



ТРОФИМУКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021

**ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С УЧАСТИЕМ ИНОСТРАННЫХ УЧЕНЫХ**

11–16 октября 2021 г.

МАТЕРИАЛЫ



**ИНГГ
СО РАН**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ
ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
НЕФТИ, ГАЗА И УГЛЯ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИМ. А. А. ТРОФИМУКА СО РАН
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ТРОФИМУКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021
Год науки и технологий – 2021

Материалы Всероссийской молодежной научной конференции
с участием иностранных ученых

г. Новосибирск, 11–16 октября 2021 г.

Новосибирск
2021

УДК 55:550.8+338.012(063)
ББК ИЗ6я431
Т 76

Программный комитет

Председатель – академик РАН *А. Э. Конторович*
Зам. председателя – д-р техн. наук *И. Н. Ельцов*

Члены программного комитета:

акад. РАН *В. А. Верниковский*, акад. РАН *М. И. Эпов*, чл.-корр. РАН *В. Н. Глинских*,
чл.-корр. РАН *В. А. Каширцев*, чл.-корр. РАН *В. А. Конторович*, чл.-корр. РАН *И. Ю. Кулаков*,
чл.-корр. РАН *Б. Н. Шурыгин*, д-р геол.-минерал. наук *Л. М. Буриштейн*,
д-р геол.-минерал. наук *Д. В. Гражданкин*, д-р геол.-минерал. наук *Б. Л. Никитенко*,
д-р геол.-минерал. наук *Н. В. Сенников*, д-р геол.-минерал. наук *А. Н. Фомин*,
канд. геол.-минерал. наук *И. А. Губин*, канд. геол.-минерал. наук *Д. А. Новиков*,
канд. геол.-минерал. наук *Т. М. Парфенова*

Организационный комитет

Председатель – *О. А. Локтионова*
Секретарь – *С. М. Ибрагимова*

Члены организационного комитета

М. В. Соловьев, *Д. В. Аюнова*, *К. В. Долженко*, *Ф. Ф. Дульцев*, *Е. А. Земнухова*,
К. И. Канакова, *А. А. Федосеев*, *Е. Е. Хогоева*

Т76 Трофимукские чтения – 2021 : Материалы Всерос. молодежной науч. конф. с участием иностр. ученых / Ин-т нефтегаз. геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН ; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. – 280 с.

ISBN 978-5-4437-1251-2

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых «Трофимукские чтения – 2021», посвященной 110-летию академика АН СССР и РАН А. А. Трофимука (Новосибирск, Россия, 11–16 октября 2021 г.). 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 геохимии нефти, гидрогеологии и гидрогеохимии нефтегазоносных бассейнов, углеводородного потенциала недр России. 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 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 ИЗ6я431

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

ISBN 978-5-4437-1251-2

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ (СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, ТЕКТОНИКА, ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ОСАДОЧНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ)

Багаев Д. З. Геолого-геофизическая модель северной части бассейна Восточно-Сибирского моря с целью обоснования перспективных нефтегазоносных районов.....	8
Гришина А. А., Сапьяник В. В., Торопова Т. Н. Реконструкция обстановок осадконакопления байос-батских отложений в западной части Енисей-Хатангской НГО и сопредельных территорий.....	12
Гришина А. А., Торопова Т. Н., Сапьяник В. В. Геологическое строение западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и перспективы газоносности меловых отложений (на примере Подпимского ССК).....	15
Дроздов Д. К., Пахомова К. А., Виноградов Е. В. Палеогеографическое положение Сибири в позднем венде – раннем кембрии по результатам палеомагнитного анализа осадочной последовательности Оленекского поднятия	18
Ефременко В. Д. Белемниты и биостратиграфия нижнемеловых отложений Анабарского района Сибири.....	23
Злобина А. В. Стратиграфия и органическая геохимия нижней юры восточной части Анабаро-Ленского регионального прогиба (бассейн р. Келимяр).....	27
Нечаев М. С. Литологическая характеристика отложений овинпармского горизонта лохковского яруса нижнего девона в разрезе ручья Дэршор (гряда Чернышева).....	30
Пахомова К. А., Дроздов Д. К. Палеогеография Суханского осадочного бассейна по палеомагнитным данным хатыспытской свиты (венд Оленекского поднятия)	33
Пашенко А. А. Биостратиграфия синской и куторгиновой свит нижнего кембрия северо-запада Алданской антеклизы.....	38
Смольянова Д. В., Курагин Д. И., Зуева Е. А. Оценка перспектив нефтегазоносности доманиковых отложений юго-восточной части Мухано-Ероховского прогиба	42
Тахватулин М. М., Масленников М. А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрских, триасовых и пермских отложений южного борта Вилуйской синеклизы.....	45
Удегова В. В., Филиппов Ю. Ф. Потенциально нефтегазоносные комплексы Предъенисейского осадочного бассейна на юго-востоке Западной Сибири	48

