

Особенности распространения и перспективы открытия скоплений водорода в газах подземных вод Северо-Востока России

В.Е. Глотов

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило
Дальневосточного отделения РАН, г. Магадан, Россия
E-mail: geoecol@neisri.ru

Аннотация. В работе представлены данные о распространении водорода в свободном газе источников подземных вод и в водогазоносных объектах нефтегазоносных артезианских бассейнов с целью предварительной оценки перспектив возможного выявления его месторождений в земных недрах на Северо-Востоке России. Показано, что содержание водорода в подземных водах более 0,1 %об. встречается редко. Наибольшие значения его – до 47,18 %об. – отмечены в скважинах Анадырского и Западно-Камчатского артезианских бассейнов. Изучение геолого-гидрогеологических особенностей водородопроявлений позволило сделать вывод, что водород поступает из локализованных источников в зонах глубинных разломов, ограничивающих депрессии. Эти депрессии являются артезианскими бассейнами, в составе чехла которых есть слои пород с емкостными свойствами (поровыми, трещинными), переслаивающиеся с пластами основных и/или ультраосновных вулканитов (андезитов, базальтов, долеритов). Сделан вывод, что такие бассейны перспективны для сохранения значительных скоплений водорода.

Ключевые слова: Северо-Восток России, водород, глубинные разломы, артезианские бассейны, скопления водорода в земных недрах.

Для цитирования: Глотов В.Е. Особенности распространения и перспективы открытия скоплений водорода в газах подземных вод Северо-Востока России // Актуальные проблемы нефти и газа. 2023. Вып. 1(40). С. 36–44. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2023-40.art4>

Введение

В 2021 году Правительством России принята «Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации». В соответствии с этим документом, водород планируют получать из природных углеводородов, прежде всего из метана, а также из ископаемого угля и из воды с использованием электроэнергии, генерируемой ГЭС и АЭС. Вместе с тем на возможность наличия в земных недрах промышленных скоплений водорода впервые указал В.Н. Ларин [1]. В настоящее время водород включен в состав списка «Полезные ископаемые России». Однако организовать поиски и разведку

этого полезного ископаемого на региональном или на государственном уровне возможно только после обоснованной оценки перспектив открытия подземных скоплений водорода в отдельных гидрогеологических структурах. Для решения данной задачи в крупнейшем географическом регионе нашей страны – Северо-Востоке России (СВ РФ) было проведено исследование с целью выявить геолого-гидрогеологические особенности участков распространения водорода в газопроявлениях на площади региона, с использованием этих знаний оценить перспективы открытия скоплений водорода в его недрах.

Данная цель имеет все признаки научной и практической новизны. Для ее достижения использовался метод научного анализа материалов газогеохимических и гидрогеологических работ, выполненных в предшествующие годы, в том числе и автором данного исследования. Материалы исследования – архивы Чукотской и Западно-Камчатской нефтегазоразведочных экспедиций производственного геологического объединения «Сахалингеология», опубликованные статьи и монографии [2–11].

Результаты исследований

В географическом отношении СВ РФ является полуостровом евразийского континента, расположенным восточнее Верхоянского хребта, площадью около 2 млн км². Это преимущественно горная страна, низменности занимают не более 25% всей территории. В геологическом строении выделяются кратонные террейны (Охотский, Омолонский), окруженные орогенными поясами: юрско-раннемеловыми, раннемеловыми, ранне- и позднекайнозойскими. На их площадях сформировались как постколлизийные осадочные бассейны (ОБ), так и надсубдукционные вулканоплутонические пояса (ВПП), крупнейшим из которых является меловой Охотско-Чукотский (ОЧВП). Вулканическая деятельность продолжается и сейчас на Восточной Камчатке [5]. В пределах кайнозойских, раннемеловых и юрско-раннемеловых орогенных областей внедрения магматических расплавов происходят вплоть до настоящего времени (вулканы в верхнем течении р. Момы, в среднем течении р. Бол. Анной [12].

На этом обширном структурно-тектоническом поле газогеохимические исследования осуществлялись, в основном, в отдельных ОБ в связи с поисками и отработкой месторождений горючих ископаемых, в складчатых областях при изучении бальнеологических свойств воды термальных источников. В процессе этих работ внимание уделялось ОБ с наибольшими объемами осадочных пород, перспективными для генерации, аккумуляции и сохранения залежей нефти и газа, которые рассматриваются автором как артезианские бассейны (АБ) [7].

