

СОПОСТАВЛЕНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ
И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА¹

© 2020 г. А. Р. Курчиков^{a, b}, А. Г. Плавник^{a, b, *}, М. В. Ицкович^{a, b}

^aЗападно-Сибирский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,
Тюмень, 625026 Россия

^bТюменский индустриальный университет
Тюмень, 625000 Россия

*e-mail: plavnikag@ipgg.sbras.ru

Поступила в редакцию 20.03.2017 г.

После доработки 28.09.2017 г.

Принята к публикации 29.09.2018 г.

Проведено сопоставление закономерностей гидрогеохимических и геодинамических условий районов центральной части Западно-Сибирского мегабассейна, сопредельных Колтогорско-Толькинской шовной зоне. Установлено отсутствие закономерных связей изменения химического состава подземных вод с тектоническими условиями начального периода развития бассейна. Выявлено наличие связи относительно недавних или активных в настоящее время тектонических процессов с распределением минерализации подземных вод по всем водоносным комплексам и, частично, для отдельных компонентов ионно-солевого состава.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеохимия, тектоника, Западно-Сибирский мегабассейн, Колтогорско-Толькинская шовная зона.

DOI: 10.31857/S0321059620030086

Тектонические процессы различной степени интенсивности и мощности сопровождают историю Западно-Сибирского бассейна на протяжении всего периода его развития. Однако неоднозначность их влияния на содержание водорастворенных компонентов определяет то, что геодинамические факторы, даже очень крупные по своим масштабам, контролирующие особенности современного строения осадочного чехла и кристаллического фундамента, далеко не всегда явно и повсеместно проявляются в особенностях химического состава подземных вод. В этих условиях вопросы влияния тектонических процессов на гидрогеохимический режим мезозойско-кайнозойских отложений Западной Сибири, несмотря на длительный период их исследования, во многом остаются открытыми и требующими дальнейшего анализа.

Характерный пример – Уренгойско-Колтогорский грабен-рифт, воздействие которого многие исследователи связывают с региональными различиями гидрогеологического (в том числе и гидрогеохимического) режима недр по разные

стороны от его границ [4, 5, 10, 11, 15]. Вместе с тем, как показали недавние исследования для юрско-меловых отложений Колтогорского и Толькинского мегапрогибов, Южно-Толькинского прогиба, Тагринского, Бахиловского, Александровского и Среднеवासюганского мегавалов, а также Нижневартовского и Каймысовского сводов, воздействие такого мощного тектонического фактора не выражено в современных гидрогеохимических условиях. В [8, 12] отмечено, что разница средних содержаний водорастворенных компонентов и общей минерализации подземных вод (с осреднением в пределах отдельных тектонических структур первого порядка) не имеет четкой закономерности. Отметим, что использование средних значений параметров при сопоставлении по достаточно крупным геологическим объектам неизбежно приводит к некоторому огрублению и схематичности полученных результатов и ограничивает возможности анализа факторов, определяющих наблюдаемые закономерности в изменении минерализации подземных вод и содержания в них отдельных водорастворенных компонентов.

Для выявления причин формирования современных гидрогеохимических условий, очевидно, необходимо привлекать более детальные методы

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-05-01982 А).

Таблица 1. Статистические характеристики химического состава подземных вод

Компонент	Комплекс								
	апт-альб-сеноманский			неокомский			юрский		
	количество	среднее, 10 ⁻³ кг/м ³	вариация, %	количество	среднее, 10 ⁻³ кг/м ³	вариация, %	количество	среднее, 10 ⁻³ кг/м ³	вариация, %
Минерализация	421	14454	36.43	2753	18472	35.57	1661	26568	46.25
Натрий	421	5010.6	36.86	2753	5937.3	35.82	1661	9265.6	46.49
Калий	152	50.24	53.65	1522	85.81	54.98	874	151.64	52.99
Кальций	418	442.86	58.65	2751	1059.39	63.91	1660	782.56	73.43
Магний	415	86.09	63	2710	40.78	113.3	1599	102.56	90.17
Сульфат	296	3.63	236.67	2599	11.65	243.07	1435	10.65	278.28
Хлор	421	8633.2	37.76	2753	10952	36.79	1661	15598	48.3
Гидрокарбонат	418	251.3	69.8	2742	405.82	75.36	1651	744.66	48.84
Йод	231	7.53	61.47	2581	8.56	56.45	1468	4.57	68.56
Бром	236	36.71	44.49	2581	46.77	38.6	1503	58.97	52.42
Бор	186	6.67	82.86	2515	11.41	51.66	1367	8.08	63.5
Карбонат	318	2.79	303.52	2416	3.86	635.69	1313	5.32	413.92

ский режим этого комплекса по сравнению с неокомским и апт-альб-сеноманским комплексами.

Вместе с тем обращает на себя внимание существенно пониженная величина коэффициента вариации содержания гидрокарбоната в водах юрского комплекса (48.8% по сравнению с 69.8 и 75.4% в апт-альб-сеноманском и неокомском соответственно) при том, что этот показатель значительно выше в водах юрских отложений (0.745 кг/м³). По-видимому, это результат воздействия общего для юрских отложений мощного фактора, определившего стабильно высокую насыщенность вод гидрокарбонатом, возможно, элизионного или ювенильного генезиса или связанного с особенностями преобразования органического вещества, формирования углеводородов и с их первичной миграцией из нефтематеринских пород.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Для описания гидрогеохимических условий, а также для их сопоставления с последствиями влияния тектонических процессов на основные свойства отложений на ранних этапах формирования бассейна, в работе в качестве геологической основы использована тектоническая карта центральной части Западно-Сибирского бассейна [16]. Фрагмент этой карты в рамках рассматриваемой территории приведен на рис. 1.

