафтами континента и глубоководной части моря. Арена – совокупность катен, ограниченных общим водосборным бассейном, где главную роль играет ландшафтно-геохимическое сопряжение. Для условий суши сопряжение реализуется в основном посредством гравитационных процессов - механической миграции при струйном и площадном смывах, инфильтрации, фильтрации и испарении почвенных растворов и грунтовых вод. Для геохимических ландшафтов морей и океанов основную роль в их сопряжении играет гидродинамический фактор – перенос вещества течениями (ветровыми, стоковыми, термохалинными), водно-гравитационная сортировка, сорбция донными осадками, последующая десорбция в придонный слой воды, транспорт придонными течениями и последующая сорбция осадками иного ландшафта. В морях и океанах гравитационные силы, приводящие к движению поровых вод (в первом приближении – почвенных растворов) практически полностью уравниваются гидростатическим давлением, пропорционально возрастающим с глубиной и препятствующим миграции (стоку) иловых вод в направлении от высших ландшафтных уровней к низшим (подножию подводного склона). Таким образом, латеральная геохимическая связь между морскими ландшафтами осуществляется посредством активной роли как придонной, так и поверхностной водной толщи. Эта геохимическая связь по определению не адекватна ландшафтно-геохимическому сопряжению, поскольку донные ландшафты гипсометрически вышерасположенные как эпизодически, так и регулярно могут абсорбировать геохимическую информацию ландшафтов различных (ниже- и вышележащих) уровней, извлеченную при штормовых, гипоксических, других явлениях и перемещенную системой течений.

В связи с этим возникает вопрос, существуют ли элементарные и геохимические ландшафты в морях и океанах, аналогичные по смыслу континентальным? Для этого рассмотрим их геохимические концентры.

1.2. Геохимические концентры ландшафтов – почвы и донные осадки.

Почва – сложная, динамическая, неравновесная биокосная система, образовавшаяся на литогенной основе при взаимодействии живых организмов, твердых, жидких и газообразных веществ в определенных климатических и геоморфологических условиях. Донные осадки океанов и морей также являются неравновесными биокосными системами. В.И. Вернадский указывал на сходство осадков с почвой: «Ил... является природным телом, у которого существует очень глубокая аналогия с почвой. Это подводные почвы, где гидросфера занимает место атмосферы» [24]. А.И. Перельман считал аналогом почвообразовательного процесса

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ МОРСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ГЕОХИМИИ

в илах диагенез [27]. Действительно, строение и свойства донных осадков отражают две стороны подводного осадконакопления. С одной стороны осадки литологически подчиняются закономерностям гидродинамической (водно-гравитационной) дифференциации осадочного процесса в качестве современного геологического образования. С другой стороны – работа живого вещества и радиальная дифференциация, приводящая к расчленению осадка по вертикали на горизонты сближают его с почвой. В первую очередь это справедливо по отношению к осадкам континентальных водоемов, прибрежных мелководных лиманов, лагун и заливов. Верхний слой донных осадков этих бассейнов обнаруживает максимальное морфологическое сходство с полугидроморфными и гидроморфными почвами: здесь профиль четко дифференцирован на горизонты с резко различными окислительно-восстановительными условиями и ассоциациями накапливающихся и рассеивающихся элементов. С увеличением глубинности формирования осадка и мощности накопившихся ранее морских отложений, возрастает роль диагенеза.

Однако, несмотря на определенное сходство донных осадков морей и океанов с почвами континентов, между ними существуют значительные отличия, в первую очередь, в протекающих здесь геохимических процессах, приводящих к радиальной дифференциации.

Разделение почвенного профиля на горизонты (А, Б, С) и подгоризонты происходит при активном участии вод, имеющих в избытке или недостатке: грунтовых, почвенных и метеорных. При движении вод сверху вниз формируются иллювиальные горизонты вымывания, карбонатакопления и др.; при движении снизу вверх – преимущественно солевые горизонты. Положение (глубина залегания) грунтовых вод определяет формирование автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных почв. Вертикальный профиль почв определяет его миграционную структуру – чередование горизонтов выщелачивания и аккумуляции на барьерах тех или иных элементов. Наиболее напряженные геохимические поля в верхней части почвенного профиля, с глубиной они значительно выравниваются, достигая минимума в горизонте С – почвообразовательной породе, или в зоне полного насыщения ниже уровня грунтовых вод. В донном осадке отсутствует зона аэрации, соответственно активного вертикального профилообразующего движения поровых вод не происходит. Вместо почвенно-геохимических горизонтов осадок дифференцирован на слоистые седиментационные градации. Соответственно, отсутствует однонаправленный градиент напряженности геохимического поля, поскольку низзалегавшие или погребенные осадки могут быть обогащены теми или иными макро- или микроэлементами [22, с.106]. Тем не менее, верхний слой осадка, как правило, обнаруживает тенденцию к накоплению многих элементов, что обязано процессам биоаккумуляции, а в радиальном профиле образуются окисленные, оглеенные, сероводородные горизонты, формирование которых обязано наличию кислорода (свободного или связанного), органического вещества, скорости седиментации.

