

Т. П. Митюшева, О. Е. Амосова, И. О. Машин



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВОДЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАСЕЙНА

Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук»

Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина
Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук

Т. П. Митюшева, О. Е. Амосова, И. О. Машин

Промышленные воды Тимано-Печорского седиментационного бассейна

Сыктывкар 2026

УДК 556.3: 553.7(470.1)
ББК 26.35(231)
DOI 10.19110/978-5-89606-706-1

М 67 **Митюшева Т. П., Амосова О. Е., Машин И. О.** Промышленные воды Тимано-Печорского седиментационного бассейна. — Сыктывкар: ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2026. — 128 с.: ил. 58, табл. 19. — Библиогр.: с. 119—125 (84 назв.).

В работе представлена региональная оценка распространения подземных промышленных вод Тимано-Печорского седиментационного бассейна (ТП СБ). Особое внимание уделено истории изучения минеральных подземных вод с повышенным содержанием ценных компонентов (Br, I, B, Sr, Li, Rb) и геохимической характеристике водоносных комплексов, вмещающих промышленные рассолы, с использованием статистической обработки информации базы гидрогеохимических данных. Выявленные закономерности распространения промышленных подземных вод по структурно-тектоническим элементам ТП СБ и в геологическом разрезе осадочного чехла подтверждают достаточность гидроминеральной сырьевой базы ТП СБ для освоения, позволяют уточнить границы Тимано-Печорского бассейна промышленных вод и рекомендовать площади наиболее перспективные для комплексного извлечения ценных элементов.

Mityusheva T. P., Amosova O. E., Mashin I. O. Industrial waters of the Timan-Pechora sedimentary basin. — Syktyvkar: FRC Komi SC UB RAS, 2026. — 128 p.: 59 figs., 19 tables. — References: P. 119—125 (84 items).

A regional assessment of the distribution of industrial groundwater in the Timan-Pechora Sedimentary Basin (TP SB) is presented in the book. Particular attention is paid to the history of the study of mineral groundwater with high contents of valuable components (Br, I, B, Sr, Li, Rb) and the geochemical characteristics of water-bearing formations, which contain industrial brines, obtained using the method of statistical processing of information from a hydrogeochemical database. The identified patterns of industrial groundwater distribution within each structural-tectonic element of the Timan-Pechora Sedimentary Basin and across the geological sedimentary cover section confirm the adequacy of the Timan-Pechora Basin's hydromineral resource base for its development. These patterns allow us to refine the boundaries of the Timan-Pechora Industrial Water Basin and recommend areas that are most promising for the comprehensive (integrated?) extraction of valuable elements.

Научные редакторы:

кандидат геолого-минералогических наук *И. Н. Бурцев*
кандидат геолого-минералогических наук *Н. Н. Тимонина*

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук *А. И. Малов*
кандидат геолого-минералогических наук *Т. В. Майдль*

ISBN 978-5-89606-706-1

© ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2026
© Т. П. Митюшева, О. Е. Амосова, И. О. Машин, 2026

Введение

Рассмотренная в данной работе территория Тимано-Печорского седиментационного бассейна (ТП СБ) находится на северо-востоке европейской части России, в административном плане охватывает значительные части Республики Коми (РК) и Ненецкого автономного округа (НАО).

Недра осадочного чехла ТП СБ суммарной мощностью отложений до 12—15 км богаты полезными ископаемыми. Важное место в минерально-сырьевой базе Республики Коми и Ненецкого автономного округа занимают месторождения углеводородов Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПП). Основные данные, характеризующие подземные воды глубоких горизонтов осадочного бассейна, были получены при бурении скважин на нефть и газ. Подземные воды, наряду с нефтью, включены в «Перечень основных видов стратегического минерального сырья» от 30.08.2022. Подземные рассолы Тимано-Печорского седиментационного бассейна, приуроченные к различным по литологическому составу отложениям от ордовикского до триасового возрастов, содержат промышленные концентрации ценных элементов: бор (В), бром (Br), йод (I), литий (Li), стронций (Sr), рубидий (Rb). Несмотря на проведенные в 60—90-х гг. XX в. исследования гидроминеральных ресурсов ТПП, до настоящего времени ни одного месторождения промышленных вод на данной территории не разведано. Вода, как важнейший природный ресурс, используется в регионе для хозяйственно-питьевых и лечебных целей. В целом, эксплуатация подземных вод ТП СБ в настоящее время не соответствует потенциальным возможностям подземной гидросферы.

Возрастающая потребность в промышленно-ценных редких и рассеянных элементах в Российской Федерации (РФ) и мире в целом обусловлена расширением спектра их использования в различных областях техники. За последние десятилетия созданы новые технологии, позволяющие эффективно извлекать химические элементы из нетрадиционных видов полезных ископаемых, в том числе из гидроминерального сырья. С целью обоснования возможностей подземных рассолов ТП СБ как источника рассеянных и редких элементов (I, Br, B, Li, Sr, Rb, Cs) проведена данная работа. В комплекс задач исследований входили: характеристика различных типов промышленных вод Тимано-Печорского седиментационного бассейна, уточнение распространения ценных компонентов в водоносных комплексах по площади и в разрезе осадочного чехла, выявление общих закономерностей.

В первой главе монографии по литературным источникам приведены действующая классификация промышленных вод, краткая характеристика распространения и районирования подземных промышленных вод и общие сведения о разведанных месторождениях промышленных вод в Российской Федерации, отмечена степень изученности гидроминеральных ресурсов региона в общем балансе страны до 90-х гг. XX в.