При анализе закономерностей изменения химического состава подземных вод необходимо учитывать влияние и более поздних по времени тектонических процессов, определяющих как пликативные, так и дизъюнктивные дислокации. Однако это существенно затрудняется сложностью и недостаточной изученностью тектонических процессов, особенно тех, что приводят к разрывным нарушениям осадочного чехла бассейна. До недавнего времени рассматривалась преимущественно пликативная модель формирования современного строения осадочного чехла Западно-Сибирского бассейна, в том числе и при анализе гидрогеологических условий. Фактически лишь с началом трехмерных сейсмических исследований появились достаточно надежные методы прослеживания дизъюнктивных нарушений в пределах юрско-меловых отложений бассейна.

Применение трехмерных сейсмических методов ограничено небольшими участками, для которых информация о химическом составе подземных вод имеется, как правило, в небольшом объеме. Если это и позволяет проводить сопоставительный анализ гидрогеохимических и геодинамических условий, то лишь локально, без регионального обобщения.

В этих условиях для последующего сопоставительного анализа привлечены результаты геодинамического районирования из [13]. Это районирование выполнено, в первую очередь, на основе анализа рельефа земной поверхности, геометрии речных русел, стариц, болот, а также имеющейся

информации о глубинном строении осадочного чехла и кристаллического фундамента бассейна и представлений об общепланетарных геодинамических закономерностях.

В целом, несмотря на экспертный (во многом субъективный) характер проведенного районирования, применяемые методы имеют объективную основу, что подтверждается их успешным применением при решении ряда задач, связанных с анализом разведки и разработки месторождений углеводородов [1, 2, 7].

Результаты районирования представлены в виде серии линеаментов различной длины, преимущественно северо-восточной и северо-западной направленности (рис. 1). В их расположении прослеживаются определенные закономерности, например – группировка близких друг к другу линеаментов одной направленности в линейно выдержанные зоны. На рис. 1–7 отмечены три такие линейные зоны. Их краевые точки у границ рисунков обозначены римскими цифрами I, II и III. К этим зонам приурочены более протяженные линеаменты (длина которых на 10–15% больше средней), что служит косвенным свидетельством объективного характера выделяемых закономерностей.

Представленные линейные зоны делят рассматриваемую в данной работе территорию на шесть областей, которые для удобства дальнейшего изложения последовательно с Ю на С и с В на З обозначены буквами от А до F.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

В задачах регионального (в пределах всего Западно-Сибирского бассейна) и субрегионального (в рамках крупных территорий, например Ханты-Мансийского автономного округа) уровня картографирование минерализации и состава подземных вод, как правило, выполняется по достаточно крупным объектам – апт-альб-сеноманскому, неокомскому и юрскому водоносным комплексам [3, 5, 14, 15]. Этот же подход применен и в данной работе.

При построении карт, наряду с использованием данных гидрогеохимического опробования, в качестве дополнительной информации учтены обобщенные результаты картографирования химического состава подземных вод водоносных комплексов всего Западно-Сибирского бассейна [15]. Это, с одной стороны, позволило детально отследить пространственные закономерности гидрогеохимических условий в рассматриваемой в данной работе области, а с другой – выполнить их надежное согласование с закономерностями регионального уровня – всего бассейна.

Результаты картографирования общей минерализации подземных вод и содержания в них основных макрокомпонентов (ионов кальция и гидрокарбоната) и микрокомпонентов (йода, брома и бора) приведены на рис. 2–7. Карты содержания ионов натрия и хлора, в значительной степени схожие с картами общей минерализации, здесь не приводятся. На рис. 2–7 вынесены, как на рис. 1, границы тектонических структур первого порядка и границы выделенных областей по результатам геодинамического районирования.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что в содержании основных параметров ионно-солевого и микрокомпонентного состава подземных вод рассматриваемой области отсутствуют ярко выраженные общие пространственные закономерности. В частности, у различных водоносных комплексов не прослеживается общность расположения зон с повышенными (пониженными) величинами как содержания отдельных компонентов, так и общей минерализации подземных вод. Нет согласованности изменения компонентного состава подземных вод в пределах отдельных водоносных комплексов – карты по каждому показателю существенно различаются. При этом характерны существенные различия не только деталей субрегионального уровня, но и трендовых закономерностей изменения гидрогеохимических параметров.

Наблюдаемые существенные различия пространственных закономерностей изменения отдельных компонентов водорастворенного комплекса подземных вод, очевидно, отражают сложные процессы, определившие современное состояние гидрогеохимических условий глубоких горизонтов. При этом результирующий состав подземных вод обусловлен воздействием множества факторов, индивидуальных для каждого из рассмотренных компонентов. Вместе с тем изменчивость химического состава подземных вод, очевидно, связана с существенной неоднородностью структурно-литологических и фильтрационно-емкостных свойств вмещающих отложений в пределах рассматриваемой области исследований.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ И ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

На картах гидрогеохимических параметров не прослеживается явная взаимосвязь ионно-солевого и микрокомпонентного состава водорастворенного комплекса с положением границ Колтогорско-Толькинской шовной зоны, являющейся результатом мощных процессов рифтогенеза.

