

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**ТОМСКИЙ ФИЛИАЛ ИНСТИТУТА НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИМ. А.А. ТРОФИМУКА СО РАН**

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДЫ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ

*Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием
имени профессора С.А. Шварцева*

Томск 2023

УДК 556.3(063)

ББК 24.35л0

Г36

Г36 **Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами** : труды V Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 363 с.

ISBN 978-5-4387-1158-2

В сборнике представлены доклады участников конференции, в которых отражены результаты исследований по широкому спектру фундаментальных и прикладных проблем эволюции систем «вода – порода – газ – живое вещество» в природных и техногенных обстановках. Работы посвящены физико-химическому моделированию и экспериментальной геохимии процессов, исследованию изотопного состава природных вод, процессам взаимодействия в системе «вода – порода» при захоронении CO₂ и радиоактивных отходов, роли газа и органического вещества в системе, последствиям изменения климата, формированию состава вод в особых природных и антропогенных обстановках, практическим аспектам. Также есть работы, посвященные новым подходам и методам в геохимии: Big Data, Machine Learning, Artificial intelligence и другим.

УДК 556.3(063)

ББК 24.35л0

Редакционная коллегия:

Н.В. Гусева, д.г.-м.н., О.Е. Лепокурова, д.г.-м.н., Е.В. Зиппа, к.г.-м.н., С.В. Алексеев, д.г.-м.н., Л.П. Алексеева, д.г.-м.н., С.И. Арбузов, д.г.-м.н., С.В. Борзенко, д.г.-м.н., М.В. Борисов, д.г.-м.н., С.Б. Бортникова, д.г.-м.н., И.В. Брагин, к.г.-м.н., Е.В. Домрочева, к.г.-м.н., Е.М. Дутова, д.г.-м.н., В.В. Ершов, к.ф.-м.н., Л.В. Замана, к.г.-м.н., И.С. Иванова, к.г.-м.н., Ю.В. Колубаева, к.г.-м.н., И.С. Король, к.х.н., В.В. Кулаков, д.г.-м.н., В.Ю. Лаврушин, д.г.-м.н., Ю.А. Моисеева, к.г.-м.н., А.М. Никитенков, к.г.-м.н., Д.А. Новиков, к.г.-м.н., А.Ю. Озерский, к.г.-м.н., Е.Ю. Пасечник, к.г.-м.н., А.М. Плюснин, д.г.-м.н., В.А. Потурай, к.г.-м.н., А.Н. Пыряев, к.х.н., Л.С. Рыбникова, д.г.-м.н., Е.А. Солдатова, к.г.-м.н., В.Д. Страховенко, д.г.-м.н., Н.С. Трифонов, к.г.-м.н., Н.А. Харитоновна, д.г.-м.н., А.А. Хвощевская, к.г.-м.н., Г.А. Челноков, к.г.-м.н., О.С. Шварцева, к.г.-м.н., Е.Г. Языков, д.г.-м.н.
Технический редактор – Е.Ю. Пасечник, к.г.-м.н.

ISBN 978-5-4387-1158-2

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2023

© ФГБУ ТФ Томский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 2023

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДЫ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ УРАНА В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 25-100° С