Вторая глава содержит хронологию истории изучения и использования промышленных вод региона. Промышленная добыча рассолов для извлечения NaCl на Сере-

говском солеваренном заводе известна с XVII в. и продолжалась до 50-х гг. XX в. Вторым объектом, где эксплуатировались подземные промышленные воды было получение радия в период с 1930 по 1950 г. из рассолов Ухтинского месторождения на уникальном производстве «Водный промысел» в Ухтинском районе. Накопление сведений о химическом составе подземных вод Европейского Севера началось с 20—30-х гг. XX в. В монографии приведен обзор опубликованной и фондовой литературы, показана роль предшественников в обобщении гидрохимических данных, содержащих сведения о концентрациях брома, йода и других элементов в подземных водах в разные временные этапы геологического изучения территории.

В настоящей монографии учтены и обобщены аналитические материалы по опробованию подземных вод ТП СБ, собранные из отчетов различных производственных организаций, хранящихся в геологических фондах и опубликованных научно-исследовательских работ. При написании монографии широко использованы литературные данные по гидрогеохимии, тектонике, литологии и нефтегазоносности региона. Сбор гидрогеологических материалов в Институте геологии Коми НЦ УрО АН СССР начали в 80-х гг. XX в. сотрудники отдела геологии нефти и газа Ю. И. Зытнер и Л. В. Мигунов, позднее продолжила Т. П. Митюшева. На основе этого обширного материала и созданной гидрогеологической базы данных проведена статистическая обработка гидрогеохимической информации, выполнена дальнейшая региональная оценка подземных промышленных вод. Построения специализированных карт распространения промышленных вод разных типов (бромных, йодных, йодо-бромных, йодо-борных, стронцие-, рубидие- и литие-содержащих) для отдельных водоносных комплексов выполнены с использованием программного пакета ArcGis.

Приведенная региональная характеристика гидрогеологических особенностей ТП СБ, распространения промышленных рассолов в пределах каждого водоносного комплекса с комплектом карт и таблиц содержаний ценных компонентов (брома, йода, бора, стронция, лития и рубидия) в конечном итоге позволила уточнить концентрации полезных компонентов в различных типах промышленных вод, выявить закономерности распространения рассолов по площади ТП СБ и в геологическом разрезе осадочного чехла, выделить перспективные площади для последующего их детального изучения, обосновать наличие месторождений гидроминерального сырья (многокомпонентных промышленных вод).

Работа по составлению монографии выполнена в лаборатории минерально-сырьевых ресурсов Института геологии ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Текст написан Т. П. Митюшевой, математическая обработка базы гидрохимических данных, представленная в виде графиков и таблиц, проведена О. Е. Амосовой, построение карт осуществлял И. О. Машин.

Авторы выражают признательность научным редакторам кандидатам геолого-минералогических наук И. Н. Бурцеву и Н. Н. Тимониной за ценные замечания, критику и рекомендации.

1. Краткая характеристика подземных промышленных вод России: терминология, классификация, районирование, месторождения

К промышленным подземным водам относятся подземные воды и рассолы, содержащие полезные компоненты или их соединения в количествах, обеспечивающих в пределах конкретных гидрогеологических районов (или их отдельных частей) рентабельную добычу и переработку этих вод с целью получения полезной продукции существующими техническими средствами и с использованием современных технологических процессов (Бондаренко и др. 1988). Наряду с понятием «промышленные воды» широко используется термин «гидроминеральное сырье». Гидроминеральное сырье в широком смысле объединяет различные типы природных вод: подземные воды глубоких водоносных горизонтов, попутные воды месторождений нефти и твердых полезных ископаемых, погребенные (межкристальные) рассолы четвертичных и современных эвапоритовых бассейнов, рапу некоторых континентальных озер и отшнурованных морских заливов, морскую воду.

Промышленные подземные воды глубоких горизонтов, содержащие в больших количествах соли натрия, калия, редкие элементы и металлы (I, Br, Sr, Li, Cs, Rb и др.), рассматриваются как гидроминеральное сырье для добычи этих компонентов (Подземные воды 1996).

До 50-х гг. XX в. в СССР отсутствовала классификация промышленных вод, одна из первых в 1955 г. была предложена Н. А. Плотниковым. Она учитывала кларковые содержания некоторых рассеянных элементов в земной коре, их концентрации в водах суши и морской воде, а также установленные к тому времени предельные концентрации специфических компонентов в водах лечебного назначения. В 1969 г. Госхимкомитетом при Совете Министров СССР были установлены критерии для отнесения минеральных вод к промышленным (Бондаренко и др. 1988; Плотникова, Лукьянчиков 2010). В качестве условных предельных значений концентраций полезных компонентов и в настоящее время в Российской Федерации принимаются эти содержания, приведенные в табл. 1.1. На основании анализа общих закономерностей распространения

Таблица 1.1. Классификация промышленных бромных, йодных, борных и других вод (Бондаренко и др. 1988; Подземные воды 1996)

Наименование вод	Минимальные концентрации элементов, мг/л
Бромные	Br > 250
Йодные	I > 18
Йодо-бромные (при совместном извлечении)	10 (I), 200 (Br)
Борные	B > 250
Йодо-борные (при совместном извлечении)	10 (I), 75 (B)
Радиевые	Ra > 10—5

редких металлов в подземных водах в 1977 г. были установлены следующие нижние пределы концентраций ценных элементов, при которых такие воды могут представлять практический интерес (мг/л): $\text{Li} \geq 10$, $\text{Rb} \geq 3$, $\text{Cs} \geq 0.5$, $\text{Sr} \geq 300$, $\text{Ge} \geq 0.05$ (Бондаренко, Куликов 1984; Методические рекомендации 2007).