Лишь в сеноманских отложениях и только для минерализации подземных вод наблюдается пространственная согласованность изолиний с гра-

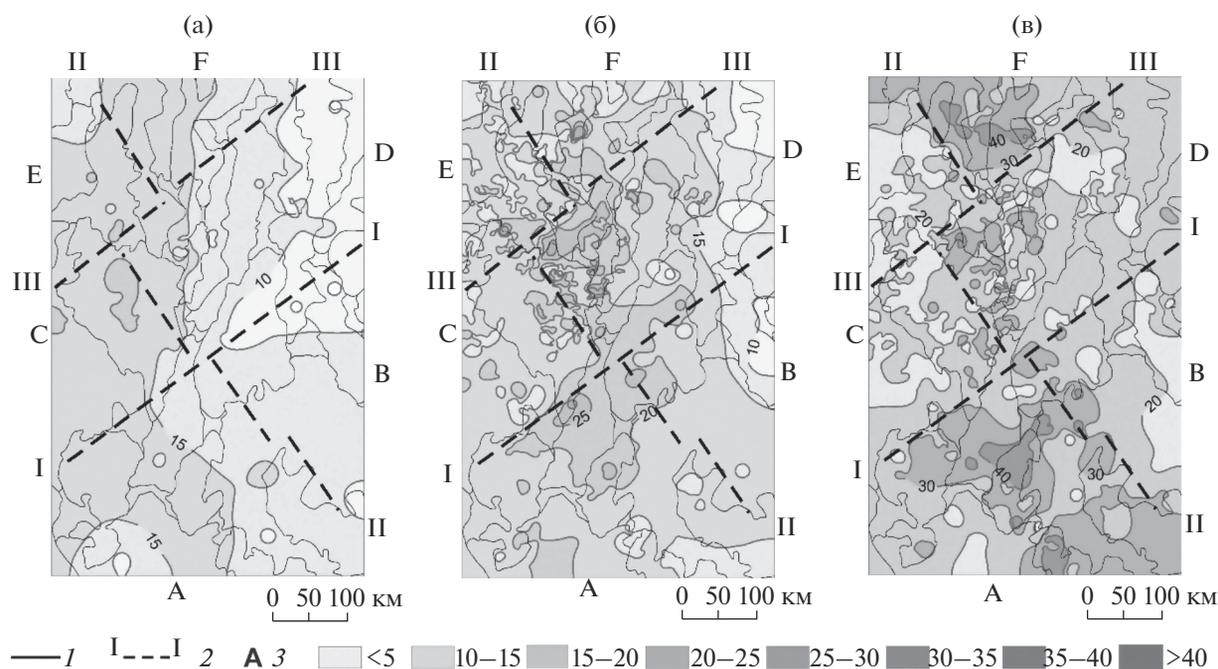


Рис. 2. Минерализация подземных вод, кг/м³: а – апт-альб-сеноманских, б – неокомских, в – юрских отложений. 1 – границы структур первого порядка, 2 – границы геодинамических блоков и их номера, 3 – обозначение геодинамического блока.