СЕКЦИЯ 2. ГЕОФИЗИКА. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Глинских А. В. Численное моделирование потенциалов самопроизвольной поляризации с учетом глинистости пласта-коллектора.....	52
---	----

Кальяк А. А. Модель аппаратного комплекса для определения теплофизических свойств горных пород в условиях естественного залегания	56
Крошка Е. С. Сопоставление широкополосных диэлектрических спектров твердых и разрушенных песчаных пород	60
Крошка Е. С., Родионова О. В. Широкополосная диэлектрическая спектроскопия просеянных фракций песка и плавленых гранул	64
Москаев И. А. Численное моделирование данных скважинной электротомии в геоэлектрических моделях с наклонной двухосной электрической анизотропией	68
Сизиков И. С., Тимофеев А. В., Ардюков Д. Г., Носов Д. А. Результаты измерений силы тяжести и смещений в районе Заполярного и Ямбургского нефтегазовых месторождений	71
Ульянов Н. А., Яскевич С. В., Дергач П. А. Детекция записей слабых локальных землетрясений с использованием машинного обучения.....	76
Федосеев А. А. Определение вещественного состава отложений баженовской свиты на основе электрофизических моделей смесей.....	79
Хогоева Е. Е. Динамика эмиссионного отклика геологической среды по материалам морской сейсморазведки	83
Шилов Н. Н., Грубась С. И., Дучков А. А. Построение сейсмических лучей по решению уравнения эйконала с использованием искусственных нейронных сетей.....	87
Яблоков А. В., Сердюков А. С. Способ подбора архитектуры искусственной нейронной сети для аппроксимации зависимости фазовой скорости поверхностной волны от параметров упругой модели геологической среды	91

СЕКЦИЯ 3. ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕФТИ И ГАЗА, ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Бондоров Р. А., Фомин А. Н. Мацеральный состав и условия формирования углей васюганской свиты на юго-востоке Западно-Сибирского мегабассейна	95
Бурухина А. И., Фурсенко Е. А. Распределение углеводородов C ₄ –C ₉ в нефтях и конденсатах Бованенковского месторождения (полуостров Ямал, Западная Сибирь)	99
Дребот В. В. Изотопный состав углерода и кислорода гидрокарбонат-иона ($\delta^{13}\text{C}$) в подземных водах территории Торейских озер (Восточное Забайкалье).....	102
Иванников А. А. Органическая геохимия юрских отложений востока Енисей-Хатангского регионального прогиба.....	106
Мельник Д. С. Параавтохтонные битумоиды в породах хатыспытской свиты венда Оленекского поднятия на северо-востоке Сибирской платформы	109