В залежах углеводородов в соответствии с «Методическими рекомендациями по применению классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов» (Методические рекомендации 2013) установлено, что кроме основных полезных ископаемых (нефть, газ) могут присутствовать и повышенные концентрации попутных полезных компонентов. Первоначальная оценка и подсчет запасов выявленных попутных компонентов должны проводиться по данным о содержаниях в подземных водах полезных компонентов. В Приложении 6 этого документа, в дополнение к указанным выше элементам (йод, бром и др.) приведены рекомендуемые минимальные промышленные концентрации следующих попутных компонентов: вольфрам — 0.03 мг/л, магний — 100 г/л, калий — 1.0 г/л.

Российская Федерация обладает значительными ресурсами гидроминерального сырья и связанных с ним запасами щелочных редких металлов (лития, цезия, рубидия), рассеянных элементов (йода, брома, бора) и минеральных солей (натрия, калия, кальция, магния), во многих случаях по количеству превышающими их запасы в твердом рудном сырье (Бондаренко, Комин 1998). Имеющийся опыт использования гидроминерального сырья в различных странах (Бондаренко и др. 1988) свидетельствует о целесообразности получения из него редких металлов и минеральных солей.

На рис. 1.1 представлена схема районирования подземных промышленных вод для территории бывшего СССР. При районировании подземных промышленных вод РФ используется эта же схема с небольшими изменениями. Р. И. Плотникова и В. М. Лукьянчиков (2010) при характеристике ресурсной базы промышленных подземных вод РФ отмечали, что еще в 2004 г. во ВСЕГИНГЕО была разработана «Стратегическая программа геологического изучения, воспроизводства и использования ресурсной базы подземных вод на период до 2010 года», которая, к сожалению, не была реализована.

Промышленные подземные воды характеризуются широким региональным распространением и значительной ресурсной базой. В основу районирования подземных промышленных вод СССР, выполненного институтом ВСЕГИНГЕО (Бондаренко, Куликов 1984; Бондаренко и др. 1988), был положен геоструктурный принцип. Были выделены, согласно Н. А. Плотникову, провинции подземных промышленных вод — крупные гидрогеологические структуры, характеризующиеся общностью закономерностей распространения подземных промышленных вод. В пределах провинций выделены районы (бассейны) промышленных вод, характеризующиеся особенностями геологического развития и условиями формирования, соответствующие территориям — гидрогеологическим структурам второго порядка. Выделены районы весьма перспективные по наличию йодных, бромных и йодо-бромных промышленных вод, а также мало- и неперспективные горно-складчатые области, щиты и платформы.

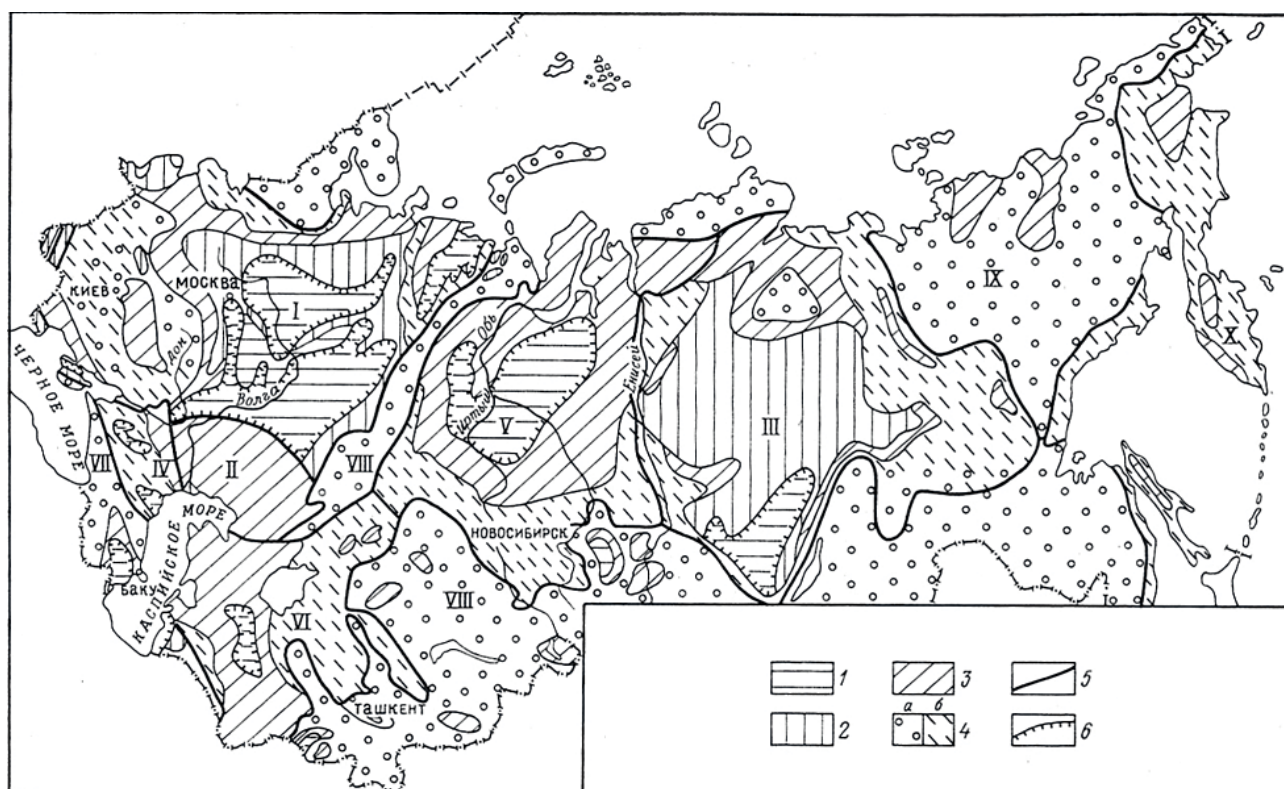


Рис. 1.1. Схема распространения и районирования подземных промышленных вод на территории бывшего СССР по (Бондаренко и др. 1988).