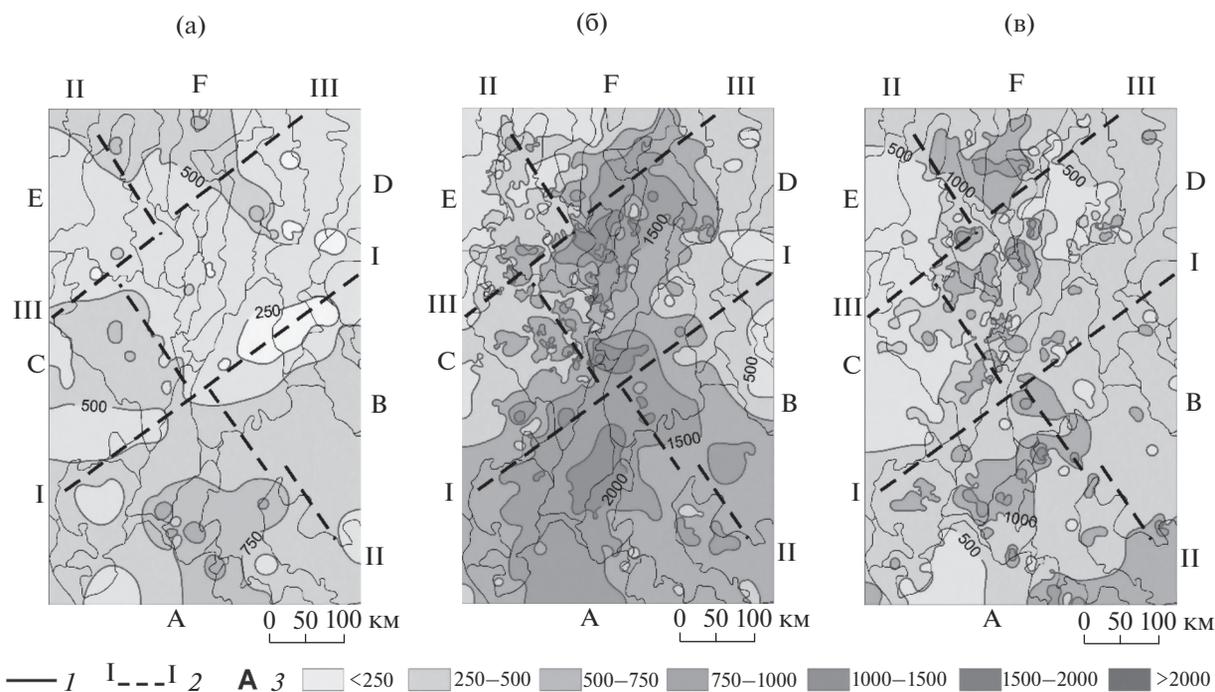


Рис. 3. Содержание кальция в подземных водах, 10⁻³ кг/м³: а – апт-альб-сеноманских, б – неокомских, в – юрских отложений. 1 – границы структур первого порядка, 2 – границы геодинамических блоков и их номера, 3 – обозначение геодинамического блока.

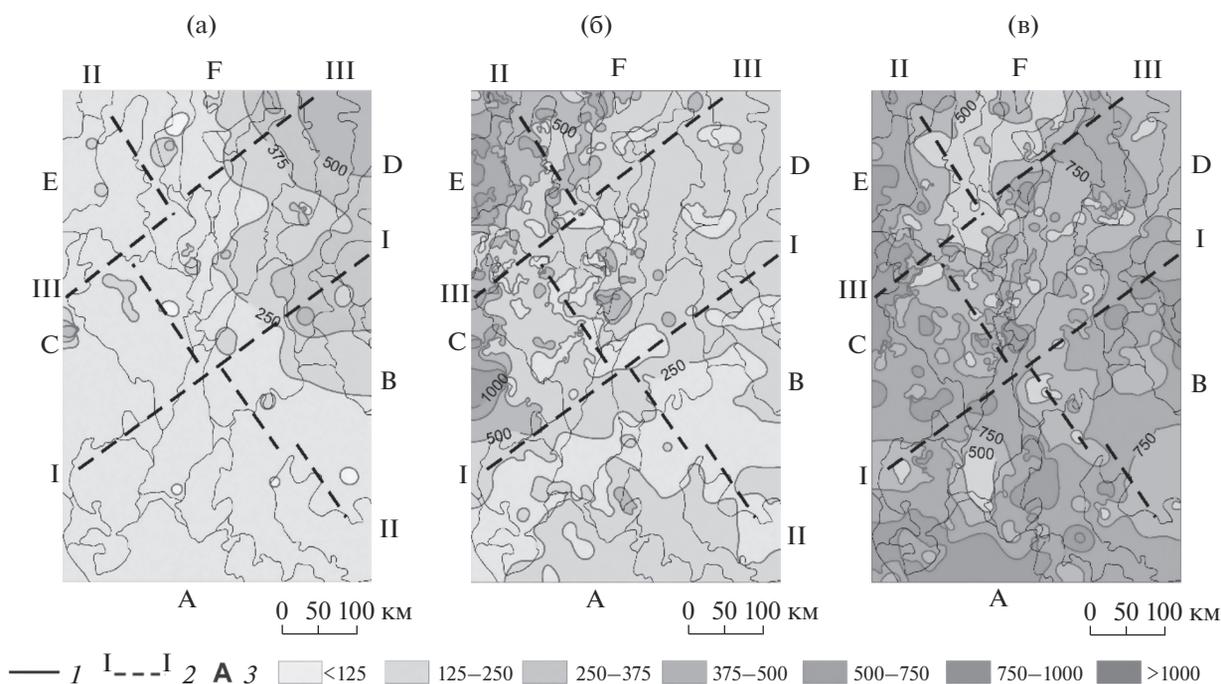


Рис. 4. Содержание гидрокарбоната в подземных водах, 10^{-3} кг/м^3 : а – апт-альб-сеноманских, б – неокомских, в – юрских отложений. 1 – границы структур первого порядка, 2 – границы геодинамических блоков и их номера, 3 – обозначение геодинамического блока.

ницами Толькинского мегапрогиба и частично – северной части Колтогорского мегапрогиба. Но граница областей с содержанием кальция больше и меньше 0.5 кг/м^3 в этих водах фактически рассекает шовную зону пополам. Практически вся шовная зона по содержанию гидрокарбоната ($<0.125 \text{ кг/м}^3$) идентична большей части рассматриваемой территории. Для микрокомпонентного состава отмечается определенная схожесть закономерностей по минерализации – тренд изменения этих параметров с 3 на В с расположением изолиний субпараллельно осевой части Толькинского мегапрогиба. Но по йоду и бром фиксируется вклинивание с В на 3 в центральную часть Нижнеартовского свода областей с пониженным содержанием компонентов (<0.004 и $<0.02 \text{ кг/м}^3$ соответственно). А вклинивание области с пониженным ($<0.004 \text{ кг/м}^3$) содержанием бора прослеживается вплоть до Юганской мегавпадины.