Попова И. Д., Долженко К. В. Влияние асфальто-смолистой компоненты битумоида на пиролитические показатели террагенного органического вещества верхнепалеозойского комплекса Вилуйской синеклизы	113
Пыряев А. Н., Максимова А. А. Изотопный состав подземных вод нефтегазоносных отложений центральной части Зауральской мегамоноклизы	117
Черных А. В., Пыряев А. Н., Дульцев Ф. Ф. Новые данные об изотопном составе рассолов нефтегазоносных отложений Сибирской платформы.....	121

СЕКЦИЯ 4. МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Бардачевский В. Н. Геологическое строение и нефтегазоносность региональных резервуаров нижнемелового клиноформного комплекса Гыданского полуострова	126
Белоусов А. А., Титов Б. Г. Моделирование методики определения содержания в породе урана, тория калия методом пассивной гамма-спектрометрии	130
Зервандо Я. В., Елишева О. В. Предпосылки заполнения резервуаров неокомского интервала разреза Ай-Яунской площади углеводородами	133
Канакова К. И., Канаков М. С., Ибрагимова С. М. Методика выделения литотипов по данным ГИС в отложениях горизонта Ю ₁	138
Котухов П. Д. Влияние структурного строения и литологических особенностей вендских терригенных отложений на перспективы нефтегазоносности южного склона Байкитской антеклизы	142
Ошорова Е. М., Аюнова Д. В. Сейсмогеологическая характеристика и нефтегазоносность меловых отложений Ванкорской зоны нефтегазонакопления.....	146
Татевосян Л. С. Структурная характеристика отложений НГГЗК Чкаловского месторождения и прилегающих территорий	149

СЕКЦИЯ 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ НЕФТИ, МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИДРАТНОГО ГАЗА: МЕТОДЫ ИХ ПОИСКОВ, РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ

Кузнецова М. И. Выявление перспективных объектов баженовской свиты на территории ЯНАО с применением геолого-геофизических критериев	152
Соколов П. А. Поточный измеритель минерализации водных растворов	156

СЕКЦИЯ 6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

Кокорев О. Н., Кейслер А. Г., Истомин А. Д., Носков М. Д., Чеглоков А. А. Геоэкологический прогноз эксплуатации пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов.....	160
---	-----

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАУРАЛЬСКОЙ МЕГАМОНОКЛИЗЫ

А. Н. Пыряев¹, А. А. Максимова²

¹Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск

²Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск

Аннотация. В работе представлены первые результаты комплексных изотопно-гидрогеохимических исследований пластовых вод верхнеюрских отложений Сысконсыньинского газового месторождения. Показано, что большинство вод имеет узкое распределение изотопов кислорода и водорода (δD от $-103,2$ до $-85,6$ ‰ и $\delta^{18}O$ от $-15,4$ до $-12,9$ ‰). Часть из них имеет ярко выраженные экскурсы по изотопному составу, что говорит о различии в их генезисе: от конденсатогенного до смешанного с древними инфильтрационными. Изотопный состав углерода водорастворенной углекислоты ($\delta^{13}C_{DIC}$ от $-41,6$ до $-16,3$ ‰) указывает на ее биогенное происхождение и возможность межпластовых потоков из вышележающих горизонтов.

Ключевые слова: гидрогеохимия, стабильные изотопы, генезис подземных вод, Сысконсыньинское газовое месторождение, Западная Сибирь, Арктика.

ISOTOPIC COMPOSITION OF GROUNDWATER IN OIL AND GAS DEPOSITS IN THE CENTRAL PART OF THE TRANS-URAL MEGAMONOCLEASE

A. N. Pyrayev¹, A. A. Maksimova²

¹Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk

Annotation. The article presents the first results of complex isotope-hydrogeochemical studies of reservoir waters of the Upper Jurassic deposits of the central regions of the Zaural megamonoclysis. It was shown that most waters have a narrow distribution of oxygen and hydrogen isotopes (δD from $-103,2$ to $-85,6$ ‰ and $\delta^{18}O$ from $-15,4$ to $-12,9$ ‰). Some of them have pronounced excursions on the isotopic composition, which indicates a difference in their genesis: from condensate to mixed with ancient infiltrogenic. The isotopic composition of carbon of water-dissolved carbon dioxide ($\delta^{13}C_{DIC}$ from $-41,6$ to $-16,3$ ‰) indicates its biogenic origin and the possibility of interstratal flows from overlying horizons.