Провинции древних (докембрийских) платформенных областей: I — Русская, II — Прикаспийская, III — Сибирская; провинции эпипалеозойских платформенных областей: IV — Скифская, V — Западно-Сибирская; VI — Туранская; провинции гидрогеологических складчатых областей: VII — альпийской, VIII — герцинской, IX — мезозойской, X — кайнозойской.

Районы подземных промышленных вод (йодных, бромных и йодо-бромных): 1 — весьма перспективные, 2 — перспективные, 3 — малоперспективные, 4 — неперспективные горно-складчатые области и щиты (а) и платформы (б); границы: 5 — провинций, 6 — месторождений промышленных вод.

В пределах провинции Русской платформы, к которой была отнесена и наша территория, подземные промышленные воды сосредоточены в глубоких частях артезианских бассейнов (Тимано-Печорского, Волго-Камского, Прибалтийского, Московского, Днепровско-Донецкого и Предкарпатского), выделяемых в складчатом докембрийском фундаменте, а также — в предгорных платформенных прогибах (Бондаренко и др. 1988). Мощность зоны распространения промышленных подземных вод провинции Русской платформы составляет 1.0—3.0 км (до 5.0 км). Общие потенциальные ресурсы, оцененные в 70—80-х гг. XX в., составляли более чем 4 млн м³/сут по 118 перспективным площадям. В более поздней работе ВСЕГИНГЕО (Подземные воды 1996) выделена Восточно-Европейская платформенная гидрогеологическая область промышленных вод и отдельно Тимано-Уральская гидрогеологическая складчатая область, включающая Тимано-Печорский артезианский бассейн. Характеристика потенциальных ресурсов промышленных вод отдельных бассейнов европейской части России приведена в табл. 1.2. Согласно приведенным исследованиям, по состоянию на конец 80-х гг. XX в. наиболее перспективным в Тимано-Печорском артезианском бассейне является карбонатный С-Р₁ водоносный комплекс в интервале глубин 1900—2500 м. Для про-

Таблица 1.2. Характеристика потенциальных ресурсов подземных промышленных вод по основным гидрогеологическим областям европейской части России по состоянию на 1997 г. (Подземные воды 1996)

Гидрогеологические области и артезианские бассейны	Возраст продуктивных горизонтов	Глубина залегания, м	Минерализация, г/л	Тип промышленных вод	Потенциальные ресурсы промышленных вод, тыс. м³/сут.	Концентрации редких элементов (средние значения), мг/л Потенциальные ресурсы, т/год						
						I	Br	B	Sr	Li	Rb	Cs
Восточно-Европейская, в том числе артезианские бассейны:	-	-	-	-	1849.8	3999.9	409119.0	4750.0	272100.0	1989.5	?	
Среднерусский	D-P ₂	1500—2500	220—320	Br, I-Br-Sr	361.1	<u>10.2</u> 128.9	<u>790</u> 78240.0		<u>500.0</u> 52580.0	<u>14.1</u> 124.5		
Восточно-Русский	D ₂₋₃ -C ₁	1100—3100	120—130	Br, I-Br-Sr-Li	1382.5	<u>15.0</u> 3871.0	<u>600.0</u> 310359.0	<u>870.0</u> 4750.0	<u>700.0</u> 200140.0	<u>10.0</u> 1865.0		
Северо-Двинский	D ₂ -C ₁	700—1900	220—250	Br-Sr	106.2	<u>10.2</u> ?	<u>500.0</u> 20520.0		<u>500.0</u> 19380.0			
Каспийский	C ₁ -P ₁	1380—1410	250—350	I-Br-B-Sr-Rb	?	<u>24.0</u> ?	<u>2441.0</u> ?	<u>142.0</u> ?	<u>1836.0</u> ?		<u>17.0</u> ?	
Тимано-Уральская, в том числе артезианские бассейны:												
Тимано-Печорский	C-P ₁	1900—2500	130—220	Br, I-Br-Sr	78.0	<u>14.0</u> 488.0	<u>530.0</u> 8135.0	<u>65.0</u> 1628.0	<u>850.0</u> 13003.0	<u>16.0</u> 350.0		
Всего	-	-	-	-	4203.0	<u>20838.9</u>	<u>515805.7</u>	<u>14618.3</u>	<u>36781.0</u>	<u>8071.3</u>	<u>385.4</u>	<u>72.5</u>

мышленных вод Тимано-Печорского бассейна С. С. Бондаренко и др. (1988) были определены следующие ориентировочные кондиционные требования к месторождениям подземных йодо-бромных вод (мг/л): I > 14 и Br > 760 (табл. 1. 3).

Месторождения подземных промышленных вод при оценке запасов должны соответствовать определенным критериям, учитывающим геолого-гидрогеологические, технические, экологические и экономические условия. В настоящее время действует «Классификация запасов и прогнозных ресурсов теплоэнергетических и промышленных подземных вод» от 21.10.2011 № 718 (Классификации запасов 2011). В документе (п. 4) отмечено, что «качество промышленных вод должно изучаться с учетом необходимости обоснования эффективного комплексного извлечения полезных компонентов и их переработки на основе требований и показателей к качеству гидроминерального сырья, определенных по результатам технико-экономических расчетов, применения эффективных технических и технологических решений, а также способов утилизации отработанных (использованных) промышленных подземных вод». В соответствии с п. 2 запасы промышленных подземных вод «подсчитываются по результатам геологоразведочных работ, проведенных в процессе геологического изучения и оценки предоставленных в пользование участков недр; по данным разведки участков недр, предоставленных для разведки и добычи полезных ископаемых или геологического изучения, разведки и добычи полезных ископаемых (по совмещенной лицензии), а также по опыту эксплуатации действующих водозаборов по добыче теплоэнергетических и промышленных подземных вод».

