

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИНКА, МЕДИ И НИКЕЛЯ В ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
ВЕРХНЕЙ ЮРЫ ЗАПАДНОЙ И СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

**А.А. Злобин**

*Научный руководитель профессор В.И. Москвин*

*Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет,  
г. Новосибирск, Россия*

В задачу исследования входил поиск геохимических критериев для определения ареалов расселения водорослей в верхнеюрском осадочном бассейне с целью выявления вклада их различных таксономических групп в образование нефтематеринских отложений. Палеоэкологические реконструкции, выполненные автором ранее, позволили установить взаимосвязь минеральных форм цинка, брома и других элементов с первичными биогенными комплексами [4]. Предполагается, что кероген из отложений, обогащенных Br, Zn, Fe и S, генетически связан с обитавшими в морской акватории красными водорослями рода *Polysiphonia* из семейства *Rhodomelaceae*. Особенности их строения, вероятно, могут способствовать сохранению и консервации органического вещества, заключённого в клетках, под плотными слизистыми оболочками, которые сложены пектиновыми и гемицеллюлозными компонентами, нередко с известковой примесью.

Поэтому для оценки возможного вклада биомассы красных водорослей в процесс нефтеобразования дальнейшие исследования были ориентированы на определение коррелятивных связей между содержанием в глинистых осадках Br, Zn и концентрацией органического углерода (Сорг.). Предполагалось, что изучение распределения этих элементов по площади бассейна создаст основу для оконтуривания ареалов расселения водорослей рода *Polysiphonia*. на определённый временной срез. Однако сбор фактического материала (геохимических данных) для решения поставленной задачи выявил ряд проблем.

Во-первых, анализы на содержание брома в юрских осадках ранее не проводились. Этот элемент определялся только при исследованиях минерализации и химического состава подземных вод. В работе И.А. Лагуновой и Л.Н. Капченко проведена типизация гидро- и газогеохимических условий нефтегазоносных зон в молодых осадочных бассейнах [6]. Среди гидрогазогеохимических показателей бром, цинк, медь и никель в повышенных концентрациях отмечаются только в средней зоне нефтегазоносности (глубины от 2 до 5 км), с которой связаны нефтяные, нефтегазовые, газонефтяные месторождения. Соли брома в значительной степени подвержены процессам вымывания из осадка на стадиях седиментогенеза, раннего диагенеза и растворения в пластовых водах при катагенетических изменениях.

Во-вторых, в многочисленных опубликованных работах приводятся содержания разного набора микроэлементов, в составе которых Zn встречается нечасто. Кроме того, не всегда в этих же пробах определена концентрация Сорг.

В-третьих, при расчёте коэффициентов корреляции содержаний различных элементов в породе нельзя пользоваться источниками, в которых указаны только минимальные, максимальные, средние значения, или величины грубо округлены (например, 124 до 120 г/т и т.д.). Корректность расчётов соотношений микроэлементов возрастает, если сравниваются данные, полученные одним и тем же методом. Учитывая изложенные обстоятельства, автором и руководителем исследований было принято решение об изучении распределения Cu, Ni и других металлов, также концентрируемых современными красными водорослями.

Накопление микроэлементов (Zn, Cu, Co) в живых организмах происходит благодаря образованию молекул-лигандов или смешанных комплексов, где металлы служат мостиками, соединяющими различные группы в белках и липидах, в аминокислотах и сахарах, липидах и металлоферментах и т.д. [8]. Ионы металлов связываются лигандами в комплексы, в основном, через серу, азот и кислород. В отличие от них микроэлементы ксенобиотики (Ni, Cd, Pb) непосредственно не участвуют в процессах метаболизма, но способны оказывать негативное влияние на биохимические реакции в клетке [1]. По данным Е.А. Бойченко медь входит в состав пластоцианина (клеточного белка), а никель накапливается в полярных липидах [2].

Разные виды красных водорослей избирательно накапливают тяжёлые металлы. В целом, полезные из них медь и цинк концентрируются более интенсивно, чем канцерогены - Ni, Cd, Pb. Результаты экспериментов, опубликованные О.А. Беленикиной, показали, что порядок аккумуляции микроэлементов в одной среде обитания неодинаков даже у представителей одного рода. Один вид полисифонии накапливает Zn-Cu-Ni-Pb-Co-Cd (в порядке убывания), другой – Ni-Zn-Cu-Pb-Co-Cd [1].

Для решения задачи автором были составлены четыре выборки по разным фаціальным районам (ФР) Сибири, в которые вошли данные по содержанию Zn, Cu, Ni и Сорг., полученные методами атомно-абсорбционного и масс-спектрометрического (ИСП-МС) анализов, а также определения концентрации органического углерода на экспресс-анализаторе АН-7529.

Первую выборку составили материалы по скважинам Пурпейско-Васюганского ФР (из центральной части Западной Сибири (ЗС)). В неё вошли результаты анализов образцов из верхнеюрских отложений, в которых, по мнению исследователей, в составе исходного органического вещества (ОВ) преобладала аквагенная составляющая [3]. Вторая выборка сделана по данным изучения отложений из разрезов скважин Тазо-Хетского ФР (Приенисейская часть ЗС), в которых в поздней юре накапливалось органическое вещество смешанного – аквагенно-террагенного типа [5]. Третья выборка составлена из материалов по скважинам Гыданского ФР (север Средней Сибири), где в составе исходного ОВ также предполагается наличие двух составляющих. Четвёртая – включает результаты анализов образцов из верхнеюрских отложений Ямало-Тюменского ФР (Приуральская

часть ЗС), в которых преобладает террагенный тип ОВ. Наиболее характерные распределения Zn, Cu, Ni и Сорг. по разрезам в каждой из четырёх выборок представлены на рис. 1, где концентрации металлов приведены в г/т, а содержание Сорг в процентах, увеличенных в 10 раз для наглядности графиков.

