

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ



НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА – XXI ВЕК

Материалы Всероссийской научной конференции
с участием иностранных ученых, посвященной
150-летию академика АН СССР И.М. Губкина и
110-летию академика АН СССР и РАН А.А. Трофимука



ИНГГ
СО РАН

N* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

14-15 сентября 2021 г., Новосибирск, Россия

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ

ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А. А. ТРОФИМУКА
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА – XXI ВЕК

Материалы Всероссийской научной конференции
с участием иностранных ученых, посвященной
150-летию академика АН СССР И. М. Губкина
и 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука

г. Новосибирск, 14–15 сентября 2021 г.

Новосибирск
2021

УДК 55:550.8+338.012(063)

ББК И36я431

Н766

Программный комитет конференции

Сопредседатели:

акад. РАН А. Э. Конторович, чл.-корр. РАН В. А. Каширцев

Члены программного комитета:

акад. РАН В. А. Верниковский, чл.-корр. РАН В. Н. Глинских, д-р техн. наук И. Н. Ельцов,
чл.-корр. РАН В. А. Конторович, канд. геол.-минерал. наук П. Н. Мельников,
канд. геол.-минерал. наук Т. М. Парфенова, д-р геол.-минерал. наук А. В. Ступакова,
акад. РАН М. П. Федорук, чл.-корр. РАН Б. Н. Шурыгин, акад. РАН М. И. Эпов

Организационный комитет:

Председатель: д-р техн. наук И. Н. Ельцов

Зам. председателя: канд. геол.-минерал. наук Т. М. Парфенова

Секретарь: канд. геол.-минерал. наук М. А. Фомин

Члены организационного комитета:

д-р геол.-минерал. наук Л. М. Буриштейн, д-р геол.-минерал. наук Д. В. Гражданкин,
канд. геол.-минерал. наук В. Д. Ермиков, чл.-корр. РАН И. Ю. Кулаков, д-р геол.-минерал. наук О. Е. Лепокурова,
д-р геол.-минерал. наук Д. В. Метелкин, д-р геол.-минерал. наук Б. Л. Никитенко,
канд. геол.-минерал. наук М. В. Соловьев, д-р экон. наук И. В. Филимонова

Н766 Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа — XXI век: Материалы Всерос. науч. конф. с участием иностранных ученых, посв. 150-летию акад. АН СССР И. М. Губкина и 110-летию акад. АН СССР и РАН А. А. Трофимука / Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН; Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. — 276 с.

ISBN 978-5-4437-1248-2

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых «Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа — XXI век», посвященной 150-летию академика АН СССР И. М. Губкина и 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука (Новосибирск, Россия, 14–15 сентября 2021 г.).

Открывает сборник письмо-приветствие президента РАН академика А. М. Сергеева и статья академика А. Э. Конторовича, в которой детально рассмотрен вклад в развитие нефтегазового комплекса Советского Союза и России двух выдающихся геологов-нефтяников XX века, академиков И. М. Губкина и А. А. Трофимука.

В докладах отражены современные теоретические и практические проблемы геологии нефти и газа. Внимание уделено вопросам общей и региональной геологии нефтегазоносных осадочных бассейнов, решению актуальных задач тектоники, седиментологии, литологии, палеогеографии, геохимии, стратиграфии и палеонтологии.

В публикациях обсуждаются новые результаты исследований в области органической геохимии и литологии черносланцевых комплексов, геохимии нефтей, гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов, углеводородного потенциала недр России и Беларуси. Серия работ посвящена моделированию нефтегазообразования в осадочных отложениях Сибири, методам компьютерного моделирования геологических процессов, оценке ресурсов и выявлению закономерностей размещения месторождений углеводородов.

В сборник включены доклады, направленные на обсуждение проблем экономики и экологии нефтегазовой отрасли. В ряде докладов представлены результаты изучения фильтрационных свойств обогатенных и обедненных органическим веществом пород, геофизических исследований скважин, новые геофизические методы поисков углеводородов.

Материалы конференции представляют интерес для специалистов-геологов широкого профиля, а также для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений, специализирующихся в области наук о Земле.

УДК 55:550.8+338.012(063)

ББК И36я431

© Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, 2021

© Новосибирский государственный
университет, 2021

ISBN 978-5-4437-1248-2

МИГРАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ*

О. Е. Лепокурова, Н. С. Трифонов

*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, Томск*

Аннотация. Впервые определены основные миграционные формы гумусовых кислот в природных водах Нарыкско-Осташкинской территории (Кузбасс) путем термодинамических расчетов с использованием ПК HydroGeo. Установлено, что большая часть фульвокислот связывается с натрием, однако на общем содержании самого Na это мало отражается. Гумусовые кислоты в основном мигрируют в форме (ГК)²⁻.