В Российской Федерации по состоянию на 01.01.2025 разведано 18 месторождений (участков) промышленных вод с общими запасами 496.72 тыс. м³/сут (в том числе

Таблица 1.3. Ориентировочные кондиционные требования к месторождениям подземных йодо-бромных вод по (Бондаренко и др. 1988)

Бассейн промышленных йодо-бромных вод	Минимальные концентрации, мг/л		Минимальный дебит одной скважины, м ³ /сут	Предельное понижение динамического уровня, м	Суммарный дебит одного водозабора, тыс. м ³ /сут
	йода	брома			
Волго-Камский	10—16	300—1100	470—1000	490—620	10—22
	—	490	980	700	20
Тимано-Печорский	14	760	500	630	12
Московский	—	510	500	680	35
	10	500	350—1000	640—750	25—50
Прибалтийский	—	440—570	1000	670—690	50—90
Припятский	32—35	1300 1450	200—250	850	5
Северо- Крымский	29	—	1000	750	28
Ангара-Ленский	—	4700	60	600	2
Западно-Сибирский	16	—	1000	750	30
Амударьинский	21	480	1000	750	37
Азово-Кубанский	22	350	1000	625	18

забалансовые — 15.42 тыс. м³/сут) (Информационный бюллетень 2025). Большая часть месторождений разведана в различных регионах Восточно-Европейской гидрогеологической области (Плотникова, Лукьянчиков 2010; Информационный бюллетень 2025). В Пермской области находятся месторождения промышленных вод с суммарными запасами 35.8 тыс. м³/сут: Краснокамское йодо-бромных (участки Оверятский и Григорьевский) и Боровское. Разведано три месторождения йодных вод: крупнейшее по запасам (193 тыс. м³/сут) Славяно-Троицкое в Краснодарском крае; Северодвинское (участки Бобровский, Лапоминский) в Архангельской области и Астраханское (Астраханская область). В Западной Сибири разведаны месторождения йодных вод: Тюменское (Тобольский, Черкашинский, Сергеевский и Инжуринский участки) с общими запасами 182.8 тыс. м³/сут; Дружное — с запасами 10 тыс. м³/сут в Ханты-Мансийском АО–Югра (использовалось с целью поддержания пластового давления при разработке месторождений углеводородов). В Восточно-Сибирской гидрогеологической области установлено три гидроминеральных месторождения (бром, литий, магний и др.) с суммарными (по категориям C₁+C₂) запасами 17.4 тыс. м³/сут: Знаменское и Ярактинское (им. В. И. Кокорина) в Иркутской области, Троицкое — в Красноярском крае.

Следует также отметить, что на п-ове Крым расположено Северо-Сивашское месторождение промышленных йодо-бромных вод. Утвержденные в 1972 г. ГКЗ СССР запасы составляют 33.6 тыс. м³/сут (Информационный бюллетень 2019).

В бывшем СССР производство йода и брома осуществлялось за счет подземных вод на 100 и 60—70 % соответственно (Бондаренко, Мелентьев 2008). Ранее эксплуатировались месторождения Краснокамское йодо-бромных вод и Славянско-Троицкое йодных вод (Плотникова, Лукьянчиков 2010). В 2003 г. на Краснокамском месторождении (Оверятский участок), которое разрабатывалось с 1942 г., вследствие нерентабельности прекращена добыча вод со средним содержанием брома 740—840 мг/л (около 100 т/год) с глубины 1.5—2.5 км. На Славянско-Троицком месторождении разрабатывался Троицкий участок с производством йода 1300 т/год; в 2008 г. добыча промышленных вод была прекращена. В 2024 г. добыча промышленных вод достигла 0.253 тыс. м³/сут (Информационный бюллетень 2025). Компания «Русский йод» в 2025 г. начала производство кристаллического йода марки «Ч» на опытном кусте скважин Северодвинского месторождения йодных вод в Архангельской области (Добыча и производство 2025). ПАО «Газпром» с 2029 г. планирует получать соединения лития из промышленных вод Ковыктинского газоконденсатного месторождения в Иркутской области, а ООО «Иркутская нефтяная компания» — начать опытно-промышленную добычу промышленных вод в пределах Ярактинского нефтегазоконденсатного месторождения с содержаниями лития в рассоле 169—383 мг/л (NEDRADV 2025).

2. История изученности промышленных вод региона

Первоначальная информация о содержаниях ценных элементов в подземных водах Европейского Северо-Востока имеется в немногочисленных работах, посвященных геологическому изучению севера России и, в первую очередь, об известных источниках минеральных вод. Северный край в древние времена являлся одним из старинных районов солеварения. Солепромыслы местного значения существовали на Выми, Вычегде, Удоре, в районе Ухты и др. Поваренную соль в промышленных масштабах получали на Сереговском рассолопромысле на р. Вымь, действовавшем с XVII в. До 50-х гг. XX в. на Сереговском солеваренном заводе получали до 5 тыс. т соли в год из природных хлоридно-натриевых рассолов с минерализацией до 90 г/л пермских карбонатно-терригенных и карбонатных отложений, залегающих на глубине до 400 м (Митюшева 2022).