Соктоев Б.Р.¹, Еремин О.В.², Эпова Е.С.², Русаль О.С.², Арынова Ш.Ж.³

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия

³Торайгыров университет, г. Павлодар, Республика Казахстан

Геохимия урана в природных условиях, в том числе в водных растворах, достаточно разнообразна [4]. Особенности миграции урана зависят от ряда ведущих физико-химических параметров: рН, Eh, наличие комплексообразователей (карбонаты, фосфаты, сульфаты и др.) [13, 15, 17]. В окислительных условиях уран встречается преимущественно в шестивалентной форме (U^{6+}) в виде уранил-иона (UO_2^{2+}), который образует более стабильные комплексы, соответственно, более мобилен в природных водах [15]. В присутствии карбонат-иона уранил-ион легко связывается с ним, формируя соединения $(UO_2)(CO_3)^0$, $(UO_2)(CO_3)_2^{2-}$, $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ [11, 12], и выпадает в осадок с основными карбонатными минералами (кальцит, арагонит, доломит). Осаждение урана из растворов обычно связано с более высокой скоростью испарения или локальным перенасыщением [21], что наблюдается в случае кипячения питьевой воды (сочетание термодинамического и испарительного геохимических барьеров). Формирование осадков в виде карбонатов в бытовых условиях является сложным физико-химическим процессом, контролируемым многими факторами, которые определяют кинетику процесса: температура, гидродинамика, состав воды и другие.

Экспериментальные и натурные исследования параллельных проб воды и антропогенных карбонатов на территории ряда регионов России (Иркутская и Томская области, Республика Бурятия) и Казахстана (Павлодарская область) [1, 5, 6], а также в ряде стран (США, ЮАР) [9, 19] выявили, что между содержанием урана в воде и антропогенных карбонатах фиксируется положительная корреляционная связь (показатель линейной корреляции варьирует от 0,62 до 0,96).

Однако, ключевой вопрос, который возникает по результатам данных исследований, – это форма нахождения урана в процессе кипячения в бытовых условиях. Ответ на этот вопрос может быть найден с применением методов физико-химического моделирования. Исходя из этого, целью данной работы является провести физико-химическое моделирование поведения урана в питьевых водах в интервале температур 25-100 °С для определения форм нахождения урана в антропогенных карбонатах.

Фактическим материалом для выполнения физико-химического моделирования послужили результаты анализов химического состава природных вод, используемых для целей питьевого водоснабжения на территории Байкальского региона и Павлодарской области. Физико-химическое моделирование проведено в ПК «Селектор» [8] методом расчета термодинамических равновесий 1 литра воды при нагревании от 25 до 100° С. Для расчетов использованы данные по макрокомпонентному (катионы: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , $Fe_{общ}$, анионы: SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^-) составу вод и содержанию урана в параллельных пробах воды и антропогенных карбонатов по данным ICP-MS.

Для минералов урана, возможных в рассматриваемой системе химических элементов, были проведены расчёты стандартных энергий Гиббса образований (ΔfG°) по расчётным моделям [10, 14]. Термодинамические данные соединений урана (карбонаты, сульфаты, оксиды (гидроксиды) и пероксиды) внесены в базу данных ПК «Селектор». База данных водных форм дополнена трикарбонатными комплексами уранила с щелочноземельными металлами [18]. При расчётах использовались данные термодинамических свойств твёрдых соединений [20].

Содержания урана в водах (31 проба), за небольшим исключением, незначительно превышают базовые уровни воды озера Байкал – 0,4-0,7 мкг/л [2] и находятся в интервале концентраций 0,001-130 мкг/л. В то же время содержание урана в параллельных пробах антропогенных карбонатов варьирует в широком диапазоне концентрации: от 0,4 до 262,4 мг/кг, что в большинстве случаев выше литературных фоновых данных – кларк осадочных карбонатных пород (2,2 мг/кг) [3], накипь из воды оз. Байкал (4,51 мг/кг) [7]. Между содержанием урана в воде и антропогенных карбонатах выявлена положительная корреляционная связь ($R = 0,72$) (рис. 1).

