

**Лебедев С.Ю.**

*Институт геохимии окружающей среды*

## **К ВОПРОСУ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ЧЕРНОГО МОРЯ**

*Обобщенные данные минералогических и геохимических исследований глинистой составляющей донных отложений в сочетании с литературными данными о тектонике Черного моря, рельефе его дна и гидродинамическом режиме морского бассейна были использованы для выявления закономерностей формирования и распределения ассоциаций глинистых минералов в позднечетвертичных донных осадках Черного моря. Особенное внимание акцентируется на распределении ванадия в глинистых компонентах донных осадков.*

### **Введение**

Исследования степени загрязнения донных отложений являются актуальными для оценки экологического состояния водоемов, вследствие недостаточной изученности вопроса и предполагаемых научных прогнозов развития ситуации. Систематические исследования донных отложений водоемов Украины в настоящее время не ведутся. До настоящего времени не утверждены нормативы загрязнения донных осадков морских и пресных водоемов.

Заметим, что взвеси, обладая высокой сорбционной способностью (особенно мелкие фракции), в процессе своего перемещения и отложения в руслах водотоков и бассейнах седиментации накапливают практически весь комплекс присутствующих в воде химических элементов. Кроме того, аккумуляция некоторых веществ в донных отложениях может, вероятно, явиться причиной вторичной токсичности вод.

Забота об улучшении состояния окружающей среды в местах обитания населения предполагает исследования возможностей утилизации потенциально опасных сред (в том числе и загрязненных донных отложений), которые представляются важными, в особенности, учитывая насущную для Украины необходимость реализации концепции нулевых отходов [1].

В данной статье внимание акцентируется на распределении ванадия в глинистой компоненте донных осадков Черного моря. Существует различная информация о токсичности данного элемента. В данном случае мы не пытаемся обсуждать этот вопрос. Однако заметим, что ванадий является важным сырьевым компонентом, в частности для металлургии Украины. Наличие этого элемента в загрязненных донных отложениях, илах позволяет рассчитывать на возможность рентабельной переработке таковых.

### **Результаты и их обсуждение**

Геохимические исследования позднечетвертичных донных осадков Черного моря проводились нами с учетом выделенных в составе их глинистой части семи комплексов ассоциаций глинистых минералов. Для этого были использованы образцы донных осадков со 139 станций, более-менее равномерно размещенных в пределах акватории Черного моря.

Методика исследований предусматривала выделение глинистой составляющей (фракция  $< 0,001$  мм) и ее комплексное минералогическое и геохимическое изучение. 227 проб было подвергнуто комплексному рентгенографическому анализу, в том числе и после насыщения препаратов органическими наполнителями, кислотной и щелочной обработки, нагревания. В процессе работы использовались методы электронно-микроскопического, термографического, эмиссионного спектрального анализом. С использованием метода рентгеновской порошковой дифракции выполнено полуколичественное определение содержаний глинистых минералов. Эти данные были использованы для выделения ассоциаций глинистых минералов и их комплексов, минералогического

картирования и районирования площадей развития позднечетвертичных донных осадков Черного моря. Полученные результаты минералогических и геохимических исследований глинистой составляющей в сочетании с литературными данными о тектонике Черного моря, рельефе его дна и гидродинамическом режиме морского бассейна были использованы для выявления закономерностей формирования и распределения ассоциаций глинистых минералов в исследованных донных осадках Черного моря.

В донных осадках новоэвксинского, древнечерноморского и новочерноморского горизонтов позднечетвертичной толщи Черного моря распространены гидрослюда, монтмориллонит, каолинит, хлорит, галлуазит, палыгорскит и смешаннослойные образования монтмориллонит-гидрослюдистого, хлорит-гидрослюдистого, монтмориллонит-хлорит-гидрослюдистого состава при региональном развитии преобладающей кластогенной и локальном развитии аутигенной минеральных компонент.

По относительным содержаниям глинистых минералов в смесях исследованных донных осадков, выделено 21 ассоциацию, которые после дополнительной классификации сгруппированы в 7 комплексов. По результатам классификации площадей развития донных осадков на отдельных горизонтах и во всей толщии позднечетвертичных осадков в целом, по содержанию комплексов ассоциаций глинистых минералов в пределах Черного моря выделяются минералогические зоны и площади (районы) (рис.1.).

Пространственное распределение комплексов ассоциаций глинистых минералов в пределах отдельных горизонтов и всей толщии позднечетвертичных донных осадков Черного моря в целом контролируется, главным образом, особенностями мегаморфоструктуры бассейна и глубинными разломами в пределах его акватории.

