

вах, а не весь разрез), в связи с чем расчленение почвенных толщ оказалось возможным в пределах подэтапов и этапов;

– торфяные почвы в большинстве случаев накопились в течение всего голоцена;

– педогеохимические барьеры наиболее информативны для палеогеографических и палеогеохимических реконструкций, свидетельствуют о сменах условий педогенеза и седиментогенеза. Наличие второго гумусового горизонта указывает на перестройку почвообразования в связи с трансформацией климата и растительных сообществ; геохимические показатели несут признаки как унаследованных, так и наложенных процессов; барьеры двойного действия часто отмечаются в разрезах, испытавших подтопление или заболачивания вследствие климатических или тектонических перемен.

Механические барьеры, приуроченные к песчаным толщам, указывают на субаквальные условия седиментогенеза. Характер зернистости материала и наличие различных видов слоистости характеризуют гидрологический режим водоёма (течение водного потока разных скоростей в русле, волнения вод на прирусловой отмели, следы потоков полноводных вод на пойме, стояние вод с признаками застоя в старицах). По характеру слоистости в пойменных разрезах фиксируются признаки олового перевевания речных отложений. Важными показателями выступают ассоциации терригенных минералов и ассоциации других химических элементов (последние могут дополнительно указывать на проявление неотектонических движений и их морфоструктуры). Терригенные минералы указывают на определённые питающие провинции и источники сноса, дальность и характер транспортировки водным потоком; гипергенные минералы – на диа- и эпигенетические условия и процессы литогенеза, подтоки глубинных вод и т. д.

Техногеохимические барьеры по своему положению часто свидетельствуют об условиях образования и погребения. Например, погребённые почвы в отвалах мелиоративных систем, в кюветах дорог, под брусвером окопов и т. д. – будучи в большинстве случаев связанными с процессами сорбции, уровни концентрации и ассоциации их химических элементов характеризуют вид техногенного влияния на ландшафты, генезис и характер ореолов рассеяния – первичного либо вторичного от источников загрязнения. Наличие радиоизотопов отмечает влияние глобального, регионального или локального загрязнения. По концентрации ^{137}Cs судят о времени отложений и скорости осадконакопления.

Таким образом, комплексные палинологические и геохимические данные, взаимно дополняя друг друга, позволяют проводить надёжные палеолимнологические реконструкции озёрных, болотных и аллювиальных экосистем особенно в период воздействия антропогенного фактора, тем самым дополняя и детализируя наши представления об эволюции природной среды в условиях развития современной цивилизации. Геохимическая же информативность без наличия дополнительных материалов (палинологии, ^{14}C и др.) пока только относительная, но с существенно детальной стратификацией слоёв, соответствующая изменению климата, что особенно важно для палинологически «немых» толщ.

УДК 550.4

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ РУДНО-ФЛЮОРИТОВЫХ ФОРМАЦИЙ

Э. Я. Жовинский, Н. О. Крюченко

Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, пр. Палладина 34,
03680 Киев, Украина; zhovinsky@ukr.net

Литогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых базируются на теоретических знаниях процессов выветривания, рассеяния, миграции и концентрации вещества. Рассматривая геохимические закономерности миграции продуктов выветривания в гиперсфере [1], К. И. Лукашёв и В. К. Лукашёв отмечали, что миграция и накопление продуктов выветривания являются грандиозным геохимическим процессом, выражающимся в разных формах переноса вещества, его рассеяния и концентрации в зависимости от закономерностей развития земной коры и её геосфер.

Моделирование таких сложных геохимических процессов, протекающих в разных физико-химических условиях среды (природных системах), а также определение основных форм миграции,

рассеяния и концентрации различных химических элементов, стало возможным, в последнее время, благодаря широкому использованию основных законов физической химии и термодинамики.

Особую роль сыграло такое моделирование при установлении ореолов рассеяния химических элементов и их соединений в поверхностных отложениях (в том числе, почвах) над рудопрооявлениями и месторождениями различных полезных ископаемых с использованием имитационных и процессных моделей с взаимосогласованными термодинамическими параметрами [2]. Это показано нами на примере геохимии одного из активнейших элементов зоны гипергенеза – F, при поисках флюорита и других полезных ископаемых разных рудно-флюоритовых формаций на территории Украинского кристаллического щита и зон его обрамления [3].