Диагенез – превращение осадка в породу – несомненно играет существенную роль в дифференциации донных осадков по вертикали. «Движущей силой диагенеза

являются внутренние противоречия в вещественном составе осадка, постепенно устраняемые путем преобразования минералогической формы реакционно способных веществ и их приспособления друг к другу. С этой точки зрения диагенез осадков...представляет собой логическое продолжение седиментогенеза; он реализует те внутренние возможности преобразований веществ, какие заложены в них самих, на фоне практически одной и той же термодинамической обстановки» [23, с.87]. Соответственно стадиям диагенеза вертикальный профиль осадка расчленен на контрастные геохимические зоны (слоистые, линзообразные, гнездообразные), мощность и выдержанность которых существенно зависит от фациальных условий его образования. Аналогичный процесс уравнивания резко неравновесных систем – почв – на континентах не происходит.

Несмотря на внешнее сходство диагенетических и почвообразовательных процессов, отмечаемых А.И. Перельманом, очевидно различие их геохимических механизмов. Например, формирование кальцитовых конкреций в илах обязано их пресыщению раствором карбоната кальция; в почвах формирование кальцитовых новообразований происходит на определенной глубине при резком падении парциального давления CO_2 в почвенном растворе.

С диагенезом осадков связан еще один существенный ландшафтный фактор - глубина (мощность) геохимического ландшафта. На континентах она ограничивается несколькими десятками метров – зоной активного водообмена (как правило, глубиной залегания подошвы грунтовых вод). Верхние слои осадков морских ландшафтов принимают восходящие миграционные потоки, формирующиеся при диагенезе и отжати поровых вод погребенных осадков. В зависимости от скорости осадконакопления глубина от поверхности осадка, где заканчиваются процессы диагенеза (соответственно и глубина ландшафта) могут изменяться от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Таким образом, процессы диагенеза в своей стадийности (от раннего, происходящего в свежесформированном осадке, до позднего, преобразующего осадок в породу) являются фактором вертикальной геохимической организации морских и океанических ландшафтов. Горизонтальная дифференциация осадков обязана сочетанию множества физико-географических факторов, формирующих определенные обстановки седиментации – геологические фации. Тип, разновидность отложившегося осадка являются итогом работы водной толщи, живого вещества, морского и континентального субстрата. Виды ландшафтов соответствуют уровню мезофаций (или просто фаций) [28, с. 133]. Собственно критерием выделения мезофаций (фаций) по И.О. Мурдмаа является ландшафт со свойственными ему элементами рельефа, режимом седиментации и биоценозами. Таким образом, *элементарный морской или океанический ландшафт – это наполненная геохимическим смыслом фация, включая осадок, водную толщу, средообразующие биотические сообщества.* Соответственно, тождественным ландшафтной геохимии будет термин *фациальная геохимия.*

Последовательное сочетание сопряженных элементарных ландшафтов на суше, связанное между собой латеральной миграцией элементов, реализуемой посредством стока (поверхностного, подземного) составляет геохимический

ландшафт [6]. В океанах и морях доминирующий обмен веществом, энергией и информацией между фациями происходит посредством водной толщи. Латеральное геохимическое сопряжение непосредственно между элементарными ландшафтами уступает роли вертикального в системе вода – осадок – вода. Отдельные ландшафты (фации) геохимически могут жить самостоятельно, связь и обмен информацией между ними осуществляется посредством вышерасположенной водной массы. Поэтому организация элементарных ландшафтов в геохимические обязана определенным условиям водной толщи: глубине, уклону дна, физико-химическим и динамическим параметрам придонных водных масс. Эти же условия являются системообразующими факторами макрофаций. Таким образом, *геохимический ландшафт соответствует уровню макрофаций: прибрежного шельфа, мористого шельфа, континентального склона, континентального подножия, абиссальной равнины и др., сочетание которых по латерали образует каскадную ландшафтно-геохимическую систему, связующим звеном которой является аквальная подсистема.*

1.3. Роль живого и органического вещества.