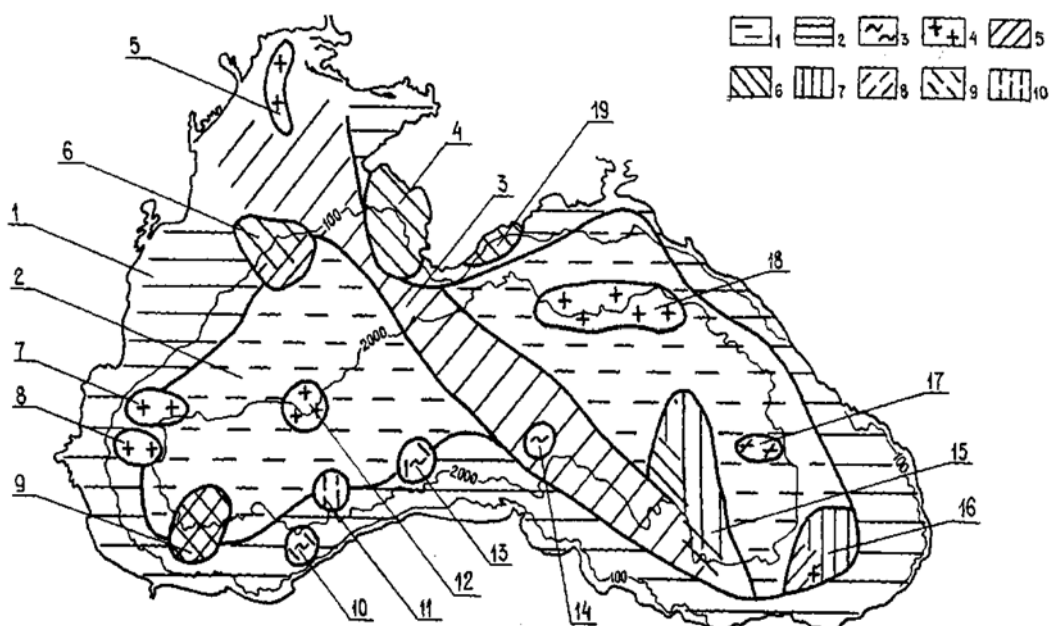
Глинистая составляющая позднечетвертичных донных осадков Черного моря характеризуется околосредними и нижесредними содержаниями большинства элементов-примесей. В ассоциациях глинистых минералов всех семи комплексов наблюдаются в количествах, превышающих их средние содержания в осадочных породах лишь Mo ( $K_k=1,1-5,2$ ) и Sc ( $K_k=1,4-4,0$ ). В ассоциациях глинистых минералов различных комплексов спорадически накапливаются также Cu, Co, Ni, Zn, V ( $K_k \geq 1,5$ ).

Донные осадки с каолинит-гидрослюдистыми и хлорит-гидрослюдистыми комплексами ассоциаций глинистых минералов приурочены к отдельным элементам рельефа дна моря (шельф, континентальный склон и глубоководная впадина), а осадки с монтмориллонитовыми, хлоритовыми, каолинитовыми и собственно гидрослюдистыми комплексами ассоциаций глинистых минералов локализируются в зонах глубинных разломов и в узлах их пересечения.

Распространение в пределах Черного моря донных осадков с ассоциациями глинистых минералов каолинит-гидрослюдистого и хлорит-гидрослюдистого комплексов характеризуется концентрической зональностью. Зональное развитие донных осадков с ассоциациями глинистых минералов каолинит-гидрослюдистого и хлорит-гидрослюдистого комплексов, выражающееся в пространственной приуроченности первых к шельфу и к верхней части континентального склона, а вторых — к подножью континентального склона и дну глубоководной впадины, является общей, региональной закономерностью пространственного распределения глинистых минералов в позднечетвертичных донных осадках Черного моря. Региональная зональность распределения каолинит-гидрослюдистых и хлорит-гидрослюдистых комплексов ассоциаций глинистых минералов в позднечетвертичных донных осадках Черного моря обусловлена поступлением глинистого терригенного материала с окружающей море суши и последующей осадочной дифференциацией его в пределах шельфа, континентального склона и глубоководной впадины.

Мы полагаем, что закономерность пространственного распределения глинистых минералов в позднечетвертичных донных осадках Черного моря обусловлена приуроченностью линейно вытянутых и изометрических площадей развития донных осадков с ассоциациями глинистых минералов монтмориллонитового, каолинитового, хлоритового и других комплексов к зонам глубинных разломов. Так, выделенная нами протяженная Одесско-Крымско-Ясунская монтмориллонитовая зона, очевидно, приурочена к т.н.

Одесско-Синопскому глубинному разлому. При этом по результатам рентгенографических и геохимических исследований для монтмориллонита и ассоциаций монтмориллонитового комплекса обосновано их образование за счет вулканогенного материала, накопивавшегося в пределах зоны глубинного разлома [2].



**Рис. 1.** Схема минералогического районирования площади развития позднечетвертичных донных осадков Черного моря по комплексам ассоциаций глинистых минералов

Зоны:	1 — Прибрежночерноморская каолинит-гидрослюдистая; 2 — Центральночерноморская хлорит-гидрослюдистая; 3 — Трансчерноморская (Одесско-Синопская) монтмориллонитовая;
Площади:	4 — Каламитская; 5 — Одесская; 6 — Дунайско-Каламитская; 7 — Калиакрийская; 8 — Бургасская; 9 — Прибосфорская; 10 — Эреглийская; 11 — Зонгулдакская; 12 — Моисеевская; 13 — Инеболийская; 14 — Инджебурунская; 15 — Ясунская; 16 — Трабзонская; 17 — Пицундская; 18 — Керченская; 19 — Прикрымская.
Условные обозначения:	1–7 — комплексы ассоциаций глинистых минералов, которые характерны для выделенных зон и площадей (1 — хлорит-гидрослюдистый; 2 — каолинит-гидрослюдистый; 3 — монтмориллонит-гидрослюдистый; 4 — собственно гидрослюдистый; 5 — монтмориллонитовый; 6 — каолинитовый; 7 — хлоритовый); 8–9 — ассоциации глинистых минералов различных комплексов, обогащенные: монтмориллонитом (8); каолинитом (9), хлоритом (10)