Другим производством, где осуществлялась промышленная добыча рассолов и последующее извлечение из них компонентов, был «Водный промысел» в Ухтинском районе. Уникальное производство — извлечение радия из рассолов Ухтинского месторождения, залегающих на глубине до 500 м, существовало в период с 1930 по 1950 г. Было переработано 44.4 млн м³ радиеносных вод (Таскаев, Кичигин 2002). Концентрация радия в водах Казенной скважины № 1 достигала $7.6 \cdot 10^{-9}$ г/л (281 Бк/л) (Богоявленский 1928; Черепенников 1928). Радиоактивные воды имели хлоридный натриево-кальциевый состав с минерализацией 30—50 г/л, содержали бром (до 193 мг/л), барий (до 290 мг/л). По мнению Ф. А. Торопова (1933), эти промышленные рассолы связаны с выщелачиванием солеными водами радиоактивных веществ ($3.2—3.6 \cdot 10^{-12}$ г на 1 г породы), дисперсно-рассеянных в метаморфических сланцах протерозоя.

Первые обобщения по химическому составу минеральных вод Севера, с основной направленностью этих работ на поиски соленосных толщ, были сделаны А. Е. Первухиной в монографии «Соленые источники Архангельской области, Коми АССР и восточной части Вологодской области» (1940). Почти одновременно, в 1939 г., опубликована сводка А. А. Скробова и В. А. Смирнова «Природные минеральные воды Северного Края».

Начиная с 1940-х гг. начали активно поступать гидрогеологические материалы, связанные с поисково-разведочным бурением на нефть. В. А. Кротовой в рукописной работе «Гидрогеологическая характеристика палеозойских отложений Южного Тимана»¹ (1948) и позднее Б. Н. Любомировым в труде «Гидрогеологическая характеристика промысловых и разведочных площадей Ухто-Печорской области в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности»² (1957) были систематизированы материалы по компонентному составу подземных вод нефтяных месторождений. Небольшой раздел «Промышленные

¹ Отчет: Гидрогеологическая характеристика палеозойских отложений Южного Тимана. Отв. исполнитель: В. А. Кротова. Ухта, 1948. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 4354. *Рукописная*.

² Отчет: Гидрогеологическая характеристика промысловых и разведочных площадей Ухто-Печорской области в связи с оценкой перспектив нефтеносности. Отв. исполнитель: Б. Н. Любомиров. Ухта, 1957. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 2337. *Рукописная*.

воды» с характеристикой минеральных вод источников, содержаниями брома и йода в рассолах скважин нефтепоискового бурения Ухтинского территориального геологического управления (УТГУ) был включен в пояснительную записку к среднемасштабной гидрогеологической карте Коми АССР и Ненецкого национального округа (1960), составленную под руководством И. А. Габовича³. Была отмечена необходимость серьезного и всестороннего изучения подземных вод как сырья для химической промышленности.

В 1961 г. А. Ф. Горбачевым была выполнена «Сводка по промышленным водам территории Коми АССР и Ненецкого национального округа»⁴, выделены перспективные площади на рассолы с промышленными концентрациями брома, йода, калия, бора, лития и радия. В 1962 г. Е. Д. Соловьевой и Н. Ф. Сергеевой составлена гидрохимическая карта Коми АССР и Ненецкого национального округа Архангельской области (масштаб 1:2 500 000)⁵, где были указаны площади и отдельные скважины с бромными и йодо-бромными промышленными, а также бальнеологическими минеральными водами. Благодаря накоплению фактического материала по опробованию скважин нефтяных и газовых месторождений в 1967 г. Г. И. Богдановой и Г. Д. Сосновской выполнена региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод на территории Коми АССР и Ненецкого национального округа Архангельской области⁶, выделена южная часть Печорской впадины, как наиболее перспективная на промышленные воды. В 1967 г. Э. Л. Ждановой⁷ проведена работа по оценке состава пластовых вод в качестве возможного источника минерального сырья, в основном юга Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

В 1969 г. сотрудники Коми филиала ВНИИГАЗа Г. П. Лысенин и др.⁸ провели оценку прогнозных эксплуатационных ресурсов промышленных вод, составили прогнозную

³ Отчет: Гидрогеологическая карта Коми АССР и Ненецкого национального округа Архангельской области. Масштаб 1:2 500 000. Отв. исполнитель: И. А. Габович. Воркута, 1960. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 2926. *Рукописная.*

⁴ Отчет: Сводка по промышленным водам территории Коми АССР и Ненецкого национального округа. Отв. исполнитель: И. А. Горбачев. Ухта, 1961. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 3110. *Рукописная.*

⁵ Отчет: Гидрохимическая карта Коми АССР и Ненецкого национального округа Архангельской области м-ба 1:2 500 000 с оценкой ресурсов промышленных и бальнеологических вод. Отв. исполнители: Е. Д. Соловьева, Н. Ф. Сергеева. Ухта, 1962. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 3608. *Рукописная.*

⁶ Отчет по теме: Региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод на территории Коми АССР и Ненецкого национального округа Архангельской области (йодо-бромные воды). Отв. исполнители: Г. И. Богданова, Г. Д. Сосновская. Ухта, 1967. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 4973. *Рукописная.*

⁷ Отчет по теме: Химическая характеристика пластовых вод Тимано-Печорской провинции для выявления гидрохимических показателей нефтеносности и возможных источников химического сырья. Отв. исполнитель: Э. Л. Жданова. Ухта, 1967. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 5023. *Рукописная.*