Для континентальных и морских ландшафтов биогенная миграция имеет определяющее значение в их функционировании. Живое вещество выполняет множество геохимических функций, несколько отличающихся в условиях суши и моря.

Для континентальных ландшафтов основными из них являются средообразующие действия растений: транслокация (извлечение элементов корнями из почв, зоны аэрации и накопление или биоконцентрация в органах) и биоаккумуляция (обогащение верхнего слоя почвы опадом, содержащим транслокационные элементы). Микроорганизмы выполняют разнообразную геохимическую работу в почвах, зоне аэрации и грунтовых водах. Роль животных в геохимических процессах на континентах ничтожно мала и практически не учитывается.

В ландшафтных условиях океанов и морей при исследовании биогенной миграции в первую очередь следует учитывать основополагающее свойство биоты – ее *средообразующую роль*. Учет этого фактора необходим в силу значительно большего разнообразия и пестроты биотической составляющей морей и океанов относительно таковой континентов.

Микроорганизмы в составе бактериопланктона и бактериального бентоса выполняют практически ту же геохимическую функцию, что и в условиях суши. Их наличие, видовое распределение и численные показатели не являются критериями для выделения специфических блоков ландшафта. Исключение составляют те случаи, когда микроорганизмы выполняют исключительную средообразующую функцию – сульфатредуцирующие в сероводородной зоне, металлотрофные в рифтах с гидротермальной активностью, углеводородокисляющие в зонах дегазации земной коры и слое сосуществования O_2 – H_2S и др.

Фитопланктон выполняет аккумулятивную, трансформационную и миграционную функции. Он обладает свойством аккумулировать посредством

абсорбции элементы и соединения в количествах, значительно превышающих их концентрацию в окружающей воде. В зависимости от гидродинамических условий, отмерший планктон осаждается непосредственно в месте своего развития либо пассивно переносится и осаждается на различном (до первых тысяч километров) расстоянии от него. В последнем случае он выполняет в фазе носителя миграционную функцию. Накопленная им в одних ландшафтах геохимическая информация переносится и аккумулируется в других. Таким образом, при выделении ландшафтных уровней по развитию планктонных сообществ необходим совместный анализ площадной гидродинамики бассейна. Поскольку различные виды фитопланктона обладают различной аккумулятивной способностью, необходимо исследовать их видовой состав и биомассу в каждом ландшафте.

Трансформационная функция фитопланктона (как и живого вещества океанов и морей в целом) заключается в изменении форм нахождения химических элементов при переходах в системе вода – биота – донные отложения, переводу их в более подвижную (разложение органического вещества, образование органо-минеральных комплексов) или менее подвижную формы (сорбция металлов органической взвесью), что приводит к замедлению либо ускорению вывода элементов из биогеохимических циклов и их седиментации.

Зоопланктон, качественно выполняя ту же функцию, что и фитопланктон, количественно уступает последнему, поскольку суммарная продукция его значительно ниже, а потребление зоопланктона пелагическим нектоном дополнительно уменьшает его геохимическую роль. В связи с этим, данная группа организмов самостоятельной средообразующей функции не имеет и при ландшафтно-геохимическом анализе исследуется совместно с фитопланктоном.

Нектон в составе активно плавающих млекопитающих, рыб и некоторых беспозвоночных в силу высокой подвижности и относительно низкой биомассы не может служить критерием для выделения каких либо ландшафтных уровней, его самостоятельная геохимическая функция достаточно мала. Разлагаясь после отмирания, нектон практически полностью утилизируется организмами более низших трофических уровней, геохимическая функция которых значительно выше.

Бентос в составе макрозообентоса и фитобентоса играет важную средообразующую роль, особенно в пределах шельфа.

Макрозообентос достаточно четко локализуется в акватории моря согласно диапазону его экологического оптимума (стеногалинные, эвригалинные виды, сестонофаги, детритофаги, по консистенции субстрата, глубине моря и др.). Основная геохимическая роль зообентоса – аккумулятивная. Извлекая преимущественно взвешенное вещество из окружающих вод или донных осадков, бентосные организмы способствуют его седиментации *in situ* как в процессе жизнедеятельности, так и после отмирания, формируя тем самым характерные геохимические черты осадка. Огромные численные показатели развития зообентоса в значительной мере усиливают его геохимическую аккумулятивную роль.