К западу от Толькинского мегапрогиба характерна тенденция роста минерализации подземных вод неокомских отложений, но по отношению к Колтогорскому мегапрогибу отмечается противоположная направленность увеличения минерализации к востоку. Аналогичные закономерности наблюдаются также и в содержании кальция и в меньшей степени – брома и бора. Содержание гидрокарбоната в водах неокомского комплекса Колтогорско-Толькинской зоны ($0.25\text{--}0.5 \text{ кг/м}^3$) в основном близко к средним

значениям этого показателя для вод по всей рассматриваемой территории, и лишь южная часть Колтогорского мегапрогиба входит в зону пониженного ($<0.25 \text{ кг/м}^3$) содержания гидрокарбоната. При общем тренде уменьшения концентрации йода в подземных водах в восточном направлении наблюдается существенное различие этого показателя для вод Толькинского мегапрогиба и сопредельных территорий (где содержание йода составляет $<0.008 \text{ кг/м}^3$) и Колтогорского мегапрогиба, который входит в обширную область с повышенным содержанием йода ($>0.008 \text{ кг/м}^3$).

В юрском водоносном комплексе наблюдается меньшая по сравнению с водами вышележащих комплексов пространственная выдержанность зон с близкими содержаниями отдельных компонентов и более широкие пределы вариации самих гидрогеохимических показателей. Это дополнительный аргумент для вывода о том, что признаки явного влияния Колтогорско-Толькинской шовной зоны на химический состав подземных вод отсутствуют.

Как видно из приведенных карт минерализации и содержания основных водорастворенных элементов в подземных водах, пространственные закономерности их изменения не контролируются не только границами распространения Колтогорского и Толькинского мегапрогибов, но и другими отрицательными и положительными структурными элементами. Выделяемые однородные

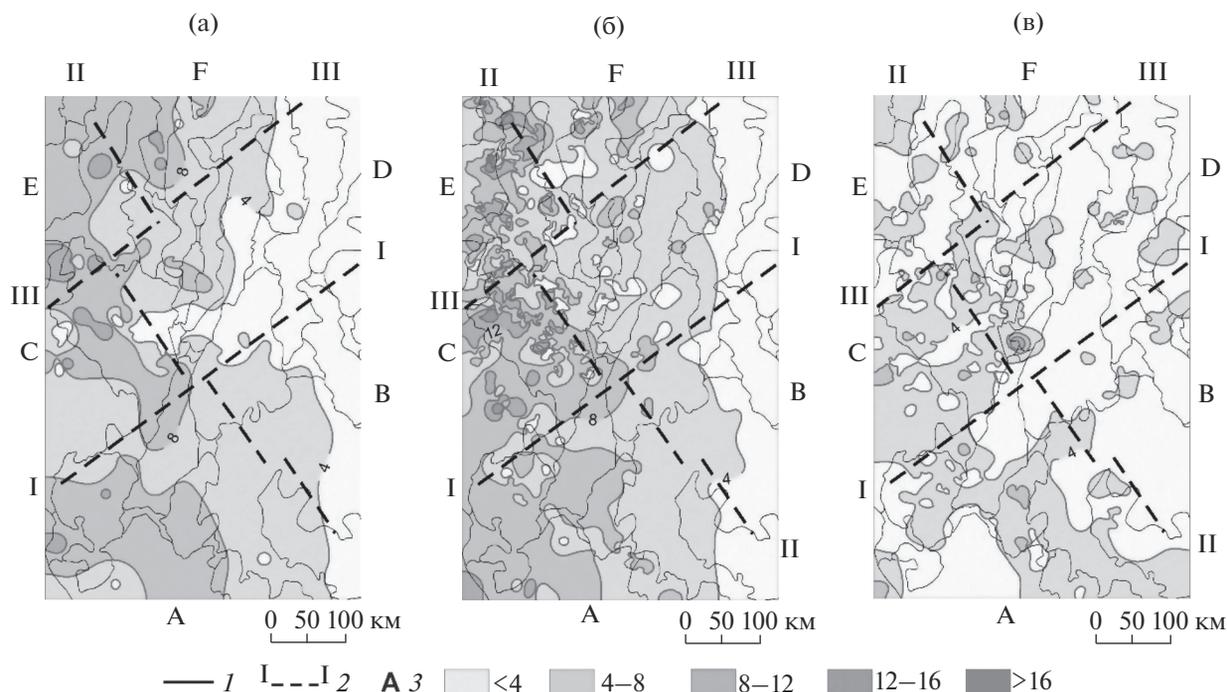


Рис. 5. Содержание йода в подземных водах, 10^{-3} кг/м³: а – апт-альб-сеноманских, б – неокомских, в – юрских отложений. 1 – границы структур первого порядка, 2 – границы геодинамических блоков и их номера, 3 – обозначение геодинамического блока.

по гидрогеохимическим параметрам зоны охватывают целиком или частично и те и другие. А сами структуры разделяются на отдельные районы с существенно различающимися минерализацией и концентрациями водорастворенных компонентов.

Таким образом, анализ карт, отображающих закономерности изменения химического состава подземных вод на рассматриваемой территории, свидетельствует о том, что палеотектонические условия, несмотря на то, что они в большой степени определяют основные особенности строения Западно-Сибирского бассейна, в целом не контролируют современное состояние гидрогеохимического режима глубоких горизонтов. Отметим также, что их влияние не прослеживается и в современном геотемпературном режиме недр [6, 9].

Вместе с тем, как видно из рис. 2–7, имеется определенная взаимосвязь между гидрогеохимическими условиями водоносных комплексов рассматриваемой области и расположением линейных зон, выделенных по результатам геодинамического районирования и характеризующих влияние неотектонических процессов на морфо-структурные особенности рельефа земной поверхности.