Газогеохимические съемки проведены на площадях Индигиро-Зырянского, Хатырского и Анадырского АБ. В горном обрамлении Анадырского бассейна поверхностных постоянно действующих газопроявлений не установлено, основная часть площади АБ затундрована.

В Хатырском АБ на его восточной холмистой половине изучено 47 сероводородных источников пресных подземных вод. Практически в каждом из них отмечены свободные выделения газов, но водород в их составе отсутствует (анализы ВНИИГАЗ), см. табл. 1.

В Индигиро-Зырянском АБ на северо-западном борту Момской впадины газируют незамерзающие источники, питаемые подземными водами гидрокарбонатного класса кальциевой группы с общей минерализацией менее 0,3 г/дм³. Из опробованных 22 источников в газе свободных выделений обнаружен водород в 3 пробах в микроколичествах (менее 1 %об.). С содержанием СН₄ и редкими газами его количество не связано.

Таблица 1

Химический состав свободно выделяющихся газов в сероводородных источниках Хатырского АБ [6] и незамерзающих источниках Момской впадины Индигиро-Зырянского АБ [13]

Место отбора проб	Содержание газа, %об.							
	CO ₂	O ₂	H ₂	CH ₄	N ₂	He	Ar	Arx118/N ₂
<i>Восточная часть Хатырского АБ</i>								
Правобережье р. Хатырка, в бассейне руч. Ольховый	0,1*	0,5	–	60,9	37,5	0,019	0,498	1,56
Среднее течение р. Накепейляк	0,2**	0,4	–	74,3	20,8	0,006	0,915	5,23
Долина р. Выггинай, верховье	0,4	0,9	–	42,5	55,5	0,007	0,708	1,52
<i>Северо-западная часть Момской впадины Индигиро-Зырянского АБ</i>								
Источник в бассейне р. Арга-Тарыннах	–	18,1	0,17	0,18	81,55	0,001	0,84	1,03
Субаквальный источник в русле р. Кюречер	–	0,53	–	3,86	95,61	0,0025	0,9907	1,03
Газопоявление в озере Кычам-Кюель	0,61	0,53	0,44	72,15	26,27	0,033	0,9893	3,76
Источник Тарын-Юрях у пос. Ельбет	0,74	7,3	0,2	–	91,47	0,0028	0,936	0,92

*Содержание CO – 0,5 %об.; **содержание CO – 0,4 %об.

Источники азотных термальных вод на СВ РФ сосредоточены в зонах разломов в пределах ОЧВП в двух районах: Североохотоморском и Чукотском. С гидрогеологических позиций доказано, что вода в источниках – метеорная и морская, источник тепла – современные дайки базальтов в приконтактных зонах с гранитными интрузиями [9], т. е. глубина разломов не превышает зоны гранитизации. В газовом составе азотных гидротерм хлоридного и гидрокарбонатного классов при преобладании азота содержатся следы метана и углекислого газа при отсутствии водорода [6].

Для сравнительного исследования были изучены данные о газовом составе 86 источников азотных, метановых, азотно-углекислых и углекислых минеральных вод Монголии (всего 210 анализов) [14]. Каждый источник представляет собой площадку, на которой функционируют отдельные выходы (струи). Температура воды в них – от 2 до 92 °С. Во всех 46 источниках азотных терм в отдельных струях свободного газа

отмечено присутствие водорода. В 36 из них его содержание менее 1 %об., в 8 пробах концентрация превышала 1 %об., в том числе в двух точках на площадке термального источника Шаргалжуут (температура 92 °С) содержание водорода 37,49 %об. или 10,75 мг/дм³ (табл. 2).

В современной вулканической области Восточной Камчатки специалисты-вулканологи очень детально и подробно изучали материалы, характеризующие распределение водорода в газах, сопровождающих современные вулканические процессы. На основе полученных данных сделан вывод, что в газовом составе парогидротерм преобладает CO₂ (54,8 %об.) и азот (44,2 %об.). В незначительном количестве *иногда* встречаются метан, водород и сероводород [4, 10].

Таким образом, Камчатской вулканической области свойственно чаще всего отсутствие водорода, встречаются его микроколичественное содержание и очень редкие макроколичественные примеси.