Ключевые слова: Гумусовые кислоты, подземные воды, формы миграций, угленосные отложения, Кузнецкий бассейн

MIGRATION FORMS OF HUMIC ACIDS IN UNDERGROUND WATERS OF COAL-BEARING DEPOSITS

O. Lepokurova, N. Trifonov

Tomsk Branch of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of SB RAS, Tomsk

Annotation. For the first time, the main migration forms of humic acids in the natural waters of the Naryk-Ostashkin territory (Kuzbass) were determined by thermodynamic calculations using the HydroGeo software package. It was found that most of the fulvic acids bind to sodium, but this has little effect on the total content of Na itself. Humic acids mainly migrate in the form of (HA)²⁻.

Key words: Humic acids, underground waters, forms of migration, coal-bearing deposits, Kuznetsk basin

Среди различных видов растворенных органических веществ (РОВ), присутствующих в подземных водах, особое значение имеют вещества гумусового происхождения — фульво-(ФК) и гуминовые (ГК) кислоты, составляющие 50–90 % от общего объема РОВ и образующие устойчивые элементоорганические соединения. Такие комплексные соединения смещают равновесия в геохимических процессах (в растворении, выщелачивании, осаждении и соосаждении, сорбции, ионном обмене, окислении-восстановлении) в сторону водной фазы [1]. При изучении формирования состава вод, богатых органикой, это необходимо учитывать. Именно такая задача перед нами встала в продолжающихся исследованиях [2–5] по уникальным высокоминерализованным содовым водам угленосных отложений Кузбасса, вскрытых при бурении скважин на угольном метан ООО «Газпром добыча Кузнецк» и впервые описанные сотрудниками ТФ ИНГГ СО РАН [4].

© О. Е. Лепокурова, Н. С. Трифонов, 2021

* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 20-05-00127, 19-05-00290 и РНФ 20-77-10084.

Объектом исследований являются подземные воды пермских терригенно-угленосных отложениях (кольчугинская свита) Нарыкско-Осташкинской площади, циркулирующие на глубинах 0,4–1,2 км в зоне замедленного водообмена. Геологические и гидрогеологические условия территории, химический и изотопный состав вод уже неоднократно приводились [2–5]. Кратко охарактеризуем эти воды. Уникальность их связана с необычно высокой минерализацией (4–27 г/л), не характерной для содовых ($\text{HCO}_3\text{-Na}$) вод (обычно в пределах 0,6–5 г/л). При этом показатель pH имеет достаточно небольшие значения 7,5–8,5. Для вод характерны высокие концентрации РОВ (Сорг до 53 мг/л), разнообразный набор микрокомпонентов, высокая насыщенность метаном, утяжеленный изотопный состав кислорода («кислородный сдвиг», указывающий на длительное время взаимодействия вод с кислородом вмещающих пород) и аномально тяжелый положительный изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$ (HCO_3) до +31‰ и $\delta^{13}\text{C}$ (CO_2) до +22‰). Формирование состава данных вод объясняется нами длительным взаимодействием инфильтрационных вод с алюмосиликатными породами (песчаниками, алевролитами, аргиллитами, сланцами и т. д.) и углем в условиях затрудненного водообмена и равновесно-неравновесного состояния системы вода — порода [2].

Более детальное изучение РОВ в водах угленосных отложений показало [5], что гумусовые вещества представлены в основном фульвокислотами от 90,6 до 99,3 % (от 2,0 до 150,0 мг/л), гуминовые кислоты имеют подчиненное значение от 0,7 до 9,4 % (от 0,2 до 8,2 мг/л). Отношение ФК к ГК стабильное.

Формы миграции гумусовых кислот рассчитывались с помощью программного комплекса HydroGeo [6]. Методика расчетов комплексообразования достаточно подробно изложена в книгах Крайнова С. Р и Гаррельса Р. М. [7]. Такие соединения образуются при взаимодействии иона-комплексообразователя и лигандов, в данном случае органического происхождения (ФК и ГК). Характеристикой комплексного соединения служит константа устойчивости. При сравнении ее с составом реального раствора, можно судить об возможности образования данного соединения.

При выполнении термодинамических расчетов в систему по каждой пробе воды вводились данные по: t, pH, Eh, содержание основных ионов (HCO_3^- , CO_3^{2-} (CO_2), SO_4^{2-} , Cl⁻, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+}), а также ГК, ФК, PO_4^{3-} , некоторых микроэлементов (Al, Br, Li, I, Ba, B, Zr, Ga, Ge), а также концентрации Si. Результаты расчетов представлены в таблице.