Key words: hydrogeochemistry, stable isotopes, genesis of groundwater, Zaural megamonoclysis, Western Siberia, Arctic.

В настоящей работы представлены первые данные по комплексным изотопно-гидрогеохимическим исследованиям 7 проб подземных вод пласта П, вогулкинской толщи, абалакской свиты одного из газовых месторождений, расположенных в Приуральской НГО Западно-Сибирской НГП. Изученная коллекция проб пластовых вод отличается весьма пестрым составом,

что характерно для вод конденсатогенного типа. По классификации С.А. Щукарева они относятся к Cl Na, Cl Ca, Cl-HCO₃ Ca-Na-Mg, HCO₃-Cl Na-Ca, HCO₃-Cl Ca-Na и HCO₃ Ca типам.

Накопление в растворе основных солеобразующих анионов и катионов контролируется химическим типом воды и находится в прямой зависимости от величины ее общей минерализации, которая варьирует от 201 до 2781 мг/дм³. Величина pH изменяется от 6,4 до 7,2, составляя в среднем 6,9. Суммарное содержание диссоциатов водорастворенной углекислоты (DIC – dissolved inorganic carbon) в водах по сумме CO₂водн и HCO₃⁻ (содержание CO₃²⁻ – не определялось) составляло от 2,0 до 3,5 ммоль/л при соотношении CO₂водн/HCO₃⁻ от 0 до 0,34.

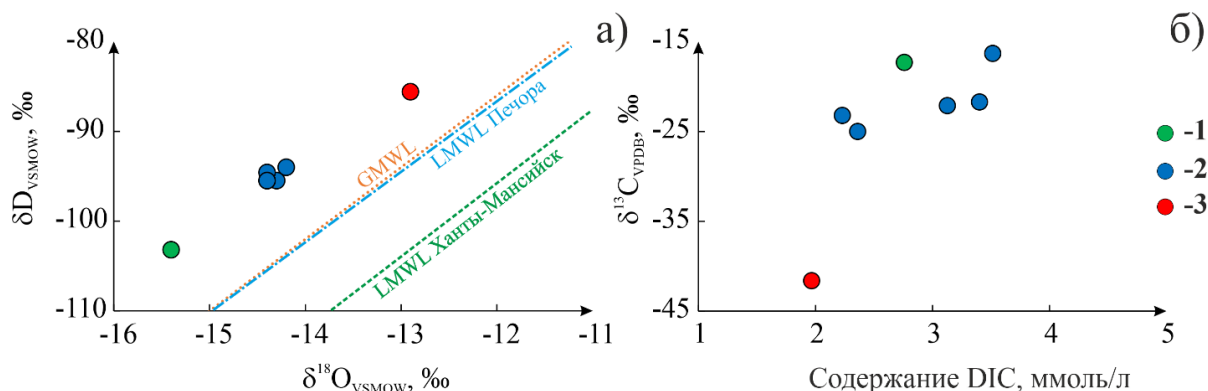


Рис. 1. Изотопные отношения кислорода и водорода вод верхнеюрских отложений центральных районов Зауральской мегамоноклизы относительно GMWL [1] и локальных метеорных линий Печоры и Ханты-Мансийска [2] (а) и изотопно-концентрационная характеристика DIC изученных вод (б): 1 – конденсатогенные воды; 2 – преимущественно конденсатогенные воды; 3 – смесь

Fig. 1. Isotopic ratios of oxygen and hydrogen in the for the Upper Jurassic deposits waters of the central regions of the Zaural megamonoclysis relative to GMWL [1] and local meteoric lines of Pechora and Khanty-Mansiysk [2] (a) and the isotope-concentration characteristic DIC of the studied waters (b): 1 – condensatogenic water; 2 – mainly condensatogenic water; 3 – a mixture of condensate water with ancient infiltrogenic