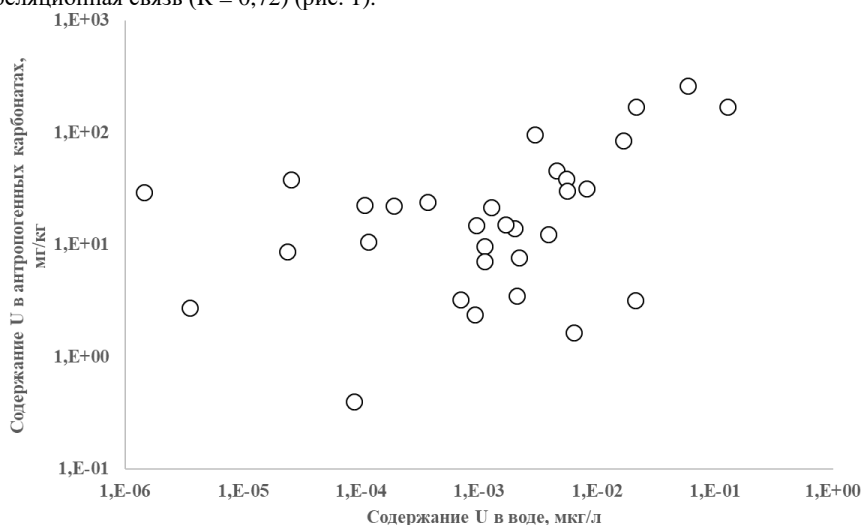


Рис. 1. Зависимость между содержанием урана в воде и антропогенных карбонатах

Результаты физико-химического моделирования показали, что практически все изученные воды не равновесны при температуре 25 °С. Выпадающий осадок при данной температуре представлен в основном доломитом ($CaMg(CO_3)_2$), иногда

СЕКЦИЯ 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОРОДА-ГАЗ-ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО

кальцитом (CaCO_3), бруситом ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), гематитом (Fe_2O_3), изредка пиритом (FeS_2). При повышении температуры до 65°C в осадок в большинстве проб дополнительно выпадает нахколит (NaHCO_3), до 95°C – в ряде проб образуется ангидрит (CaSO_4). При температуре 100°C (кипение воды) не наблюдается разницы по сравнению с температурой 95°C в фазовом составе выпадающих осадков, различия выявлены только в массе осадка (накипи) (рис. 2). Уран из растворов переходит в фазы ворланита ($\text{Ca}(\text{U}^{6+})\text{O}_4$) и гримзелита ($\text{K}_3\text{Na}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Преобразование урановых фаз при этом не происходит. Некоторые исследователи полагают, что редкий минерал ворланит может образовываться в гипергенных условиях [16].