Исследования показали, что наибольшая эффективность геохимических поисков возможна при использовании наложенных солевых ореолов (подвижных форм химических элементов). При поисках по наложенным ореолам F, необходимо учитывать, что с рудным телом наибольшую связь будет иметь только соединения, адсорбированные породой (поверхностными отложениями, почвой). Величина адсорбции будет наиболее чётко отражать его концентрацию в растворе, поступающем к дневной поверхности при диффузии, капиллярном подъеме и свободной фильтрации. Однако, в разных физико-химических условиях окружающей среды поисковое значение будут иметь только конкретные индикаторные соединения химических элементов.

Так, например, при поисках рудно-флюоритовых формаций в разных ландшафтно-геохимических условиях, индикатором будет выступать не суммарное содержание химического элемента, а его подвижные формы. Такие соединения F в поровом растворе почв находятся в прямой зависимости от климатических условий среды и гидрохимических и гидродинамических характеристик для данной территории. В первую очередь, это особенности вертикальной и горизонтальной гидрогеохимической зональности. Если горизонтальная гидрогеохимическая зональность определяется, в основном, климатическими условиями и физико-химическими особенностями поверхностных отложений (почв), то вертикальная зональность зависит от геолого-структурных особенностей территории и гидродинамики подземных вод, и, в первую очередь, от наличия зоны тектонического нарушения, в пределах которой может происходить максимальная разгрузка подземных вод глубинных гидрогеохимических зон. Таким образом, установление связи флюоритового оруденения с основными эпохами тектоно-магматической активизации с характерной для них геохимической специализацией, а также приуроченность оруденения к зонам тектонических нарушений, и особенно, к тектоническим узлам могут служить основными критериями при прогнозировании и поисках месторождений флюорита и других полезных ископаемых.

Так как миграция F в природных растворах осуществляется в виде F^- и его комплексных форм, устойчивость последних определяет закономерности распределения как F, так в других элементов-комплексобразователей в первичных и вторичных ореолах рассеяния [3]. F^- , являясь сильным лигандом, может образовывать комплексы с элементами-комплексобразователями, которыми в природных водах являются Mg, Be, Al, Sc, Y, La, Ce, Zr, Nb, Ta, TR, что усиливает его миграционную, способность. Процесс комплексообразования ионов с F^- осложняется наличием OH^- , которые оказывают конкурирующее действие.

В системах $Me^{n+}-H_2O-F^-$ устанавливается сложное равновесие. Изучено влияние OH^- на устойчивость монофторидных комплексов Al, Be, Fe, Ti, Zr методом потенциометрического измерения концентрации F^- . Установлено, что в интервале pH 4,5-9,5 при температуре +19 °C ни одно из рассмотренных соединений не разрушается полностью [4].

Изучение литохимических ореолов рассеяния F и других элементов в первичных и вторичных ореолах рассеяния различных рудопрооявлений позволило выделить индикаторные элементы и установить их степень связи с F. Так, для ряда месторождений установлена высокая и весьма высокая корреляционная связь F с другими элементами: для апатитовых и фосфоритовых месторождений – F–P, что позволяет при поисках использовать коэффициент F/P; для бериллиевых и редкометальных месторождений – F–Be, F–Y, F–Li, F–Pb, F–Cs; для месторождений ртути – F–Hg; для рудопрооявлений молибден-урановой формации – F–U, F–Mo; для редкоземельных месторождений – F–TR.

Если для большинства месторождений литохимические аномалии F носят локальный характер, то при оконтуривании массивов щелочных пород или метасоматически сильно измененных, а также пластовых рудных полей они образуют крупные площадные аномалии.