Наиболее отчетливо эта взаимосвязь прослеживается для минерализации подземных вод. В апт-альб-сеноманском комплексе линейная

зона I-I разделяет северную часть области (геодинамические блоки С и D), где расположение изолиний преимущественно субмеридиональное, и южную (юго-восточную, включающую блоки А и В), где трендовые закономерности резко отличаются (изолинии имеют субширотное или юго-восточное направление).

В неокомских отложениях повышенная минерализация в южной части Александровского мегавала, большей части Колтогорского мегапрогиба, а также в северных частях Каймысовского свода и Средневасюганского мегавала приурочена к северному сегменту блока А. Зона с повышенной минерализацией примыкает к западному борту блока D, охватывая центральную часть Александровского свода, Стрежевскую мегаседловину, Тюменский мегапрогиб, а также участок сочленения Нижневартовского свода, Северо-Вартовской мегатеррасы и Пякупурского мегапрогиба. Далее эта зона прослеживается вдоль Варьганского и Вэнгапурского мегавалов и частично входит в блок F.

Схожие закономерности проявляются и для минерализации подземных вод юрского комплекса. Здесь приуроченность зоны максимальной минерализации к выделенным геодинамическим блокам А и F выражена еще более явно. В западной части блока D также фиксируются зоны с повышенной минерализацией, но более фрагментированные по сравнению с аналогич-

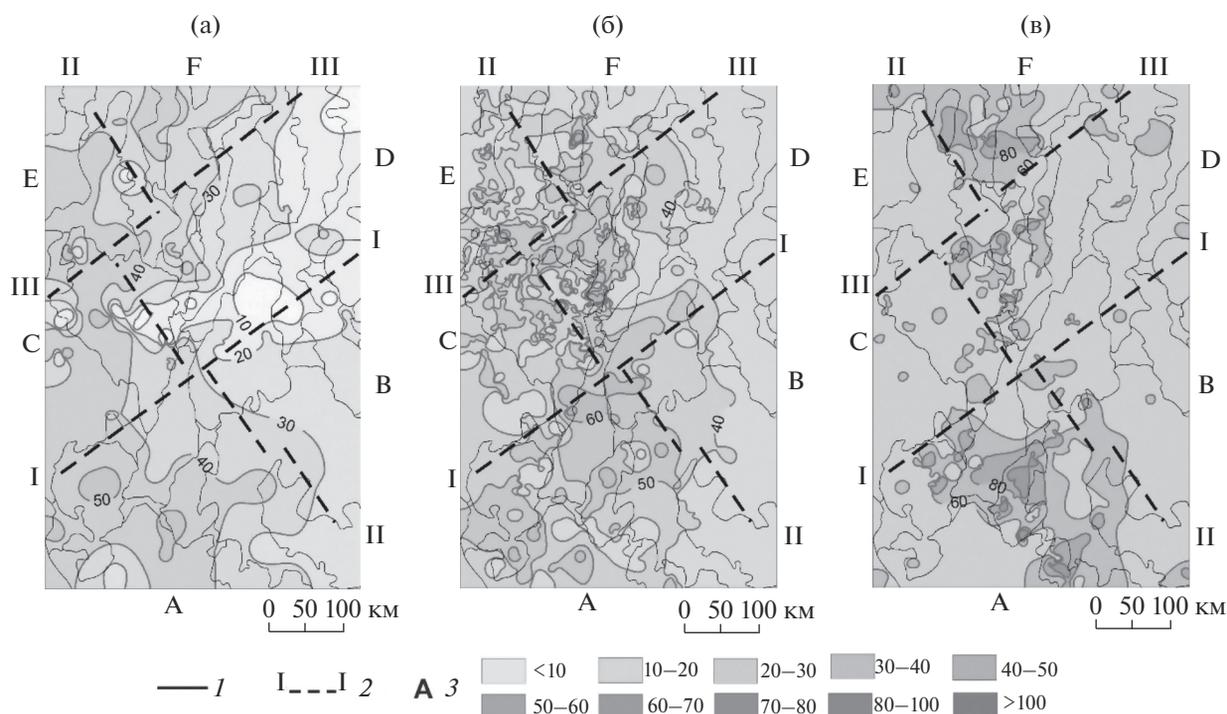


Рис. 6. Содержание брома в подземных водах, 10^{-3} кг/м³: а – апт-альб-сеноманских, б – неокомских, в – юрских отложений. 1 – границы структур первого порядка, 2 – границы геодинамических блоков и их номера, 3 – обозначение геодинамического блока.

ными зонами в неокомском водоносном комплексе. Можно отметить, что в блоке D Толькинский мегапрогиб и Южно-Толькинский прогиб выступают определенным гидрогеохимическим барьером и в юрском, и в неокомском, и в апт-альб-сеноманском комплексах – при переходе от их западного борта к восточному наблюдается закономерное уменьшение минерализации подземных вод.

Определенная схожесть тенденций пространственного изменения минерализации подземных вод и содержания кальция и брома определяет некоторую общность пространственной связи карт этих показателей с элементами геодинамического районирования.