Таблица 2

Газовый состав термальных источников Монголии [14]

Название источника; температура; pH	Формула химического состава	Содержание растворенных газов, %об.						
		H ₂	He	Ar	O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄
<i>Азотные термы – 38 площадей</i>								
Сайхан-Хульгос; скважина; 53; 8,75	$M_{0,9} \frac{SO_4 73 Cl 15}{Na 81 Ca 18}$	2,63	0,74	1,9	0,02	94	0	0,47
Шаргалжуут; 92; 19.08.81 г.; 8,75	$M_{0,45} \frac{HCO_3 44 SO_4 29}{Na 97}$	0,93	0,22	3,19	0	95,48	0	0,18
Шаргалжуут; 92; 19.08.1981 г.	Тот же	6,45	0,21	2,22	0	95,51	0	0,03
Шаргалжуут; 92; 19.08.1981 г.	Тот же	37,49	0,016	1,02	0	61,45	0	0,01
Шаргалжуут; 92; 19.08.1981 г.	Тот же	21,62	0,03	1,9	0	76,45	0	0
Шивэрт, скважина; 48; pH ?	$M_{0,44} \frac{HCO_3 43 SO_4 32}{Na 98}$	4,19	0,17	1,24	0	94,4	0	0

Наиболее интересны результаты изучения проб газа, полученные при испытаниях нефтегазопроисловых скважин. Данные о составе водородсодержащих скважин по изученным бассейнам приведены в табл. 3. В этой таблице нет сведений о результатах изучения проб газа из скважин в пределах Хатырского и Восточно-Камчатского артезианских бассейнов. В первом из них получены

притоки нефти и газа промышленного масштаба, но водорода в составе газа не обнаружено. Второй признан неперспективным на нефть и газ из-за сильной тектонической раздробленности и отсутствия пластовых коллекторов и покрышек [3], водород в пробах газа не установлен. В Анадырском и Западно-Камчатском нефтегазоносных АБ водород обнаружен в единичных объектах.

Таблица 3

Данные о составе газов из осадочного чехла Анадырского и Западно-Камчатского АБ (по материалам Анадырской и Камчатской нефтегазоразведочных экспедиций)

Структура; интервал исследования, м; состав пород	Содержание компонентов газовой пробы, %об.						
	H ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄	C _n H _{2n+2}	He	Ar
<i>Анадырский АБ</i>							
Западно-Озерная площадь, скв. 15; 2778-2810; катаклазированные аргиллиты K ₂	3,708	7,625	1,48	78,38	4,2	0,015	0,06
Собольковская площадь, скв. 6; 1842-1828; песчаники, алевролиты олигоцен-эоценового возраста (Pg ₂₋₃).	1,42	19,2	0,35	68,66	5,8	н/об.	н/об.
Профильная площадь, скв. 8; 455-471; перемятые аргиллиты Pg ₂₋₃ .	3,01	12,8	0,19	71,16	н/об.	н/опр.	н/опр.
Профильная площадь, скв. 8; 1043-1085; аргиллиты, песчаники K ₂	7,25	22,68	0,6	69,43	н/опр.	н/опр.	н/опр.
<i>Западно-Камчатский АБ</i>							
Твоянская площадь, скв. 1, 1688-1696; песчаники, алевролиты K ₂	47,18	49,3	3,5	0,02	н/опр.	-	-
Верхне-Низконская площадь, ТП-2; 774-760; песчаники N ₁	6,8	16,2	0	77,09	0,1	-	-

Обсуждение результатов

В совокупности представленные данные показывают, что водород в составе газов генетически не связан с компонентами химического и газового составов флюидов. Их объединяют только общие пути миграции к дневной поверхности. Содержание водорода более 1 %об. очень редко. Вместе с тем в орогенных областях на Северо-Востоке РФ при выполнении региональных геофизических профилей с успехом используют газовую съемку для подтверждения глубинных разломов по вариации микроколичества водорода в составе газа из приповерхностного слоя, т. е. в зонах этих разломов водород в микроколичествах присутствует постоянно. С глубинными разломами связаны и все показанные выше макропроявления водорода. Следовательно, для повышения его содержания до 1 %об. и более необходима концентрация газа в коллекторах под надежными крышками, которыми могут быть пласты магматических пород (базальты, диабазы, андезиты и др.). Такие условия существуют в депрессиях, связанных с зонами глубинных разломов, выполненные флюидопроницаемыми породами и пластовыми эффузивными телами. Действительно, в Монголии все термы формируются в зонах глубинных разломов, но азотные с примесью водорода выявлены только в Хангайской области. Эта область отличается резко дифференцированными неотектоническими движениями. Водородсодержащие термы приурочены к зонам разломов, отделяющим блоки погружающиеся от воздымающихся. Погруженные блоки – депрессии (артезианские бассейны) заполнены кайнозойскими отложениями, которые

расслоены базальтами четвертичного возраста [14].