Самые высокие содержания элементов, превышающие кларковые значения в несколько раз, установлены в разрезах первой выборки. Коэффициенты корреляции между ними варьируют от 0,79 до 0,90, что указывает на высокую степень взаимосвязи. По мнению Е.А. Предтеченской и др. верхнеюрские глинистые и карбонатно-глинистые отложения, материалы по которым составили первый массив данных, сформировались в пределах подводных поднятий в центральных частях морского бассейна [7]. Во второй выборке значимая коррелятивная величина наблюдается только между Cu и Ni, коэффициент с Сорг. составляет в среднем около 0,40. Алевритоглинистые осадки, микроэлементный состав которых был проанализирован во втором массиве, формировались в дельтовых, наиболее удалённых от берега обстановках. Поэтому, если предполагать, что Cu и Ni связаны с ОВ аквагенного типа, то нарушение коррелятивной связи между ними и Сорг. объясняется примесью гумусового (террагенного) вещества, поступающего с континента. Возможно, по величине корреляции, также можно судить о вкладе в состав исходного ОВ аквагенного и гумусового материала, в данном случае 40 и 60%, соответственно. В третьей выборке значимый коэффициент корреляции наблюдается только между Ni и Сорг. На диаграммах отмечаются участки с обратной зависимостью, где содержание Cu возрастает, а количество Сорг. снижается и наоборот. По этой причине коррелятивная величина несколько ниже значимой. Уменьшение количества Cu характерно для пород, содержащих гипс. Вероятно, в раннем диагенезе в результате биохимических преобразований часть Cu из захороненной водорослевой массы могла связываться с сульфат-ионом с образованием хорошо растворимого соединения и вымываться аналогично солям Br. В четвёртом массиве данных значимый коэффициент корреляции наблюдается между Cu и Сорг.

Считается, что в верхнеюрских глинистых породах Приуральской части ЗС преобладает террагенное ОВ. Для сравнения автор выполнил аналогичный статистический анализ для континентальных осадков нижней и средней юры этого района, который показал полное отсутствие коррелятивных связей между рассматриваемыми элементами. Поэтому предполагается, что исходное ОВ в отложениях, проанализированных в четвёртой выборке, имеет аквагенный генезис. Оно слагалось из остатков гидробионтов, способных концентрировать Cu, тела этих организмов подобно асцидиям состояли из клетчатки, аналогично континентальной растительности [4].

Таким образом, распределение повышенных концентраций Zn, Cu и Ni в верхнеюрских отложениях может использоваться как геохимический индикатор ареалов расселения красных водорослей.

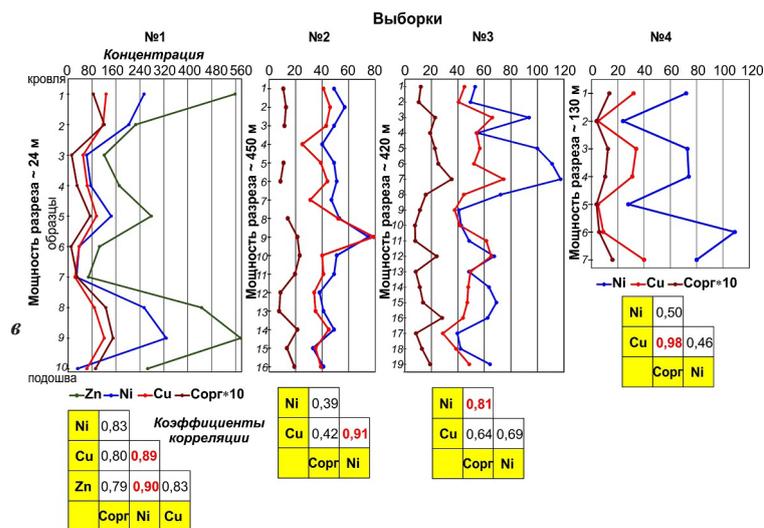


Рис. Распределение Zn, Cu, Ni и Сорг. в разрезах верхней юры Западной и Средней Сибири (концентрации металлов приведены г/т, содержание Сорг. в процентах, увеличенных в 10 раз)

#### Литература

- Беленикина О.А. Красные водоросли в системе биомониторинга сублиторали Чёрного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2005.
- Бойченко Е.А. Факторы взаимодействия соединений металлов в эволюции растений // Изв. АН СССР. – 1984. – № 3. – С. 403–409.
- Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Некоторые аспекты формирования баженовской свиты в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна // Литосфера. – 2005. – № 4. – С. 118–135.
- Злобин А.А., Москвин В.И., Злобина О.Н. Палеоэкологические реконструкции в верхнеюрском осадочном бассейне Западной и Средней Сибири по результатам лито-биохимических и спектральных методов исследования // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2016. – №4. – С. 29–40.
- Ким Н.С., Родченко А.П. Органическая геохимия и нефтегазогенерационный потенциал юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. – 2013. – Т.54(8). – С. 1236–1252.
- Лагунова И.А., Капченко Л.Н. Гидрогеохимические закономерности размещения зон нефтегазоаккумуляции в пределах молодых платформ // Геология нефти и газа. – 1981. – № 2. – С. 42–47.
- Предтеченская Е.А., Кроль Л.А., Гурари Ф.Г., Сапьяник В.В. О генезисе карбонатов в составе баженовской свиты центральных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты // Литосфера. – 2006. – № 4. – С. 131–148.
- Саенко Г.Н. Металлы и галогены в морских организмах. – М.: Наука, 1992. – 200 с.