1. Лукашёв К. И., Лукашёв В. К. Геохимия зоны гипергенеза. Минск: Наука и техника. 1975. 424 с.
2. Жовинский Э. Я. Геохимия фтора в осадочных формациях юго-запада Восточно-Европейской платформы. Киев: Наукова думка, 1979. 200 с.
3. Жовинский Э. Я., Крюченко Н. О. Вторичные солевые ореолы и их значение при решении поисковых и экологических задач на территории Украины // Проблемы комплексного освоения георесурсов: Матер. Всероссийской науч. конф., 27–29 сент. 2011 г., Хабаровск. Хабаровск, 2011. Т. 2. С. 124–129.
4. Хализова В. А., Бебешко Г. И., Полупанова Л. И., Алексеева В. А. Изучение устойчивости фторидных комплексов некоторых металлов в условиях гидролиза с целью определения фтора в минеральном сырье сложного состава // Журн. аналит. химии. 1979. Т. 34, Вып. 3. С. 501–506.

УДК 550.4.07

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ВЫДЕЛЕНИЙ МЕТАНА ИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЁР

С. И. Зуй¹, Б. П. Власов², В. Н. Кузьмин², А. М. Павлюченко¹

¹ Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, ул. Академическая 27, 220072 Минск, Республика Беларусь; zoology@biobel.by

² Белорусский государственный университет, географический факультет, пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; vlasov@bsu.by

Возрастание концентраций парниковых газов в атмосфере Земли принято считать основной причиной глобального изменения климата. Диоксид углерода (CO₂) и метан (CH₄) несут ответственность более чем за половину общего вклада в антропогенный парниковый эффект. В этом аспекте особую актуальность приобретает проблема выявления как самих источников С, так и изучения углеродного цикла в целом. Из анализа многочисленных данных об изменениях в составе атмосферы Земли и оценок влияния парниковых газов на радиационный баланс планеты установлено, что основной вклад в него вносит CO₂, а вторым по значимости является вклад CH₄. Отсутствие баланса при оценках наблюдаемого обменного метанового цикла атмосфера-гидросфера-литосфера заставляет искать новые природные источники и процессы образования CH₄ [1] на суше и в океане.

При изучении природного углеродного цикла значительное внимание уделялось и уделяется источникам и стокам в Мировой океан, занимающий 70 % поверхности Земли [2]. Не меньшее внимание было уделено исследованиям на суше в её твёрдой части. Работ, посвящённых озёрным экосистемам, занимающим около 2 % площадей, имеется незначительное количество. При этом существуют регионы, где озёра могут составлять 10–20 % от общей площади, а озёрный газообмен становится важнейшим фактором углеродного цикла. В качестве примера можно привести западную часть Белорусского Поозерья, где водные ресурсы занимают значительные по охвату территории и являются структурообразующими элементами экосистемы региона в целом.

Цель настоящего исследования – предложить подходящий метод для поиска источников, измерения концентраций и мониторинга потоков метана с водной поверхности озёр и создать для этого необходимую конфигурацию оборудования.

Поиск подводных структур выделения метана и других углеводородов достаточно хорошо отработан геологами, занимающимися поисками месторождений нефти и газа. Месторождениям, скрытым в структурных ловушках, часто сопутствуют выделения газа через разрывные неоднородности горной среды. На поверхности выхода образуется конусообразная воронка с характерной для рыхлых отложений с окантовкой в виде бортика в верхней части структуры [3]. Эти воронки получили специальное название *пок маркеры* или *покмарки* (ПМ). ПМ могут иметь размеры от десятков сантиметров до сотен метров в диаметре и до десятков метров глубиной [4]. Покмарки выявлены в различных частях Мирового океана (в Северном, Норвежском, Баренцевом, Каспийском, Средиземном, Чёрном, Охотском морях, Мексиканском, Гвинейском заливах и т. д.) на глубинах от 5 м до 3 000 м и более. Они повсеместно обнаружены на дне Финского залива и тщательно изучались экспедициями ВСЕ-ГЕИ [5]. Покмарки открыты также и в арктических морях вдоль всего побережья Евразии [6, 7].

Как было выяснено, ПМ могут быть локализованы и в местах значительных по мощности донных отложений, богатых биологическими компонентами, и на обнажениях, приуроченных к разломам на морском дне. Только биогенными источниками обильное газовыделение многочисленными по-