Изотопные характеристики изученных вод и DIC представлены в таблице. Значения δD и δ¹⁸O вод варьируют в диапазоне от –103,2 до –85,6 и от –15,4 до –12,9 ‰. Большая часть проб имеет узкое распределение изотопов кислорода и водорода, образуя группу точек (рис. 1, а). Отдельно выделяются две точки, соответствующие пробам с наименьшей и наибольшей степенью минерализации. Все полученные пары значений δD-δ¹⁸O располагаются выше как глобальной линии метеорных вод (GMWL [1]), так и локальных метеорных линий (LMWL) для ближайших метеорологических станций – Печора и Ханты-Мансийск [2].

Характеристика стабильных изотопов Н, О и С для вод верхнеюрских отложений центральных районов Зауральской мегамоноклизы

№ пробы	М, мг/дм ³	pH	δ ¹⁸ O, ‰	δD, ‰	δ ¹³ CDIC, ‰	Содержание DIC, ммоль/л
1	201	7,18	-15,4	-103,2	-41,6	2,0
2	220	7,02	-14,3	-95,5	-25,0	2,4
3	249	6,95	-14,4	-95,5	-23,2	2,2
4	374	7,2	-14,4	-94,6	-16,3	3,5
5	443	6,86	-14,2	-94,0	-21,7	3,4
6	1135	6,42	-14,4	-95,5	-22,1	3,1
7	2781	7,02	-12,9	-85,6	-17,3	2,8

Изотопный состав углерода DIC в исследованных водах различен (рис. 1, б). Для пробы наименее минерализованной воды значение δ¹³CDIC – изотопно наиболее легкое (-41,6 ‰). Эта

проба отличается самым низким содержанием хлорид-иона. Переход к пробам с большей минерализацией и большим содержанием ионов Na^+ и Cl^- приводит к резкому утяжелению изотопного состава водорастворенного углерода до значений от $-25,0$ до $-16,3$ ‰.

Полученные значения δD и $\delta^{18}\text{O}$ исследованных вод существенно отличаются от изотопных характеристик современных атмосферных осадков. При этом величина дейтериевого эксцесса d [3] в изученных водах, рассчитанного как $d = \delta\text{D} - 8 \cdot \delta^{18}\text{O}$, составляла от $18,9$ до $20,0$ ‰. Такое отклонение точек от GMWL свидетельствует об условиях формирования этой влаги в условиях, очень сильно отличающихся от равновесных (Релеевское фракционирование влаги), при повышенном уровне испарения влаги [8], которое контролируется в первую очередь относительной влажностью и температурой поверхности, с которой происходит испарение [4]. Сравнение полученных данных по изотопному составу кислорода и водорода с современными локальными метеорными линиями показывает, что исследованные воды были сформированы в условиях, сильно отличающихся от современных, т. е. они могут, в первом приближении, быть отнесены к древним инфильтрационным и отражают условия древнего климата. В нашем случае большинство вод имеет относительно невысокую степень минерализации в сравнении с аналогичными объектами [5–8], что предполагает их первично конденсатогенный генезис.

По мере роста общей минерализации вод изотопный состав кислорода и водорода утяжеляется. Видно, что проба 7 имеет наиболее тяжелый изотопный состав, в то время как проба 1 – наиболее изотопно легкая (см. таблицу). Остальные точки с высоким коэффициентом корреляции ($R^2 = 0,99$) ложатся на прямую соединяющую пары значений δD - $\delta^{18}\text{O}$ для проб 1 и 7. Наблюдается постепенная смена типа вод от гидрокарбонатных натриево-кальциевых к хлоридным натриевым. При этом содержание гидрокарбонат-иона во всех водах остается на очень близком уровне (120 – 190 мг/дм³). Этот прирост концентрации ионов хлора и натрия также подтверждает наличие древних инфильтрационных вод, примешиваемых все в больших количествах к исходно конденсатогенным.