С гидротермальными резервуарами пластового типа связаны и водородсодержащие гидротермы и парогидротермы Камчатки. Такие депрессии названы А.В. Кирюхиным [15] артезианскими вулканогенными бассейнами.

В Анадырском и Западно-Камчатском АБ скважины, вскрывшие газовые или газоводяные объекты, пересекали пластовые тела основных эффузивов в палеогеновых и меловых отложениях в зонах скрытых субмеридиональных глубинных разломов [16]. В первом из указанных артезианских бассейнов В.В. Иванов показал, что для меловых и палеогеновых толщ свойственно наличие пластовых тел диабазов, долеритов, базальтов и др. [11]. В Западно-Камчатском АБ расслоенность миоценовых отложений базальтами было установлено до начала периода бурения глубоких скважин. В обнажениях угленосных кулувенской и вивинтекской свит в бассейнах рек Крутогоровка и Ича встречались пласты базальта мощностью до 25 м [3]. Следует отметить, что наличие магматических слоев в осадочном чехле артезианского бассейна относят к неблагоприятному признаку при оценке перспектив нефтегазоносности.

Обращает на себя внимание наличие скоплений водорода под эффузивными пластами не только в изученных бассейнах, но и в Центральном-Камчатском прогибе, а также во впадинах и прогибах в составе Янско-Тауйского АБ (Хасынскую, Пареньскую, Авековскую, Челомджинскую), выполненных угленосными меловыми образованиями и перекрытыми эффузивными толщами.

Как весьма перспективный на открытие залежей водорода оценивается Омсукчанский прогиб в бассейне верхнего течения р. Колыма, находящийся в зоне глубинных субмеридиональных разломов. Осадочный чехол его сложен меловыми угленосными толщами, расслоенными пластами базальтов, андезитов, диоритов и др. [7, 8].

При оценке перспектив выявления залежей водорода необходимо изучить его содержание в приповерхностных грунтах не только над пластами-покрышками, но и в зонах глубинных разломов, обрамляющих эти пласты. Эффективно использование способов газогеохимических съемок в сочетании с геофизическими сейсморазведочными работами. Один из таких способов основан на искусственном ускорении процессов миграции газа, например, серией

взрывов тротиловых зарядов массой 4–10 кг [2, 17]

Таким образом, анализ имеющихся газогеохимических материалов позволяет сделать ряд выводов:

– водород мигрирует из недр Земли к ее дневной поверхности в форме рассеянного потока по зонам глубинных разломов;

– аккумуляция водорода в скопления происходит в объектах с хорошими коллекторскими свойствами, перекрытыми газопорными магматогенными покровами;

– структурами, благоприятными для формирования таких объектов являются связанные с глубинными разломами депрессии – артезианские бассейны разных размеров и происхождения, в том числе вулканогенные;

– для поиска водородных скоплений в недрах этих структур целесообразно использовать газогеохимические способы.

Автор благодарит гл.н.с. ИПНГ РАН, д.г.-м.н. Л.А. Абукову за предложение обратить внимание на перспективы недр СВ РФ на скопления водорода, Л.П. Глотову – за помощь в подборе материалов и подготовке статьи для публикации.

Литература

1. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар, 2005. 248 с.
2. Глотов В.Е., Иванов В.В., Кузнецов О.Л. А.с. SU 1260909 А1. Способ поисков месторождений полезных ископаемых, обладающих газообразными эманациями. № 3922661; Заявл. 28.06.1985; Опубл. 30.09.1986 // Изобретения. Полезные модели. 1986. Бюл. № 36. 3 с. <http://www1.fips.ru>
3. Белова М.Б., Васильев В.Г., Власов Г.М. и др. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Камчатки / Под ред. В.Г. Васильева. М.: Гостоптехиздат, 1961. 344 с.
4. Вакин Е.А., Декусар З.Б., Серезников А.И., Спиченкова М.В. Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки: Сб. ст. / Отв. ред. В.М. Сугробов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58–84.
5. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России: В 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.1. 572 с.+Картографическое приложение.
6. Гидрогеология СССР. Т. XXVI. Северо-Восток СССР / Под ред. О.Н. Толстихина. М.: Недра, 1972. 297 с.