⁸ Отчет по теме № 88/68: Составление прогнозной карты эксплуатационных ресурсов йодо-бромных вод и других микроэлементов вод нефтяных месторождений (террит. Коми АССР и Ненецкого нац. округа Архангельской области). Исполнители: Г. П. Лысенин, А. Н. Осинников, О. А. Солнцев, Г. Ф. Муранова. Ухта, 1969. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 6308. *Рукописная.*

карту эксплуатационных ресурсов йодо-бромных вод и других элементов вод нефтяных месторождений территории Тимано-Печорской провинции (в основном в южной и центральной частях) в масштабе 1:1 500 000 в соответствии с методикой ВСЕГИНГЕО. Были выявлены основные закономерности распространения брома и йода в водоносных комплексах, выделено два месторождения (зоны): Печоро-Усинское и Вычегодско-Сысольское. Наиболее перспективным является водоносный комплекс терригенных девонских отложений на двух эксплуатационных участках: «Тэбук–Омра» (скв. 61, 71, 82) и «Кажим–Лопыдино» (скв. 118, 122). В качестве минимальных промышленных концентраций предложено использовать следующие (мг/л): бром — 440, йод — 10 при их совместном извлечении; при раздельном — $Br > 460$ и $I > 20$.

В 1970 г. издан XLII том монографии «Гидрогеология СССР», в которой приведено описание гидрогеологических условий Коми АССР и Ненецкого национального округа. Обобщение данных по промышленным водам со схематической картой распространения йодо-бромных вод выполнено Ю. Ф. Мячиным.

В результате определения редких металлов в водах ТПП, проведенного Редкометалльной опытно-методической партией КГГЭ ВСЕГИНГЕО в 1973 г., впервые была построена «Карта подземных и редкометалльных вод Печорской системы артезианских бассейнов» масштаба 1:1 500 000 (Клименко, Попов, 1975). Целенаправленные и детальные исследования гидрогеохимических закономерностей, распространения и перспектив использования промышленных вод ТПП были выполнены В. М. Поповым в период 1973—1979 гг. В диссертации, посвященной выявлению гидрохимических закономерностей распределения промышленных вод Тимано-Печорской провинции⁹, представлены карты распространения бромных, йодо-бромных, йодных, стронциеносных, литиеносных, рубидиеносных, калиеносных и бороносных рассолов в водоносных комплексах палеозоя. Было установлено, что промышленные рассолы ТПП по общему химическому составу практически аналогичны гидроминеральному сырью других площадей СССР и выгодно отличаются от них высокими содержаниями K, Rb, Sr и B.

В 1981 г. была проведена большая работа Г. Д. Сосновской и М. П. Найшулер по систематизации и обобщению материалов по минеральным, бальнеологическим и промышленным водам территории Коми АССР¹⁰. Был составлен каталог из 508 водопунктов и 728 анализов химического состава вод. Схематическая карта распространения йодо-бромных, бромных и йодных вод в данном отчете составлена Г. П. Лысениным и Г. Д. Сосновской в масштабе 1:1 500 000. Схематические карты стронциеносных и литиеносных вод приведены по данным В. М. Попова (1979).

⁹ Попов В. М. Геолого-геохимические закономерности распространения и перспективы использования промышленных вод Тимано-Печорской провинции: автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук: 04.00.06. Гидрогеология. М., ВСЕГИНГЕО, 1979. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 9626. *Рукописная*.

¹⁰ Отчет: Систематизация и обобщение материалов по минеральным, бальнеологическим и промышленным водам территории Коми АССР. Отв. исполнители: Г. Д. Сосновская, М. П. Найшулер. Ухта, 1981. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 9989. *Рукописная*.

Необходимо отметить, что сведения о химическом составе глубинных рассолов постепенно накапливались в результате гидрохимического опробования скважин нефтегазоносных площадей Тимано-Печорской провинции. Большой вклад в изучение вопросов гидрогеологических условий месторождений углеводородов, распространения и формирования рассолов, содержащих ценные элементы, внесли исследования различных организаций: УТГУ, УГРЭ, ПГО Полярноуралгеология, ПГО «Ухтанефтегазгеология», ПГО «Архангельскгеология», ТПО ВНИГРИ, Печор-НИПИнефть, УНГГ, Коми филиал ВНИИГАЗ, УИИ, ИГ Коми НЦ РАН (Коми филиал АН СССР), ВСЕГИНГЕО, ИГиРГИ и др. Систематизацию данных по отдельным направлениям гидрогеологии региона в целом, различных тектонических структур и площадей, исследования гидрогеохимических и газогидрохимических особенностей, динамики подземных вод и гидрогеологических критериев нефтегазоносности Печорского бассейна проводили: С. Н. Агулов, Л. А. Анищенко, Е. А. Барс, И. В. Брежнева, Л. М. Брук, А. С. Воинов, А. М. Груздев, С. А. Данилевский, Г. В. Данилов, В. А. Евдокимов, Ю. А. Ежов, Э. Л. Жданова, Ю. И. Зытнер, Н. Н. Инкина, В. Б. Каплун, Е. Ф. Карпюк, Н. А. Климанова, Н. М. Костина, В. Я. Кривошеев, В. А. Кротова, К. В. Лебедева, О. И. Леухина, Б. Н. Любомиров, Г. П. Лысенин, В. Г. Люосев, Е. К. Макеева, В. М. Матусевич, Л. В. Мигунов, В. М. Мильков, В. А. Митрейкина, А. Х. Махомудов, Г. Ф. Муранова, Н. М. Невская, Ю. Д. Николаев, Н. Г. Оберман, В. Н. Озябкин, В. Д. Партная, А. С. Переверзев, И. К. Полетаев, В. М. Попов, Э. М. Пуркина, С. Б. Руфов, Ю. Б. Селецкий, С. И. Сергиенко, А. Н. Смирнов, О. А. Солнцев, С. Н. Титкова, Ю. М. Трифачев, Г. П. Хлебникова, В. В. Ягодин, В. П. Якуцени и др.

