

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

## МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ВЕНДСКИХ РАССОЛОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ\*

Д. А. Новиков<sup>1,2</sup>, А. В. Черных<sup>1</sup>, Ф. Ф. Дульцев<sup>1</sup>, И. И. Юрчик<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск*

<sup>2</sup> *Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*

**Аннотация.** В вендских резервуарах Сибирской платформы развиты рассолы Cl Na, Cl Na-Ca, Cl Ca-Na, Cl Ca и Cl Ca-Mg типов с величиной общей минерализации от 84,6 до 583,1 г/дм<sup>3</sup>. Площадная региональная гидрогеохимическая зональность контролируется местоположением внешних, развитых по периферии Сибирской платформы, где протекали процессы инфильтрации метеорных вод, и внутренних областей питания. Определяющими факторами формирования их состава являются гравитационное опускание в вендские горизонты рассолов периодов существования на платформе кембрийских солеродных бассейнов, внедрение траппов в конце перми — начале триаса и сопровождающая его гидротермальная деятельность. Во время предвильючанского, преднепского, предтирского и предданиловского перерывов в осадконакоплении в вендские отложения проникали инфильтрогенные воды.

**Ключевые слова:** Гидрогеохимия, сверхкрепкие рассолы, кембрий, венд, степень метаморфизации, генетический тип, трапповый магматизм, Сибирская платформа.

## MECHANISMS FOR FORMING THE VENDIAN BRINES COMPOSITION OF THE SIBERIAN PLATFORM

D. Novikov<sup>1,2</sup>, A. Chernykh<sup>1</sup>, F. Dultsev<sup>1</sup>, I. Yurchik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics,  
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk*

<sup>2</sup> *Novosibirsk State University, Novosibirsk*

**Annotation.** In the Vendian reservoirs of the Siberian platform, brines of Cl Na, Cl Na-Ca, Cl Ca-Na, Cl Ca and Cl Ca-Mg types with a total mineralization value of 84.6 to 583.1 g/dm<sup>3</sup> are developed. The regional lateral hydrogeochemical zoning is controlled by the outer recharge zone (the periphery of the Siberian platform) where water infiltration dominates, and the inner recharge zones. The determining factors for the formation of their composition are the gravitational subsidence of brines into the Vendian horizons of the periods of existence on the platform of the Cambrian salt-bearing basins, the emplacement of traps in the Late Permian — Early Triassic was accompanied by hydrothermal activation. During the Pre-Vilyuchan, Pre-Nepa, Pre-Tira, and Pre-Danilovo sedimentary hiatuses, infiltrogenic waters percolated into Vendian sediments.

**Key words:** Hydrogeochemistry, ultra-strong brines, Cambrian, Vendian, grade of metamorphism, genetic type, trap magmatism, Siberian Platform.

© Д. А. Новиков, А. В. Черных, Ф. Ф. Дульцев, И. И. Юрчик, 2021

\* Исследования проводились при финансовой поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0025 и РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-70074 «Ресурсы Арктики».



Среди более чем 30 верхнепротерозойских нефтегазоносных бассейнов мира [1] с доказанной промышленной нефтегазоносностью, с нефте- и газопроявлениями, а также с вероятной нефтегазоносностью рассолы вендских отложений в наибольшей мере изучены в Лено-Тунгусском бассейне [2,3].