**Результаты расчетов форм миграций гумусовых кислот
в подземных водах угленосных отложений Нарыкско-Осташкинской площади
(интервалы содержаний, в скобках — среднее значение)**

Формы миграций	% от валового содержания	мг/л, мкг/л*	Примечание
Соединения с фульвокислотами			
NaФК ⁻	97,4–99,8 (99,4)	19,6–114,8 (51,5)	0,6–4,0 (1,5) % от Na
MgФК	0,002–0,074 (0,02)	0,41*–0,08 (0,01)	0,01–0,30 (0,06) % от Mg
KФК ⁻	0,05–2,21 (0,42)	0,01–2,55 (0,22)	0,18–1,24 (0,48) % от K
FeФК	0,0006–0,04 (0,01)	0,11*–0,04 (6,34*)	0,01–0,29 (0,11) % от Fe
(ФК) ²⁻	0,10–0,20 (0,13)	0,02–0,23 (0,07)	–
CaФК	0,002–0,060 (0,012)	0,35*–0,7 (6,17)	0,006–0,85 (0,11) % от Ca
LiФК ⁻	0,002–0,013 (0,004)	0,36*–14,4* (2,1*)	% 0,0001–10,4 (0,43) % от Li
BaФК	0,0003–0,006 (0,001)	0,06*–7,2* (0,6*)	% 0,0001–0,16 (0,02) % от Ba
Соединения с гуминовыми кислотами			
(ГК) ²⁻	72,5–97,8 (91,3)	0,1–1,1 (0,6)	–
MgГК	0,5–8,6 (3,44)	0,8*–0,9 (0,2)	0,05–0,41 (0,15) % от Mg
CaГК	1,2–18,9 (5,2)	1,0*–0,2 (0,04)	0,05–0,52 (0,17)% от Ca

Фульвокислоты, как уже говорилось, преобладают в водах среди РОВ, и имеют большую способность к комплексообразованию по сравнению с другими органическими кислотами. Как показали расчеты, они образуют 10 соединений: 7 из них представлено (см. таблицу), а 3 — $(\text{Na}(\text{ФК})_2)_3^-$, $(\text{Mg}(\text{ФК})_2)_2^-$, $(\text{Fe}(\text{ФК})_2)_2^-$ появляются в значениях $< 0,1 \%$ и поэтому здесь не приведены. При этом в виде собственно $(\text{ФК})^{2-}$ фульвокислоты мигрируют незначительно. Основная часть ФК (97,4–99,8 %) соединяется в NaФК^- , однако в пересчете на натрий максимально только 4 % Na связывается с фульвокислотами, а в среднем только 1,5 %.

Из введенных микрокомпонентов соединения с фульвокислотами образуют лишь Li и Ba, в значениях невысоких $< 0,1 \%$, но в пересчете на концентрацию Li, получается достаточно весомо до 10 % (правда в среднем всего 0,4 %). Ba в пересчете на BaФК мигрирует незначительно.

Гуминовые кислоты в основном (72,5–97,8 %) мигрируют в чистом виде $(\text{ГК})^{2-}$, образуя соединения только с магнием и кальцием. При этом ГК больше связываются с Ca, что подтверждается данными других работ [8, 9], однако большей связи Mg с ФК не отмечено. В любом случае в среднем только 0,15 % Mg и 0,17 % Ca связывается с ГК.

В качестве основного вывода можно заключить следующее. Натриевому составу вод угленосных отложений в том числе способствуют фульвокислоты, почти полностью расходуемые себя на образование с Na устойчивые соединения и не позволяющие ему таким образом осаждаться во вторичные минералы. Однако связывание натрия очень незначительное (в среднем 1,5 %) и напрямую зависит от концентраций ФК, которые, как правило, на два порядка меньше, чем Na. Кроме того, выявлено что с ФК достаточно хорошо мигрирует Li. Гуминовые кислоты на формирование вод оказывают малое влияние, незначительно связывая лишь магний и кальций, но в основном мигрируют в свободной форме.

Список литературы

1. Крайнов С. Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С. Р. Крайнов, Б. Н. Рыженко, В. М. Швец. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. 672 с.
2. Лепокурова О. Е. Содовые подземные воды юга Кузбасса: изотопно-химические особенности и условия формирования / О. Е. Лепокурова // Геохимия. 2018. № 9. С. 904–919.
3. Домрочева Е. В. Геохимическая характеристика подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) / Е. В. Домрочева, О. Е. Лепокурова, Д. А. Сизиков // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 325. №1. С. 94–101.
4. Шварцев С. Л. Аномальный состав изотопов углерода в подземных щелочных водах Кузбасса / С. Л. Шварцев, О. Е. Лепокурова, Е. В. Домрочева, В. А. Пономарчук, Д. А. Сизиков // Доклады академии наук. 2016. Т. 469. № 6. С. 724–728.
5. Лепокурова О. Е. Гуминовые вещества в природных водах Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) / О. Е. Лепокурова, Е. В. Домрочева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. №3. С. 197–206.
6. Букаты М. Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач / М. Б. Букаты // Известия Томского политехнического ун-та. 2002. Т. 305. Вып. 6. С. 348–365.
7. Гаррельс Р. М. Растворы, минералы, равновесия / Р. М. Гаррельс, Ч. Л. Крайст. Пер. с англ. М.: Мир, 1968. 368 с.
8. Гаськова О. Л. Влияние природных органических кислот на отношение Mg/Ca в донных осадках высокоминерализованных озер / О. Л. Гаськова, О. А. Складорова // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 6. С. 829–840.
9. Wall N. A. Humic acids coagulation: influence of divalent cations / N. A. Wall, G. R. Choppin // Applied Geochemistry. 2003. V. 18. P. 1573–1582.