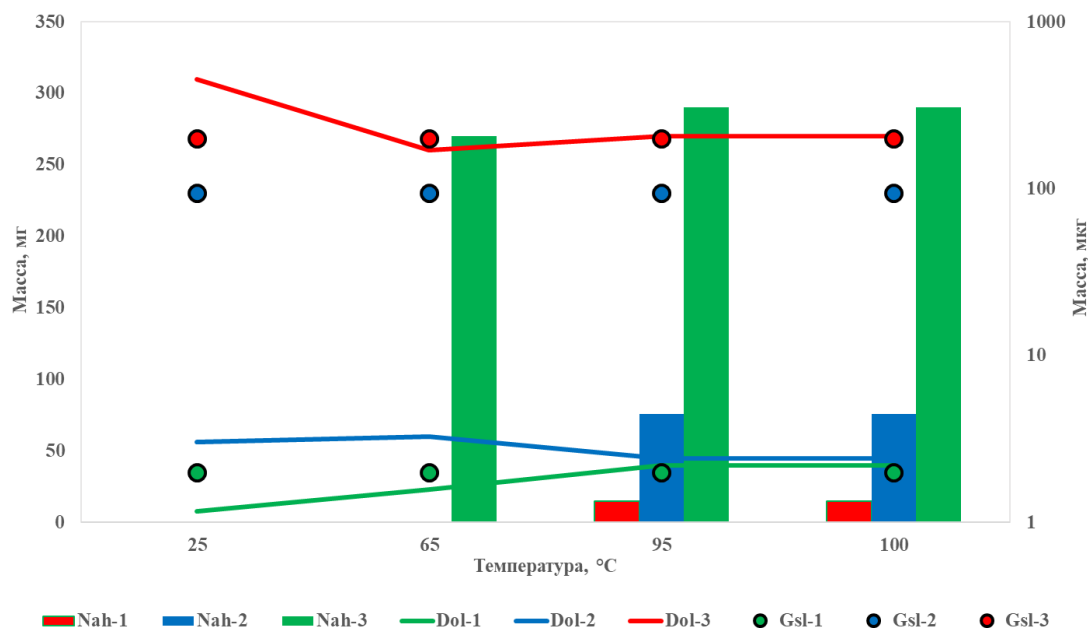


Рис. 2. Изменение массы осадка при изменении температуры

Примечание: Nah – нахколит, Dol – доломит, Gsl – гримзелит, цифры 1-3 соответствуют концентрациям урана в антропогенных карбонатах 2,7 мг/кг, 22,3 мг/кг и 262,4 мг/кг.

Несомненно, что на поведение урана в природных водах влияют и многие другие растворимые компоненты, таких как силикаты, фосфаты и другие. Однако, проведенное физико-химическое моделирование показывает, что процесс отстаивания и кипячения воды приводит к удалению растворимых соединений урана в состав осадка или накипи в виде ворланита или гримзелита. Работы будут продолжены для других объектов и возможного расширения рассматриваемых систем дополнительным спектром химических элементов.

Работа выполнена в рамках реализации гранта РФФ (№ 22-27-00281)

Литература

1. Арынова, Ш. Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования [Текст]: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Арынова Шынар Жаныбековна. – Томск, 2016. – 22 с.
2. Ветров, В. А. Базовые уровни химических элементов в воде озера Байкал [Текст] / В. А. Ветров, А. И. Кузнецова, О. А. Складорова // География и природные ресурсы. – 2013. – № 3. – С. 41-45.
3. Григорьев, Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры [Текст] / Н. А. Григорьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 382 с.
4. Евсеева, Л. С. Геохимия урана в зоне гипергенеза [Текст] / Л. С. Евсеева, А. И. Перельман, К. Е. Иванов. – М.: Госатомиздат, 1975. – 280 с.
5. Монголина, Т. А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории [Текст]: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Монголина Татьяна Александровна. – Томск, 2011. – 21 с.
6. Соктоев, Б. Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона) [Текст]: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Соктоев Булат Ринчинович. – Томск, 2015. – 22 с.
7. Соктоев, Б. Р. Естественные радиоактивные элементы (Th, U) в солевых отложениях природных пресных вод [Текст] / Б. Р. Соктоев, Л. П. Рихванов, Ш. Ж. Арынова, Н. В. Барановская // Материалы V Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». – Томск: STT, 2016. – С. 599-603.
8. Чудненко, К. В. Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения [Текст] / К. В. Чудненко. – Новосибирск: Академическое изд-во Гео, 2010. – 176 с.
9. Assessment of inorganic accumulation in drinking water system scales and sediments [Текст] / M. J. Friedman, A. S. Hill, S. H. Reiber et al. – Denver: Water Research Foundation, 2010. – 353 p.
10. Chen, F. The Gibbs free energies and enthalpies of formation of U^{6+} phases: An empirical method of prediction [Текст] / F. Cheng, R. C. Ewing, S. B. Clark // American Mineralogist. – 1999. – Vol. 84. – P. 650-664.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДЫ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ

11. Cumberland, S. A., Douglas G., Grice K., Moreau J.W. Uranium mobility in organic matter-rich sediments: A review of geo-logical and geochemical processes [Текст] / S. A. Cumberland, G. Douglas, K. Grice, J. W. Moreau // *Earth-Science Reviews*. – 2016. – Vol. 159. – P. 160-185.
12. Gurzhiy, V. V. Crystal chemistry and structural complexity of the uranyl carbonate minerals and synthetic compounds [Текст] / V. V. Gurzhiy, S. A. Kalashnikova, I. V. Kuporev, J. Plášil // *Crystals*. – 2021. – Vol. 11. – Article 704.
13. Langmuir, D. Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits [Текст] / D. Langmuir // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1978. – Vol. 42. – P. 547-569.
14. Mostafa, A. T. M. G. Prediction of Standard Heats and Gibbs Free Energies of Formation of Solid Inorganic Salts from Group Contributions [Текст] / A. T. M. G. Mostafa, J. M. Eakman, S. L. Yarbo // *Industrial Engineering Chemical Research*. – 2001. – Vol. 34. – P. 4577-4582.
15. Mühr-Ebert, E. L. Speciation of uranium: Compilation of a thermodynamic database and its experimental evaluation using different analytical techniques [Текст] / E. L. Mühr-Ebert, F. Wagner, C. Walther // *Applied Geochemistry*. – 2019. – Vol. 100. – P. 213-222.
16. Othmane, G. Evidence for nanocrystals of vorlanite, a rare uranate mineral, in the Nopal I low-temperature uranium deposit (Sierra Peña Blanca, Mexico) [Текст] / G. Othmane, Th. Allard, N. Menguy, G. Morin, I. Esteve, M. Fayek, G. Calas // *American Mineralogist*. – 2013. – Vol. 98. – P. 518-521.
17. Silva, R. J. Actinide environmental chemistry [Текст] / R. J. Silva, H. Nitsche // *Radiochimica Acta*. – 1995. – Vol. 70-71. – P. 377-396.
18. Vercouter, Th. A modelling exercise on the importance of ternary alkaline earth carbonate species of uranium(VI) in the inorganic speciation of natural waters [Текст] / Th. Vercouter, P. E. Reiller, E. Ansoborlo, L. Fevrier, R. Gilbin, C. Lomenech, V. Philippini // *Applied Geochemistry*. – 2015. – Vol. 55. – P. 192-198.
19. Winde, F. Uranium contaminated drinking water linked to leukaemia – Revisiting a case study from South Africa taking alternative exposure pathways into account [Текст] / F. Winde, E. Erasmus, G. Geipel // *Science of The Total Environment*. – 2017. – Vol. 574. – P. 400-421.
20. Yokokawa, H. Tables of thermodynamic properties of inorganic compounds [Текст] / H. Yokokawa // *Journal of the national chemical laboratory for industry*. – 1988. – Vol. 83. – P. 27-118.
21. Zhiwei, N. Spectroscopic studies on U(VI) incorporation into CaCO₃: Effects of aging time and U(VI) concentration [Текст] / N. Zhiwei, W. Xiaoyan, Q. Shirong, W. Hanyu, P. Duoqiang, W. Wangsuo, F. Qiaohui // *Chemosphere*. – 2019. – Vol. 220. – P. 1100-1107.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОЙ МИГРАЦИИ И АДСОРБЦИИ МОЛИБДЕНА ВТОРИЧНЫМИ МИНЕРАЛАМИ

Солдатова Е.А.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Молибден, хотя и считается важным микроэлементом как для животных, так и для человека [1], является потенциально токсичным [2]. Данные по его влиянию на организм человека ограничены, однако известно, что длительное поступление повышенных доз молибдена могут приводить к развитию заболеваний мочеполовой системы и другим негативным эффектам [3], [4]. Это определяет необходимость исследований миграции и осаждения Мо в системе почва-грунтовые воды, в особенности в пределах сельскохозяйственных территорий, где этот элемент может рассматриваться и как элемент питания растений и как загрязнитель грунтовых вод, использующихся для хозяйственно-бытового водоснабжения в условиях отсутствия централизованного водоснабжения.