Связь между изменением содержания других рассматриваемых компонентов водорастворенного комплекса подземных вод: гидрокарбоната, йода и бора, – и геометрией выделенных геодинамических зон если и проявляется, то неявно и фрагментарно. Только в неокомском комплексе можно отметить широкую зону неправильной формы с пониженным ($<250 \times 10^{-3}$ кг/м³) содержанием гидрокарбоната, которая прослеживается субпараллельно северным границам блоков А и В. Зоны пониженного содержания йода в неокомском и юрском комплексах приурочены к блокам В, D и F, но переход к зонам повышенных значений этого параметра прослеживается отно-

сительно четко лишь по границе блоков С и D. Также можно отметить определенную согласованность границ блока А и зоны повышенных концентраций бора ($>4 \times 10^{-3}$ кг/м³) в подземных водах апт-альб-сеноманского комплекса.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представленные результаты свидетельствуют о существенных различиях пространственных закономерностей изменения минерализации и содержания основных водорастворенных макро- и микрокомпонентов в подземных водах глубоких горизонтов в пределах рассматриваемой в данной работе части Западно-Сибирского бассейна. В этом выражаются сложность и многообразие процессов, определивших современный химический состав подземных вод, в частности – воздействие палеотектонических процессов (в том числе приведших к образованию Колтогорско-Толькинской шовной зоны), которые, несомненно, оказали влияние на формирование наблюдаемых гидрогеохимических закономерностей.

Однако в современном гидрогеохимическом режиме недр в большей степени прослеживается влияние относительно недавних (или даже современных) тектонических процессов. Это проявляется в согласованности характерных изолиний

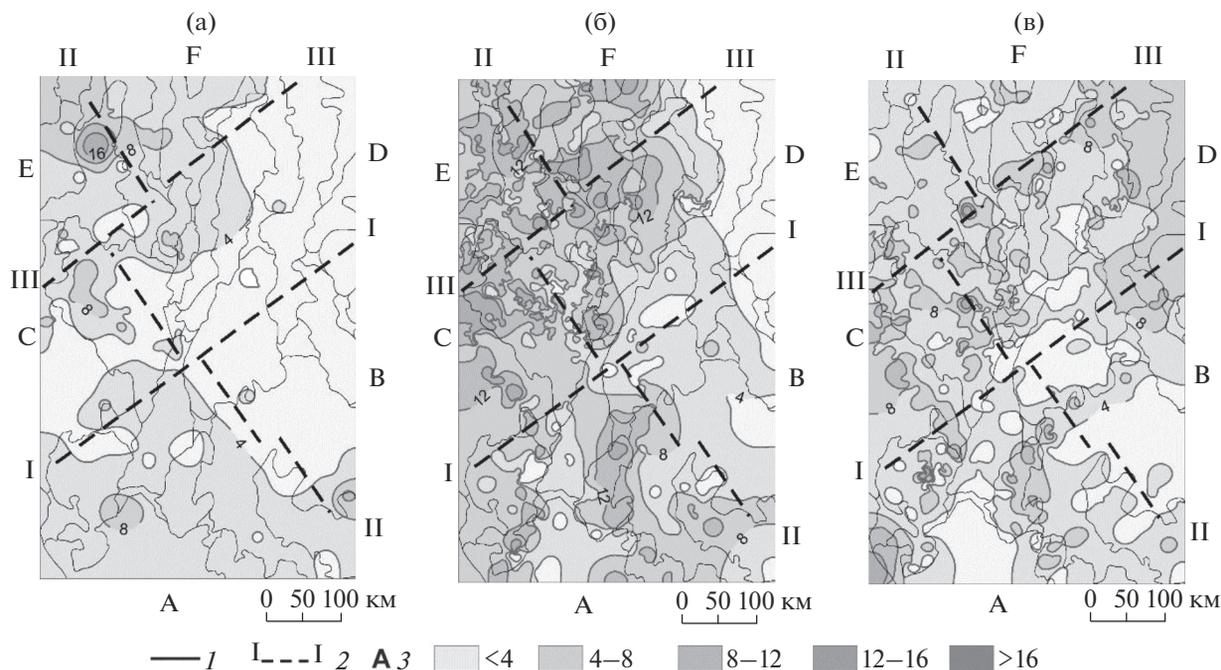


Рис. 7. Содержание бора в подземных водах, 10^{-3} кг/м³: а – апт-альб-сеноманских, б – неокомских, в – юрских отложений. 1 – границы структур первого порядка, 2 – границы геодинамических блоков и их номера, 3 – обозначение геодинамического блока.

общей минерализации подземных вод с границами областей, выделенными по результатам геодинамического районирования (выполненного преимущественно по топографическим данным земной поверхности). По отдельным компонентам водорастворенного комплекса такая согласованность – или менее явная и более фрагментарная или совсем не прослеживается.

Конечно, необходимо учитывать субъективность методов линеamentного анализа, реализованных при решении задач геодинамического районирования. Вместе с тем наблюдаемая согласованность изменения гидрогеохимического облика подземных вод (по крайней мере в отношении их минерализации) с границами блоков, выделенных по независимым данным и в некоторой степени формализованными методами, свидетельствует в пользу объективного характера проведенных границ.

В целом можно отметить, что сопоставление пространственных закономерностей химического состава подземных вод и геодинамических условий свидетельствует о существенном воздействии тектонического фактора на гидрогеохимический режим недр на протяжении всей истории развития бассейна. Однако это воздействие проявляется в большей степени в пространственных закономерностях изменения общей минерализации подземных вод (и, соответственно, содержания ионов натрия и хлора) и в меньшей степе-

ни – в содержании других макро- и микрокомпонентов.