Несколько иную роль в формировании геохимического облика осадков выполняет *фитобентос*. Собственно водоросли, прикрепляясь к субстрату ризоидами, не выполняют транслокационную функцию. Создавая первичную

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ МОРСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ГЕОХИМИИ

продукцию, они используют элементный потенциал водной толщи. Высшая водная растительность обладает развитой корневой системой, в связи с чем способна извлекать физиологически необходимые элементы из осадка, т.е. выполнять транслокационную функцию.

«Состав и структурные особенности растительности определяются, главным образом, ландшафтообразующими факторами среды (уровень минерализации, характер проточности и водообмена, интенсивность аллювиального процесса, состав донных отложений)... Вместе с тем сами растительные сообщества можно рассматривать в качестве ландшафтообразующего фактора, поскольку они имеют в экосистеме эдификаторное, средообразующее значение, определенным образом организуя биоту» [29].

Помимо транслокационной и аккумулятивной функций фитобентос выполняет роль пассивного агента транспорта накопленного геохимического вещества. Поскольку развитие растительности ограничено мелководным фотическим слоем, она подвергается активному гидродинамическому выносу и накапливается в виде детрита и отмерших растений за чертой волнового воздействия – глубже 30 м или на берегу (штормовая выброска). Исключение составляют мелководные заливы, лиманы и лагуны с ограниченным водообменом.

Таким образом, при выделении ландшафтов необходимо определять бентосную геохимическую доминанту – зообентос, водорослевый или растительный бентос, которая несет основную геохимическую функцию и определяет биогенную миграцию в ландшафте. Недоучет этого фактора очевиден в классификациях А.Д. Хованского.

Существует специфическая группировка организмов, обитающих в поверхностном слое воды (0 – 5 см) – *нейстон*, в составе планктонных и микробных сообществ. Их исключительная геохимическая функция состоит в биохимических преобразованиях поступающих на поверхность моря веществ. Они являются элементами комплексного двустороннего геохимического барьера на контакте вода – атмосфера, проявленного на всей акватории моря, вне зависимости от принадлежности к ландшафтным уровням.

Огромна геохимическая роль органического вещества в осадках, источником которого служит биота. Биогеохимические преобразования органики в кислородных или редокс условиях служат источником поступления в осадки, поровые и придонные воды углекислого газа, сероводорода, метана и его гомологов, что, в свою очередь ведет к изменению класса вод, мобилизации или аккумуляции макро- и микроэлементов. Как показали исследования А.А. Остроумова и И.И. Волкова [30 - 38], распределение в донных осадках глубоководной зоны свободного сероводорода контролируется не количеством органического вещества, а скоростью его накопления: максимумам органического вещества в областях замедленной седиментации отвечают минимальные содержания сероводорода и, напротив, на периферии глубоководной впадины, в зоне конвергенции вод, где резко возрастает продукция фитопланктона и, соответственно, увеличивается скорость его вовлечения в осадок, концентрация сероводорода существенно повышается, несмотря на то, что процентное содержание органического вещества здесь

понижается вследствие разбавления его терригенным материалом [39]. Это еще раз свидетельствует о том, что при геохимических исследованиях современных ландшафтов необходим совместный анализ уровней развития планктонных сообществ и гидродинамики, а также неотектонических и современных тектонических условий.

В связи с биогенной миграцией нельзя не отметить еще один существенный недостаток практически всех предшествующих геохимических построений (карт, схем) – распределения элементов показаны вне связи с литологическим составом поверхностных осадков и часто изолинии концентраций секут литологические границы. Очевидно, именно поэтому в интерпретации геохимических данных на первый план вышли формы переноса микроэлементов в речном стоке – во взвеси или в растворе. Н.М. Страхов писал: «По мере увеличения роли растворов в миграции элементов ... максимумы содержаний элементов в конечном водоеме стока все больше сдвигаются из прибрежной зоны в пелагическую область» [40, с. 139]. В этом контексте остается в тени роль биогенной седиментации: органический углерод рассматривается как равноправный член «второй группы элементов», тяготеющий к пелагиали. Между тем, как указывал А.Д. Архангельский в отношении ванадия [41], а позже И.И. Волков в отношении рассеянных элементов [42], именно накопление в пелагиали органического вещества является непосредственной причиной вовлечения в осадок целого ряда микроэлементов, для которых характерна миграция преимущественно в растворенной форме. Выделение биогенных образований на геохимических схемах по существу предопределяет контуры распределения как органофильных, так и отрицательно связанных с ними кластофильных химических элементов [39].