Биологически доступный молибден в форме оксианиона MoO₄²⁻ является подвижным и подвержен выщелачиванию, что обуславливает миграцию из почвы в грунтовые воды [2]. Недостаток биодоступного молибдена в почве связывают также с сорбцией молибдата органическим веществом почв и оксидами Fe, что особенно характерно для кислых почв [5–7], что в то же время должно способствовать ограничению миграции Мо в грунтовые воды. Помимо адсорбции на оксидах, гидроксидах и сульфидах Fe [8–10], экспериментальные работы показали возможность адсорбцию на оксидах и гидроксидах Al и Mn и глинистых минералах, особенно при низких значениях pH [11–14]. В данной работе сделана попытка оценить адсорбцию молибдена новообразующимися из ирригационных вод минералами с помощью численного моделирования. Это позволило проанализировать влияние сорбционного геохимического барьера на биологическую доступность молибдена в системе вода-почва.

Объект исследований

Объектом исследования в данном случае являлись ирригационные воды, отобранные в пределах рисовых полей провинции Цзянси (КНР). Ранее уже была продемонстрирована возможность осаждения каолинита из ирригационных вод и рассмотрено влияние комплексообразования металлов с органическими лигандами [15], однако не была учтена возможность сорбции микрокомпонентов на формирующихся гидрогеонно-минеральных комплексах. В настоящей работе в модель была добавлена возможность образования адсорбированных комплексов молибдена. В качестве сравнения и для оценки влияния pH среды на сорбцию также была рассмотрена адсорбция молибдена на минералах, формирующихся из вод естественного ветланда, расположенного в том же районе.

Район исследований располагается в бассейне оз. Поянху (Китай) и представляет собой обширную аллювиальную равнину, где естественные и искусственные ветланды (рисовые поля и др. обводненные сельскохозяйственные угодья для выращивания аквакультур) имеют широкое распространение в связи с особенностями гидрологии региона и развитой сельскохозяйственной деятельностью. Подробную характеристику района исследований и описание методики опробования и химического анализа воды можно найти в работе [16].

Методика моделирования

Моделирование сорбции молибдена проведено в программном комплексе (ПК) HCh [17]. Модель включала в себя следующие независимые компоненты: Al, C, Ca, Cd, Cl, Co, Cu, FA (fulvic acids), Fe, H, HA (humic acids), K, Mg, Mn, Mo, N, Na, O, Pb, S, Si, U, W, Zn.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ВОДА-ПОРОДА-ГАЗ-ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО: ПРОЦЕССЫ, ФАКТОРЫ, ЭТАПЫ

Вакуленко Л.Г., Новиков Д.А., Черных А.В., Максимова А.А., Николенко О.Д., Хвещевская А.А., Никитенков А.Н. МАРГАНЦЕВОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ РЕКИ ЧЕРНОЙ, КАК ЭТАП ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОРОДА (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	4
Дребот В.В., Лепокурова О.Е. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ РАЙОНА ТОРЕЙСКИХ ОЗЕР КАК РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОРОДА	8
Ершов В.В. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОТОПНОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ ВОД.....	12
Зиппа Е.В. ГЕОХИМИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД БАЙКАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ.....	16
Лаврушин В.Ю., Айдаркожина А.С., Челноков Г.А., Ермаков А.В., Латыпова М.Р. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИДКОЙ, ТВЕРДОЙ И ГАЗООБРАЗНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВЫБРОСОВ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ОБЛАСТИ (КРЫМСКО-КАВКАЗСКИЙ РЕГИОН) ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ	20
Мусин Р. Х., Хамитов А. Д. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ГЛИНИСТЫХ ПЕРВИЧНО МОРСКИХ ТОЛЩАХ	24
Плюснин А.М. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА АБРАЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ БЕРЕГОВ БАЙКАЛА В СВЯЗИ С ПОДЪЕМОМ УРОВНЯ ПЛОТИНОЙ ИРКУТСКОЙ ГЭС.....	28
Потурай В.А. УГЛЕВОДОРОДЫ В ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ КАРЫМШИНСКОГО И СЕВЕРНОГО УЧАСТКОВ (ПАРАТУНСКАЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ СИСТЕМА, КАМЧАТКА)	32
Сергеева А.В., Кириухин А.В., Тсучия Н., Усачева О.О., Каргашева Е.В., Назарова М.А., Кузьмина А.А. ВЛИЯНИЕ ПРИТОКА ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ КАЛЬЦИЕВЫХ ВОД НА ПОКАЗАНИЯ ГЕОТЕРМОМЕТРОВ ПРОДУКТИВНОГО РЕЗЕРВУАРА ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.....	36
Страховенко В.Д., Малов Г.И., Овдина Е.А., Малов В.И. ИЗОТОПНЫЕ ВАРИАЦИИ УГЛЕРОДА, СЕРЫ В САПРОПЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ ОЗЕР РАЗНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ЗОН ЮГА СИБИРИ	41
Украинцев А.В., Плюснин А.М. РАСТВОРЕННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В АЗОТНЫХ ТЕРМАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ.....	45
Хаустов А.П. Органическое вещество и неравновесность геохимических систем.....	49
Шавецкина А.Ш., Волынкин С.С., Бортникова С.Б. МИНЕРАЛЬНЫЕ ФОРМЫ МЫШЬЯКА В ТЕХНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ХОВУ-АКСЫ (ТУВА).....	53
Шварцева О.С. ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)	55