Это обусловлено тем, что тектоника влияет, в первую очередь, на параметры фильтрации подземных вод – направленность движения, изменение границ потоков, формирование и разрушение гидродинамически связанных зон. И, соответственно, наблюдаемая определенная согласованность тектонических условий и минерализации подземных вод свидетельствует о том, что содержание основных макрокомпонентов подземных вод – натрия и хлора в значительной степени определяется гидродинамическими факторами. На содержание остальных компонентов (в том числе кальция, гидрокарбоната, йода, брома и бора) существенное воздействие оказывают и другие факторы, в частности – условия седиментации отложений, их постседиментационные преобразования и многопараметрическое физико-химическое взаимодействие подземных вод с вмещающими породами.

ВЫВОДЫ

Анализ детального картографирования гидрогеохимических параметров в пределах Колтогорско-Толькинской шовной зоны и сопредельных районов свидетельствует о существенном различии пространственных закономерностей содержания элементов ионно-солевого, микрокомпонентного состава и общей минерализации под-

земных вод в целом. Значимо отличаются друг от друга гидрогеохимические условия апт-альб-сеноманского, неокомского и юрского водоносных комплексов. В этом выражается разномасштабное результирующее воздействие геологических и гидрогеологических процессов на наблюдаемые концентрации отдельных компонентов водораспоренного комплекса подземных вод.

Проведенное сопоставление закономерностей пространственного изменения химического состава подземных вод с морфоструктурными особенностями строения глубоких горизонтов, обусловленными тектоническими условиями начального периода развития бассейна, свидетельствует об отсутствии между ними закономерных взаимосвязей. В частности, не обнаружено явного разделения химического облика подземных вод зоной Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта.

Установлено наличие связи распределения минерализации подземных вод по всем водоносным комплексам с блоковым строением осадочного чехла. В этом проявляется воздействие относительно недавних или активных и в настоящее время тектонических процессов на современный гидрогеохимический облик подземных вод центральной части Западно-Сибирского мегабассейна. Это свидетельствует о значимом влиянии гидродинамических факторов, направлений и границ миграционных потоков на пространственные закономерности изменения минерализации подземных вод и содержания основных компонентов химического состава — ионов натрия и хлора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев Ю.В., Галкина Н.Ю., Мартынов О.С., Плавник А.Г., Шатилин А.Ю. К вопросу о взаимосвязи современных деформационных процессов с разработкой нефтегазовых месторождений (на примере лицензионного участка ОАО ТНК-Нефтьинвест) // Маркшейдерский вестн. 2012. № 6. С. 28–33.
2. Васильев Ю.В., Галкина Н.Ю., Плавник А.Г. К оценке влияния разработки Самотлорского месторождения на изменение рельефа земной поверхности. Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. (Четырнадцатая науч.-практ. конф.). Т. 2 / Под ред. А.В. Шпильмана, В.А. Волкова. Ханты-Мансийск: Издатнаукасервис, 2011. С. 433–436.
3. Гидрогеология СССР. Т. 16 / Под ред. В.А. Нуднера. М.: Недра, 1970. 368 с.
4. Конторович А.Э., Зимин Ю.Г. Об условиях формирования химического состава подземных вод Западно-Сибирской низменности // Тр. СНИИГ-ГиМС. Вып. 78. Новосибирск, 1968. С. 83–95.
5. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 680 с.
6. Курчиков А.Р. Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности. М.: Недра, 1992. 231 с.
7. Курчиков Д.А., Мартынов О.С., Плавник А.Г. Особенности геодинамической обстановки Уренского и Усть-Тегусского месторождений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2013. № 11. С. 12–16.
8. Курчиков А.Р., Плавник А.Г., Ицкович М.В. Химический состав подземных вод Колтогорско-Толькинской зоны и сопредельных тектонических элементов // Изв. вузов. Нефть и газ. 2016. № 5. С. 25–33.
9. Курчиков А.Р., Ставицкий Б.П. Геотермия нефтегазоносных областей Западной Сибири. М.: Недра, 1987. 134 с.
10. Матусевич В.М., Бакуев О.В. Геодинамика водонапорных систем Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Советская геология. 1986. № 2. С. 117–122.
11. Матусевич В.М., Рыльков А.В., Ушатинский И.Н. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. 225 с.
12. Плавник А.Г., Ицкович М.В. Анализ гидрогеохимических условий Колтогорско-Толькинской зоны и прилегающих районов // Академ. журн. Зап. Сибири. 2016. № 62(1). С. 17–20.
13. Радченко А.В., Мартынов О.С., Матусевич В.М. Динамически напряженные зоны литосферы — активные каналы энерго-массопереноса. Т. 2. Тюмень: Тюменский дом печати, 2012. 255 с.
14. Ставицкий Б.П., Курчиков А.Р., Конторович А.Э., Плавник А.Г. Вертикальная и латеральная гидрохимическая зональность, типизация подземных вод Западно-Сибирского бассейна // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 5, 6. С. 58–84.
15. Ставицкий Б.П., Курчиков А.Р., Конторович А.Э., Плавник А.Г. Гидрохимическая зональность юрских и меловых отложений Западно-Сибирского бассейна // Геология и геофизика. 2004. № 45(7). С. 826–832.
16. Тектоническая карта центральной части Западно-Сибирской плиты. Масштаб 1 : 2000000 / Под ред. В.И. Шпильмана, Н.И. Змановского, Л.Л. Подсосовой. 1998.