Вопрос точного возраста изученных вод на текущий момент остается открытым. Тем не менее, определенную информацию об условиях захоронения вод, их взаимодействии с окружением можно подчеркнуть на основании данных по изотопному составу водорастворенного углерода.

Таким образом, результаты изотопных исследований кислорода и водорода вод верхнеюрских отложений центральных районов Зауральской мегамоноклизы в комплексе с анализом их химических особенностей показали их древнее происхождение. Генезис вод носит смешанный характер с постепенным переходом от выраженного конденсатогенного к древним инфильтрационным. Изотопный состав водорастворенного углерода в водах многообразен и указывает на биогенное (бактериальное) происхождение DIC в результате комплекса конкурирующих процессов переработки органического вещества: метаногенеза и сульфатредукции.

Список литературы

1. Craig H. Isotopic variations in meteoric waters // *Science*. – 1961. – Vol. 133 (3465). – P. 1702–1703.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). [Электронный ресурс] URL: <https://nucleus.iaea.org/wiser/index.aspx>
3. Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation // *Tellus*. 1964. Vol. 16. N 4. P. 436–468.
4. Gat J. R., Matsui E. Atmospheric water balance in the Amazon basin: An isotopic evapotranspiration model // *Journal of Geophysical Research*. – 1991. – V. 96. – №7. – P. 13179–13188.
5. Benetti M., Reverdin G., Pierre C., Merlivat L., Risi C., Steen-Larsen H. C., Vimeux F. Deuterium excess in marine water vapor: Dependency on relative humidity and surface wind speed during evaporation // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. – 2014. – V. 119. – P. 584–593.
6. Новиков Д. А., Пырьев А. Н., Черных А. В., Дульцев Ф. Ф., Рыжкова С. В. Первые данные по изотопному составу пластовых вод разрабатываемых нефтяных месторождений Новосибирской области // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2021. – Т. 332. – № 2. – С. 59–72.

7. Novikov D. A. Hydrogeochemistry of the Arctic areas of Siberian petroleum basins // Petroleum Exploration and Development. – 2017. – V. 44. – № 5. – P. 780–788
8. Novikov D. A. Genetic classification of subsurface waters and brines of Arctic regions of Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – V. 193. – № 012049.

REFERENCES

1. Craig H. Isotopic variations in meteoric waters // Science. – 1961. – V. 133 (3465). – pp. 1702–1703.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). [Электронный ресурс] URL: <https://nucleus.iaea.org/wiser/index.aspx>
3. Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation // Tellus. 1964. Vol. 16. N4. P. 436–468.
4. Gat J. R., Matsui E. Atmospheric water balance in the Amazon basin: An isotopic evapotranspiration model // Journal of Geophysical Research. – 1991. – V. 96. – № 7. – pp. 13179–13188.
5. Benetti M., Reverdin G., Pierre C., Merlivat L., Risi C., Steen-Larsen H. C., Vimeux F. Deuterium excess in marine water vapor: Dependency on relative humidity and surface wind speed during evaporation // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. – 2014. – V. 119. – pp. 584–593.
6. Novikov D. A., Pyryaev A. N., Chernyh A. V., Dul'cev F. F., Ryzhkova S. V. Pervye dannye po izotopnomu sostavu plastovyh vod razrabatyvaemyh neftyanyh mestorozhdenij Novosibirskoj oblasti // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. – 2021. – T. 332. – № 2. – S. 59–72.
7. Novikov D. A. Hydrogeochemistry of the Arctic areas of Siberian petroleum basins // Petroleum Exploration and Development. – 2017. – V. 44. – № 5. – pp. 780–788.
8. Novikov D. A. Genetic classification of subsurface waters and brines of Arctic regions of Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – V. 193. – № 012049.