7. *Глотов В.Е.* Гидрогеология осадочных бассейнов Северо-Востока России. Магадан: Кордис, 2009. 232 с.
8. *Глотов В.Е.* Субмеридиональные зоны скрытых разломов: влияние на газогидрогеохимические особенности и нефтегазоносность глубоких осадочных бассейнов // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. 2015. Вып. 2(12). С. 6. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2015-12.art6>
9. *Глотов В.Е., Кулаков В.В.* Особенности формирования азотных термальных источников Приохотья // География и природные ресурсы. 2022. Т. 43, № 2. С. 146–154. <https://doi.org/10.15372/GIPR20220215>
10. *Ероцев-Шак В.А.* Гидротермальный субповерхностный литогенез Курило-Камчатского региона. М.: Наука, 1992. 132 с.
11. *Иванов В.В.* Осадочные бассейны Северо-Восточной Азии (сравнительный нефтегеологический анализ) / Отв. ред. А.А. Трофимук. М.: Наука, 1985. 209 с.
12. *Кораго Е.А., Евдокимов А.Н.* Постмиоценовый континентальный вулканизм Северной Евразии // Петрология. 1999. Т. 7, № 1. С. 80–98.
13. *Косолапов А.И., Мокшанцев К.Б., Черский М.В.* Перспективы Колымского массива, Момо-Зырянской впадины и Приморского прогиба на нефть и газ // Геологическое строение и нефтегазоносность восточной части Сибирской платформы и прилегающих районов: Материалы Всесоюзного совещания по оценке нефтегазоносности территории Якутии. М.: Недра, 1968. С. 361–367.
14. *Писарский Б.И., Ганчимэг Д.* Газовый состав подземных минеральных вод Монголии. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2007. 106 с.
15. *Кирюхин А.В., Кирюхин В.А., Манухин Ю.Ф.* Гидрогеология вулканогенов. СПб.: Наука, 2010. 395 с.
16. *Сидоров А.А., Волков А.В., Глотов В.Е.* Роль скрытых субмеридиональных разломов в формировании нефтегазоносного потенциала осадочных бассейнов Северо-Востока России // Тектоника, глубинное строение и минерагения Восточной Азии. VIII Косыгинские чтения: Материалы Всероссийской конференции. Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 566–569.
17. *Глотов В.Е., Глотова Л.П.* Водород в газах подземных вод Северо-Востока России: особенности распространения и перспективы открытия его скоплений // Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности: Сб. трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 35-летию ИПНГ РАН. М.: Ин-т проблем нефти и газа РАН, 2022. С. 334–336.

Distribution features and discovery prospects of hydrogen accumulations in the groundwater gases of the North-East of Russia

V.E. Glotov

Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute,
Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia
E-mail: geoecol@neisri.ru

Abstract. The paper presents data on hydrogen distribution in the free gas of groundwater sources and in water and gas bearing objects of oil and gas bearing artesian basins in order to preliminary estimate the prospects for possible identification of its deposits in the Earth's interior in the North-East of Russia. The hydrogen content in the groundwater exceeding 0.1 vol% is shown to be rare. Its highest values – up to 47.18 vol% – are observed in the wells of the Anadyr and the West Kamchatka artesian basins. The study of geological and hydrogeological features of hydrogen occurrences leads to the conclusion that hydrogen comes from localized sources in the zones of the deep faults limiting the depressions. These depressions constitute artesian basins, the mantle of which includes rock layers with reservoir properties (porous, fractured), interstratified with the strata of basic and/or ultrabasic volcanic rocks (andesites, basalts, dolerites). It is concluded that such basins hold prospects for the preservation of significant hydrogen accumulations.

Keywords: North-East of Russia, hydrogen, deep faults, artesian basins, hydrogen accumulations in the Earth's interior.

Citation: *Glotov V.E.* Distribution features and discovery prospects of hydrogen accumulations in the groundwater gases of the North-East of Russia // Actual Problems of Oil and Gas. 2023. Iss. 1(40). P. 36–44. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2023-40.art4> (In Russ.).