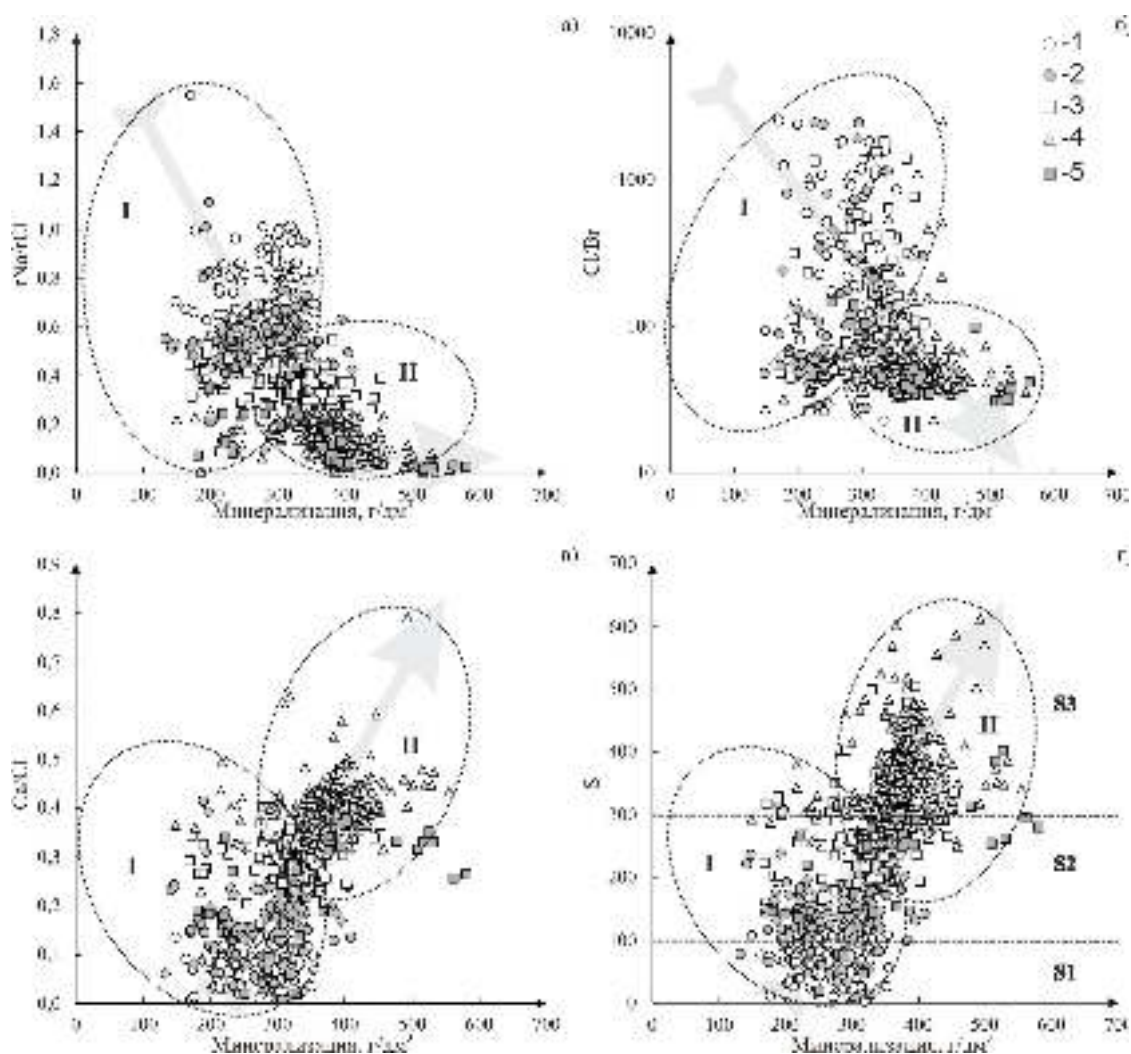
Хлоридные рассолы изучаемых горизонтов различаются по катионному составу от натриевых до магниевых. Причем, рассолы с повышенной долей магния в составе являются самыми редкими, и природа их появления требует дополнительных исследований. Преобладают кислые и слабокислые рассолы ( $\text{pH} = 3,0\text{--}5,5$ ) с вариацией значений  $\text{pH}$  от 3,0 до 7,0. Значения окислительно-восстановительного потенциала  $E_h$  варьируют от резко восстановительных  $-440$  мВ до окислительных  $+130$  мВ геохимических обстановок, при доминировании восстановительных с  $E_h = -176$  мВ. Величина общей минерализации рассолов вендских отложений варьирует в широком интервале от 84 до 150 г/дм<sup>3</sup> по периферии осадочного бассейна, достигая 583,1 г/дм<sup>3</sup> во внутренних районах Сибирской платформы. В наибольшей степени распространены рассолы с минерализацией от 280 до 400 г/дм<sup>3</sup> [2,3,4]. Несмотря на локальную изменчивость гидрогеохимического поля вендских горизонтов, наблюдается отчетливая латеральная зональность состава рассолов от хлоридного натриевого по периферии бассейна до хлоридного кальциевого в его внутренних районах.