Таким образом, резюмируя роль живого и органического вещества в геохимии ландшафтов, отметим его средообразующую функцию на суше: биоаккумулятивную по латерали и транслокационную по вертикали ландшафта. Для морских и океанических ландшафтов транслокация элементов существенного значения не имеет, основные функции – биоаккумулятивная, трансформационная и миграционная. Все эти функции дифференцированы по латерали и ничтожно мало влияют на вертикальный профиль ландшафта. В связи с этим биогенная миграция в море не имеет смысловой нагрузки, аналогичной суше, оставаясь, тем не менее, важнейшей в ландшафтной геохимии философской категорией движения материи.

Таким образом, с использованием изложенных выше методических основ и принципов морской ландшафтной геохимии необходимо разработать ландшафтно-геохимическую классификацию и систематику океанов и морей нового поколения, а на их основании – легенды для карт, как основу картографирования различного масштаба.

Список литературы

1. Польшов Б.Б. Географические работы. - М.: Географгиз, 1952. - 400 с.
2. Польшов Б.Б. Избранные труды. - М.: Географгиз, 1956. - 500 с.
3. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. - М.: Высшая школа, 1966. - 392 с.
4. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. - М.: Высшая школа, 1975. - 342 с.
5. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. - М.: Изд-во МГУ, 1964. - 230 с.
6. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: - Высшая школа,

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ МОРСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ГЕОХИМИИ

- 1988, - 320 с.
7. Гедымин А.В. О ландшафтно-геохимических картах // География почв и геохимия ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1967.
 8. Гедымин А.В. Вопросы составления ландшафтно-геохимических карт среднего масштаба // Вестник МГУ, сер. 5. География, 1970, № 3.
 9. Алексеенко В.А. Качественная и количественная оценка изменения окружающей среды на ландшафтно-геохимической основе // Геохимия ландшафтов при поисках месторождений полезных ископаемых и охране окружающей среды. – Новосибирск, 1982.
 10. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Недра, 1990. – 138 с.
 11. Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов зон разломов. – М.: Изд-во МГУ, 1980.
 12. Линдберг Г.У. Картографирование подводных ландшафтов с целью изучения закономерностей распределения животных // Вопросы биостратиграфии континентальных толщ. – М.: Гостоптехиздат, 1959. – с. 49 – 53.
 13. Гурьянова Е.Ф. Теоретические основы составления карт подводных ландшафтов // Вопросы биостратиграфии континентальных толщ. – М.: Гостоптехиздат, 1959.–с. 55– 62.
 14. Петров К.М. Подводные ландшафты Черноморского побережья Северного Кавказа и Таманского полуострова // Изв. ВГО. – 1960. – т. 92, вып. 5. – с. 392 – 405.
 15. Геворкян В.Х., Дмитренко А.И., Сорокин А.П. Донные ландшафты: методы изучения и основные принципы их типизации (на примере шельфа архипелага Шпицберген). – Киев, 1984. – 36 с. (Препринт АН УССР, Ин-т геологических наук; 84-9).
 16. Баденков Ю.П. Некоторые вопросы геохимии аквальных ландшафтов шельфовой зоны // География и геоморфология шельфа: тез. докл. Всесоюз. совещ. – Владивосток, 1975. – с. 12 – 14.
 17. Баденков Ю.П. Береговая зона как система геохимических аквальных ландшафтов. // Процессы миграции вещества в береговой зоне. – Владивосток, 1978. – с. 3 – 9.
 18. Алексеенко В.П., Хованский А.Д. Основы составления ландшафтно-геохимических карт водоемов // Круговорот вещества и энергии в водоемах. – 1981. – Вып. 5.– с. 2 – 4.
 19. Алексеенко В.П., Хованский А.Д. Основы выделения элементарных ландшафтов рек и водохранилищ // Изв. СКНЦ ВШ. – 1983. - № 4. – с. 17 – 21.
 20. Хованский А.Д., Митропольский А.Ю. Ландшафтно-геохимическое районирование Черного моря // Доклады АН УССР. Серия Б. – 1986. - № 2. с. 20 – 23.
 21. Хованский А.Д., Усенко В.П., Митропольский А.Ю. Ландшафтно-геохимическое районирование водных объектов системы «река - море». – Киев, 1986. – 55 с. (Препринт АН УССР, Ин-т геологических наук; 87 - 36).
 22. Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. Геохимия Черного моря. Киев: Наукова думка. 1982. – 142 с.
 23. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат. 1963. – с. 94 – 113.
 24. Вернадский В.И. Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1954. т. 1 с. 20.
 25. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 69 с.
 26. Грицаева Т.Н., Тихоненкова Е.Г. О формировании субаквальных геохимических ландшафтов шельфа Украины // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.-Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1999. –с. 283 – 289.
 27. Перельман А.И. Изучая геохимию...(о методологии науки). М.: Наука, 1987.-с. 86.
 28. Митропольский О.Ю., Іванік О.М. Основи морської геології.- Київ: ВІЩ «Київський університет», 2004.-218 с.
 29. Дьяченко Т.Н., Федоровский А.Д. и др. К вопросу оценки экологического состояния Килийской дельты Дуная // Диагноз состояния среды прибрежных и шельфовых зон Черного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1996.-с. 127 – 132.
 30. Волков И.И. О свободном сероводороде и некоторых продуктах его превращений в осадках Черного моря // Морские геологические исследования. –М.:изд-во АН СССР, 1961.- с. 29 – 67.
 31. Волков И.И. Сульфиды железа, их взаимосвязь и превращения в осадках Черного моря // Морские геологические исследования. –М.:изд-во АН СССР, 1961.- с. 68 – 92.