References

1. *Larin V.N.* Our Earth (origin, composition, structure and development of the primordially hydride Earth). Moscow: Agar, 2005. 248 p. (In Russ.).
2. *Glotov V.E., Ivanov V.V., Kuznetsov O.L.* A.c. SU 1260909 A1. Method for prospecting useful minerals possessing gaseous emanations. No. 3922661; Appl. 28.06.1985; Publ. 30.09.1986 // Inventions. Useful models. 1986. Bull. No. 36. 3 p. <http://www1.fips.ru> (In Russ.).
3. *Belova M.B., Vasiliev V.G., Vlasov G.M.* et al. Geological structure and oil and gas prospects of Kamchatka / Ed. by V.G. Vasiliev. Moscow: Gostoptekhizdat, 1961. 344 p. (In Russ.).
4. *Vakin E.A., Dekusar Z.B., Serezhnikov A.I., Spichenkova M.V.* Hydrotherms of the Koshelev volcanic massif // Hydrothermal systems and thermal fields of Kamchatka: Collected papers / Ed. by V.M. Sugrobov. Vladivostok: Far East Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1976. P. 58–84. (In Russ.).
5. Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East: In 2 books / Ed. by A.I. Khanchuk. Vladivostok: Dalnauka, 2006. Book 1. 572 p.+Supplementary maps. (In Russ.).
6. Hydrogeology of the USSR. Vol. XXVI. The USSR North-East / Ed. by O.N. Tolstikhin. Moscow: Nedra, 1972. 297 p. (In Russ.).

7. *Glotov V.E.* Hydrogeology of sedimentary areas in the North-East of Russia. Magadan: Kordis, 2009. 232 p. (In Russ.).
8. *Glotov V.E.* Submeridional zones of hidden faults: connection with the deep sedimentary basins oil and gas content // *Georesources, Geoenergetics, Geopolitics*. 2015. Iss. 2(12). P. 6. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2015-12.art6> (In Russ.).
9. *Glotov V.E., Kulakov V.V.* Features of the formation of nitrogen thermal springs of Priokhotye // *Geografia i Prirodnye Resursy*. 2022. Vol. 43, No. 2. P. 146–154. <https://doi.org/10.15372/GIPR20220215> (In Russ.).
10. *Eroshchev-Shak V.A.* Hydrothermal subsurface lithogenesis of the Kuril-Kamchatka region. Moscow: Nauka, 1992. 132 p. (In Russ.).
11. *Ivanov V.V.* Sedimentary basins of North-East Asia (comparative petrogeological analysis) / Ed. by A.A. Trofimuk. Moscow: Nauka, 1985. 209 p. (In Russ.).
12. *Korago E.A., Evdokimov A.N.* Post-Miocene continental alkaline basaltic volcanism of northern Eurasia // *Petrology*. 1999. Vol. 7, No. 1. P. 73–90.
13. *Kosolapov A.I., Mokshantsev K.B., Cherskiy M.V.* Oil and gas prospects of the Kolyma massif, the Momo-Zyryansk depression and the Primorsky trough // *Geological structure and oil and gas content of the eastern part of the Siberian platform and the adjacent areas: Proceedings of the All-Union Meeting on Evaluation of Oil and Gas Content of Yakutia*. Moscow: Nedra, 1968. P. 361–367. (In Russ.).
14. *Pisarskii B.I., Ganchimeg D.* Gas composition of subterranean mineral waters of Mongolia. Irkutsk: Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the RAS, 2007. 106 p. (In Russ.).
15. *Kiryukhin A.V., Kiryukhin V.A., Manukhin Yu.F.* Hydrogeology of volcanogenics. St. Petersburg: Nauka, 2010. 395 p. (In Russ.).
16. *Sidorov A.A., Volkov A.V., Glotov V.E.* The role of hidden submeridional faults in the formation of oil and gas potential of sedimentary basins of the North-East of Russia // *Tectonics, Deep Structure and Minerageny of Eastern Asia. The 8th Readings in Memory of Academician Kosygin: Proceedings of the All-Russian Conference*. Vladivostok: Dalnauka, 2013. P. 566–569. (In Russ.).
17. *Glotov V.E., Glotova L.P.* Hydrogen in groundwater gases of the North-East of Russia: distribution features and prospects of discovering its accumulations // *Fundamental Basis of Innovative Technologies of Oil and Gas Industry: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation dedicated to the 35th anniversary of OGRI RAS*. Moscow: Oil and Gas Research Institute of the RAS, 2022. P. 334–336. (In Russ.).