В донных осадках с хлорит-гидрослюдистым комплексом ассоциаций глинистых минералов содержание ванадия в среднем достигает 1,53 кларковых значений. Здесь также наблюдается, превышающее кларковые значения, содержание иттербия, фосфора, молибдена, серебра, иттрия, скандия, цинка, меди, хрома и свинца.

Для донных осадков каолинит-гидрослюдистого комплекса ассоциаций глинистых минералов содержание ванадия несколько ниже, но также превышает кларковое — 1,26 К. Отчетливая тенденция к накоплению отмечается также для таких элементов как мышьяк, молибден, скандий, медь, никель, серебро, кобальт, титан, цирконий и цинк.

Монтмориллонит-гидрослюдистый комплекс ассоциаций глинистых минералов в донных осадках характеризуется содержанием ванадия достигающим 1,6 кларковых. Концентрируются также иттрий, фосфор, скандий, иттербий, цинк, молибден.

Донные осадки собственно гидрослюдистого комплекса ассоциаций глинистых минералов содержат ванадий в количестве близком к кларковому — 1,22 К. То же самое относится и к иттрию. Отчетливо концентрируются также молибден, скандий, кобальт, титан, цирконий и никель

В донных осадках хлоритового комплекса ассоциаций глинистых минералов отмечено околокларковое содержание ванадия — 1,37 К. Такие же тенденции характерны для иттрия и титана. Глинистая составляющая донных осадков с хлоритовым комплексом ассоциаций глинистых минералов характеризуется положительной геохимической специализацией на цирконий, марганец, кобальт, никель, медь, скандий, молибден

Для донных осадков собственно каолинитового комплекса ассоциаций глинистых минералов содержание ванадия близко к кларковому — 1,32 К. Примерно такие же содержания наблюдаются для свинца, марганца и иттрия. Концентрируются молибден, скандий, медь, никель, титан, кобальт, цирконий.

Ванадий в донных осадках монтмориллонитового комплекса ассоциаций глинистых минералов содержится в количестве 1,5 кларковых. Тенденция к концентрированию при-суща молибдену, фосфору и цирконию

### **Выводы**

На наш взгляд, извлечение загрязненных илов из прибрежных и припортовых акваторий Черного моря с экологической точки зрения является необходимой задачей, поскольку от этого зависят не только ресурсный потенциал прибрежных зон моря и рекреационная привлекательность побережья, но и здоровье населения, то есть кадрового потенциала региона. Решение этого вопроса находится в реальной перспективе использования технологии плазменной газификации при совместной утилизации илов с отходами (бытовыми, промышленными, сельскохозяйственными) и современных методов обогащения получаемых продуктов. Возможность извлечения ванадия из продуктов утилизации может оказаться вполне рентабельной. Таким образом, проблемы загрязнения окружающих акваторий при дрейжинге, дноуглубительных работах могли бы быть весьма успешно и безопасно разрешены.

1. Горлицкий Б.А. Украинская версия реализации стратегии «нулевых отходов»//ВейстТек-2007 (сборник докладов 5-го международного конгресса по управлению с отходами и природоохранным технологиям, 29 мая — 1 июня 2007, Москва, с. 62–67.)
2. Лебедев С.Ю. Некоторые закономерности пространственного распределения монтмориллонита в донных осадках Черного моря//Дегазация Земли и геотектоника. Тезисы 3-го Всесоюзного совещания, М.: Наука, 1991.

### **Лебедев С.Ю. ПИТАННЯ ЩОДО РОЗПОДІЛУ РІДКІСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ДОННИХ ОСАДКАХ ЧОРНОГО МОРЯ**

*Узагальнені дані мінералогічних і геохімічних досліджень глинистої складової донних осадків у поєднанні з літературними даними по тектоніці Чорного моря, рельєфі його дна і гідродинамічному режимі морського басейну були використані для виявлення закономірностей формування та розподілу асоціацій глинистих мінералів у пізньочетвертичних донних осадках Чорного моря. Особлива увага приділяється розподіленню ванадію у глинистих компонентах донних осадків.*

### **Lebedev S. ON THE DISTRIBUTION OF RARE ELEMENTS IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE BLACK SEA**

*Summarized data of mineralogical and geochemical studies of the clay component of bottom sediments in combination with published data on the tectonics of the Black Sea, the relief of its bed and the hydrodynamic conditions of the marine basin were used to identify the pattern of formation and distribution of clay mineral associations in the late Quaternary sediments of the Black Sea. Special attention was paid to vanadium distribution in the clay components of bottom sediments.*