Сравнительный анализ геохимических особенностей рассолов показал, что по  $\text{rNa/rCl}$ ,  $\text{Cl/Br}$ ,  $\text{Ca/Cl}$  отношениям и  $S$  все изученные воды обособляются в две генетические группы (см. рисунок). Первая (группа I) представлена разновозрастными инфильтрационными рассолами преимущественно хлоридного натриевого состава, выявленными по периферии бассейна. Они характеризуются величиной общей минерализации до 320 г/дм<sup>3</sup>, повышенным  $\text{rNa/rCl}$  (до 1,55),  $\text{Cl/Br}$  (до 2512) и  $\text{Ca/Cl}$  (в среднем 0,3) отношениями. Средние величины интегрированного показателя метаморфизации рассолов  $S$  составляют от 50 до 200. Их состав формировался преимущественно за счет процессов растворения наиболее растворимых минералов пород — галита, гипса и карбонатов. Они распространены узкой полосой вдоль окраины платформы.

Ко второй (группе II) с наибольшей степенью метаморфизации относятся седиментогенно-инфильтрационно-метаморфические крепкие рассолы преимущественно хлоридного кальциевого и кальциево-магниевого состава с величиной общей минерализации, превышающей 350 г/дм<sup>3</sup>. Для них характерны низкие значения  $\text{rNa/rCl}$  (в среднем 0,3),  $\text{Cl/Br}$  (до 100), повышенные значения  $\text{Ca/Cl}$  (в среднем 0,4) коэффициентов. Значения показателя  $S$  составляют более 250 (см. рисунок). Своим происхождением они обязаны нисходящей фильтрацией кембрийских рассолов в диагенезе (гравитационный эффект) и последующей метаморфизацией их состава при доломитизации известняков по широко известной реакции Мариньяка [5,6,7]. Другой механизм их формирования связан с взаимодействием рассолов с кальцийсодержащими алюмосиликатами и силикатами, что было экспериментально доказано М. Г. Валяшко и Н. К. Власовой в 1975 году [8] и термодинамически в работе С. Л. Шварцева и М. Б. Букаты [9]. Соотношение натриево-кальциевых и кальциевых рассолов по латерали и в разрезе связано с увеличением относительного содержания кальция с ростом общей минерализации. Хлоридные кальциевые рассолы с минерализацией 350–410 г/дм<sup>3</sup> доминируют в пределах юго-восточной окраины Тунгусского бассейна, в границах северо-западного склона Непско-Ботуобинской антеклизы. Рассолы только хлоридного натриево-кальциевого состава распространены в западной части Сибирской платформы.

Помимо вышеуказанных, одним из наиболее важных факторов формирования химического состава седиментогенно-инфильтрационно-метаморфических рассолов является трапповый магматизм и сопровождающая его гидротермальная деятельность в пермо-триасовое время [10], что привело к значительному изменению рассоловмещающих пород (галитизации

песчаников — засолонению коллекторов), значительному росту общей минерализации рассолов и катагенетическим изменениям их состава. Влияние интрузий наиболее ярко отражается в составе водорастворенных газов (ВРГ). Так, если в зоне влияния интрузии до 100 м в составе ВРГ доминирует углекислый газ с содержанием более 90 об. %, при содержании метана до 5 об. %, то на расстоянии 250 м концентрации  $\text{CO}_2$  падают до 30 об. %, а  $\text{CH}_4$  растут до 60–70 об. %. Схожие тенденции установлены для всего ряда гомологов от этана до гексана. Например, ВРГ с содержанием в составе  $\text{CO}_2 > 90$  об.% выявлены на Восточно- и Западно-Ногинской, Нижне-Тунгусской и Таначинской площадях. Установлена тенденция снижения его содержаний с глубиной и роста концентраций гелия до 0,40–0,52 об.% в интервале 3250–3500 м в пределах Курейской синеклизы [11,12,13]. Влияние интрузивного тела на преобразование состава водорастворенных газов нивелируется на расстоянии около 400 м.