СЕКЦИЯ 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОРОДА-ГАЗ-ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО

Борисов М.В., Бычков Д.А., Шваров Ю.В., Лубкова Т.Н. РАВНОВЕСНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВА СВИНЦОВО- ЦИНКОВЫХ РУДНЫХ ЖИЛ НА КАРБОНАТНОМ БАРЬЕРЕ В ПОЗДНИХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ.....	57
Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Девятова А.Ю., Житова Л.М., Гора М.П. ФОРМЫ ПЕРЕНОСА И ОСАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ПАРО-ГАЗОВЫХ ПОТОКАХ ОТ ТЕХНОГЕННОГО ВЕЩЕСТВА	61
Бугаев И.А., Сидкина Е.С., Конышев А.А., Громьяк И.Н. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТВАЛОВ «КРАСНАЯ ГЛИНКА» НА СОСТАВ ВОД ВОДООХРАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. ПИТКЯРАНТА	65
Гаськова О.Л., Шварцева О.С., Гаськов Д.И., Вагнер С.Э., Нуриев Д.Р. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРБОНИЗАЦИИ МИНЕРАЛОВ ОСНОВНЫХ ПОРОД ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ $CO_2(ГАЗ)$	68
Ершов В.В. ПЕРВЫЙ ОПЫТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РНГЕЕОС) В ГИДРОГЕОХИМИИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ	72
Малов А.И., Сидкина Е.С., Черкасова Е.В. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА МИГРАЦИЮ И ОСАЖДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА МЕСТОРОЖДЕНИИ АЛМАЗОВ.....	76
Никитенков А. Н., Новиков Д. А., Корнеева Т. В. ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ УРАНА И ТОРИЯ В РАДОНОВЫХ ВОДАХ ЮГА СИБИРИ	79
Павлов С. Х. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СОДОВОГО ТИПА	83
Соктоев Б.Р., Еремин О.В., Эпова Е.С., Русаль О.С., Арынова Ш.Ж. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ УРАНА В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 25-100° С	87
Солдатова Е.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОЙ МИГРАЦИИ И АДСОРБЦИИ МОЛИБДЕНА ВТОРИЧНЫМИ МИНЕРАЛАМИ	89
Храмченков М.Г., Трофимова Ф.А., Долгополов Р.Э. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ И РАСТВОРОВ С НАБУХАЮЩИМИ ГЛИНИСТЫМИ ПОРОДАМИ	92
Царев М.А., Лободенко И.Ю., Позин А.В., Родин А.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГЕОХИМИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БЕТОНА ПРИ РАСТВОРЕНИИ	95

Научное издание

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДЫ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ

Труды V Всероссийской научной конференции с международным участием
имени профессора С.Л. Шварцева

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *Е.Ю. Пасечник*

Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