32. Волков И.И. Состояние сероводорода в воде и осадках Черного моря // Проблемы химии моря. М., 1962.-с. 39 – 40.
33. Волков И.И. Распределение сероводорода по вертикали осадков Черного моря // Литология и полезные ископаемые.-1963.- № 1.-с. 125 – 130.
34. Волков И.И. Геохимия серы в осадках океана. –М.: Наука, 1984.-271 с.
35. Волков И.И., Остроумов Э.А. Конкреции сульфида железа в отложениях Черного моря // ДАН СССР.-1957.-т. 116, № 4. – с.645 – 648.
36. Волков И.И., Остроумов Э.А. О формах соединений серы в иловых водах осадков Черного моря // Геохимия.-1957.- № 4.- с. 337 – 345.
37. Остроумов Э.А. О формах соединений серы в отложениях Черного моря // Труды института – 1953.- т. VII. С. 70 – 90.
38. Остроумов Э.А., Волков И.И. Сульфаты в морских иловых отложениях // Литология и полезные ископаемые. -1963. № 3.- с. 91 – 102.
39. Геохимия литогенеза в условиях сероводородного заражения. Черное море (под ред. Ю.П. Казанского). –Новосибирск: Наука.- 1988.-191 с.
40. Страхов Н.И. Основы теории литогенеза. – М.: изд-во АН СССР, 1960.- т. II. -574 с.
41. Архангельский А.Д. Копченова Е.В. Заметки об органическом веществе, фосфоре и ванадии в отложениях Черного моря //Изв. АН СССР, отд. физ.-мат. наук.- 1930.- т. VII, № 3.- с. 205–215.
42. Волков И.И., Фомина Л.С. Рассеянные элементы в сапропелевых илах Черного моря и их взаимосвязь с органическим веществом//Литология и полезные ископаемые. - 1971.-№ 6.-с. 3 – 15.

Stepanyak Yu.D. Проблемні питання морської ландшафтної геохімії.

На підставі узагальнення та аналізу обширного теоретичного і фактичного матеріалу розглянуті проблемні та дискусійні питання морської ландшафтної геохімії. Співставлені методологічні основи і принципи виділення ландшафтно-геохімічних таксонів на континентах і в морях, показана неадекватність їх екстраполяції. Запропоновано нове представлення морських геохімічних ландшафтів.

Ключові слова: ландшафт, геохімія, донні осадки, фація, седиментосфера, міграція елементів.

Stepanyak U.D. Questions of problems of marine landscape geochemistry

On the basis of generalization and analysis of vast theoretical and actual material the questions of problems and debatable of marine landscape geochemistry are considered. Methodological bases and principles of selection of landscape-geochemical structure division are confronted on continents and in seas, inadequacy of their extrapolation is shown. New presentation of marine geochemical landscapes is offered.

Keywords: landscape, geochemistry, ground sinking, facies, sedimentosfira, migration of elements.