Изменение отношений  $r\text{Na}/r\text{Cl}$  (а),  $\text{Cl}/\text{Br}$  (б),  $\text{Ca}/\text{Cl}$  (в) и степени метаморфизации  $S$  (г) (катагенетических изменений) подземных рассолов вендских отложений Сибирской платформы в зависимости от величины их общей минерализации. Химические типы хлоридных рассолов (по С. А. Щукареву): 1 — натриевый; 2 — с преобладанием катионов натрия; 3 — с преобладанием катионов кальция и натрия; 4 — кальциевый; 5 — с преобладанием катионов кальция и магния.

Стрелкой показано направление метаморфизации химического состава рассолов

Таким образом, уровень метаморфизации (катагенетических изменений) химического состава рассолов вендских отложений возрастает от наименее минерализованных Cl Na до крепких Cl Ca и Ca-Mg рассолов. Совместное рассмотрение  $rNa/rCl$ , Cl/Br, Ca/Cl отношений вместе с интегрированным показателем S подтверждает этот факт. Во время предвилючанского, преднепского, предтирского и предданиловского перерывов в осадконакоплении в изучаемые отложения проникали инфильтрационные воды. Можно предположить два этапа поступления рассолов в вендские горизонты. Первый связан с несколькими фазами гравитационного опускания рассолов периодов существования на платформе кембрийских солеродных бассейнов, а второй сопровождал процессы траппового магматизма в пермо-триасовое время.

### Список литературы

1. Конторович А. Э. Глобальные закономерности нефтегазоносности докембрия Земли / Конторович А. Э., Трофимук А. А., Башарин А. К., Беляев С. Ю., Фрадкин Г. С. // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 8. С. 6–42.
2. Вожов В. И. Подземные воды и гидроминеральное сырье Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции / Вожов В. И. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2006. 209 с.
3. Novikov D.A. Geochemistry of brines in Vendian deposits of the Siberian platform / Novikov D.A., Chernykh A.V., Dultsev F.F. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. V. 193 (1). №012052.
4. Анциферов А. С. Гидрогеология древнейших нефтегазоносных толщ Сибирской платформы / Анциферов А. С. М.: Недра, 1989. 176 с.
5. Гуревич В. И. К дискуссии о происхождении хлоридных кальциевых рассолов / Гуревич В. И. // Советская геология. 1963. № 8. с. 150–157.
6. Валяшко М. Г. Геохимия и генезис рассолов Иркутского амфитеатра / Валяшко М. Г., Поливанова А. И., Жеребцова И. К., Метких Б. И. М.: Наука, 1965. 159 с.
7. Лебедев В. И. К седиментационно-диагенетической теории образования хлоридно-кальциевых вод / Лебедев В. И. // Вестник ЛГУ. 1966. № 6. С. 26–41.
8. Валяшко М. Г. Экспериментальное исследование взаимодействия метаморфизованных морских рассолов с карбонатом кальция / Валяшко М. Г., Власова М. К. // Геохимия. 1971. № 5. С. 610–615.
9. Шварцев С. Л. О роли горных пород в формировании крепких рассолов хлоридно-кальциевого типа / Шварцев С. Л., Букаты М. Б. // Доклады АН. 1995. Т. 342. № 4. С. 530–533.
10. Конторович А. Э. Физико-химическое моделирование равновесий в системе «карбонат-эвапоритовые породы-вода-углеводороды» при контактовом метаморфизме и катагенезе / Конторович А. Э., Павлов А. Л., Третьяков Г. А., Хоменко А. В. // Геохимия. 1996. №7. С. 589–611.
11. Novikov D.A. Primary data on the impact from trap magmatism on the hydrogeochemistry of brines in the southwestern part of the Kureyka syncline (Siberian Platform) / Novikov D.A., Zhitova L.M., Dultsev F.F., Chernykh A.V. // E3S Web of Conferences. 2019. V. 98. № 08017.
12. Новиков Д. А. Влияние траппового магматизма на геохимию рассолов нефтегазоносных отложений западных районов Курейской синеклизы (Сибирская платформа) / Новиков Д. А., Гордеева А. О., Черных А. В., Дульцев Ф. Ф., Житова Л. М. // Геология и геофизика. 2020. DOI: 10.15372/GiG2020160.
13. Novikov D.A. Hydrogeochemistry of the Arctic areas of Siberian petroleum basins / Novikov D.A. // Petroleum Exploration and Development. 2017. V. 44. Issue 5. P. 780–788.