Благодаря активному бурению поисково-разведочных скважин ПГО «Ухтанефтегазгеология», ПГО «Архангельскгеология», ПО «Севергазпром», ПО «Коминнефть» и другими организациями к 80-м гг. XX в. был накоплен богатый материал по опробованию подземных вод глубоких горизонтов Печорского бассейна и содержанию в них ценных компонентов. В результате в 1985 г. В. М. Мильковым и др.¹¹ были выполнены обобщение материалов и региональная оценка прогнозных эксплуатационных запасов промышленных подземных вод ТПП. Во ВСЕГИНГЕО¹² осуществлена оценка прогнозных эксплуатационных запасов подземных вод Западно-Тэбукского месторождения в количестве 2.0 млн м³.

Важным этапом в изучении промышленных вод региона стало принятие в 1989 г. межведомственной «Программы научно-исследовательских и производственных исследований по разработке ТЭО временных кондиций микроэлементов пластовых и попутных промышленных вод на территории Тимано-Печорской провинции» организациями Министерств геологии СССР, нефтяной и газовой промышленности. В работе

¹¹ Отчет: Региональная оценка прогнозных эксплуатационных запасов промышленных подземных вод Тимано-Печорской провинции. Отв. исполнители: В. М. Мильков, С. Б. Руфов, Л. П. Белонина. Ухта, 1985. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 0266. *Рукописная*.

¹² Отчет: Гидрогеологические и технологические исследования для целей комплексной оценки перспектив использования гидроминерального сырья. Отв. исполнители: Р. И. Иовчев, Н. В. Ефремочкин, Г. К. Павленко, п. Зеленый, ВСЕГИНГЕО, 1986. *Рукописная*.

в рамках «Программы ...» под руководством ВСЕГИНГЕО принимали участие ПГО «Ухтанефтегазгеология», ПГО «Архангельскгеология», УКМЭ «Геоцентр», МПАГТИ, Коми филиал ВНИИГАЗа. Результаты исследований промышленных вод региона, оценка перспектив использования гидроминерального сырья были представлены в ряде научных и производственных отчетов различных организаций. Сотрудниками ПГО «Ухтанефтегазгеология» выполнено «Геолого-экономическое обоснование целесообразности использования попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской провинции в качестве сырьевого источника» (1991)¹³. На основе интерпретации данных по 1324 анализам подземных вод построены схематические карты распространения микрокомпонентов в водоносных комплексах ТПП, дана характеристика перспективных площадей (участков) на гидроминеральное сырье — йодо-бромных вод с повышенным содержанием В, Li, Sr, Na, Ca, Mg, представленная в табл. 2.1. Прогнозная геолого-экономическая оценка перспективных участков показала условно рентабельную возможность (срок окупаемости — менее 5 лет) для организации производства по промышленной переработке пластовых вод в ценах на 1991 г. в районе городов Усинска, Печоры, Вуктыла (Денисовский, Ижма-Печорский и Западно-Верхнепечорский прогнозные эксплуатационные участки). Была произведена оценка запасов перспективных месторождений (Мишвань-Командиршорское, Баганское и Сандивейское) промышленных йодо-бромных вод с повышенными содержаниями лития и стронция. Результаты этих исследований В. М. Мильковым и С. Б. Руфовым представлены в разделе «Промышленные воды» монографии «Подземные воды Европейского Северо-Востока» (1989), в отдельной главе монографии (Мильков и др. 1993) и ряде статей (Руфов, Мильков 1991 и др.). В докторской диссертации В. М. Мильковым также рассмотрено комплексное освоение гидроминерального сырья ТПП¹⁴. Аналогичные обобщения по промышленным водам севера ТПП, целесообразности использования пластовых вод в качестве сырьевого источника сделаны ПГО «Архангельскгеология» (1990)¹⁵. Характеристике содержаний ценных компонентов в подземных водах ТПП и использования их в качестве гидроминерального сырья посвящены работы Л. Н. Капченко (1990), О. И. Леухиной и С. В. Гуревича (1992) и др.

Возможности использования попутных вод месторождений углеводородов для получения ценных компонентов также активно изучались. Г. К. Павленко и Н. Г. Линок

¹³ Отчет по теме №11 №41-90-8/17 за 1990-91 гг.: Геолого-экономическое обоснование (ГЭО) целесообразности использования попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской провинции в качестве сырьевого источника. Отв. исполнители: В. М. Мильков, В. Г. Люосев, С. Б. Руфов. Ухта, 1991. ГБУ РК «ТФИ РК», Сыктывкар. Инв. № 11029. *Рукописная.*

¹⁴ Мильков В. М. Гидрогеология Тимано-Печорской провинции, разработка новых методов обоснования перспектив ее нефтегазоносности и комплексного освоения гидроминерального сырья: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 04.00.17. Всесоюз. нефт. н.-и. геол.-развед. ин-т. СПб. 1992. 44 с. *Рукописная.*

¹⁵ Отчет по теме Б.І.4/101(5): Геолого-экономическое обоснование целесообразности использования пластовых вод нефтяных и газовых месторождений на территории деятельности ПГО «Архангельскгеология» в качестве сырьевого источника. Отв. исполнитель: Н. В. Смирнова и др. Архангельск, 1990. Фонды Архангельского филиала ФБУ «ТФГИ по СЗФО» № 7569. *Рукописная.*

Таблица 2. 1. Характеристика перспективных на промышленные воды площадей
Тимано-Печорского бассейна (Мильков и др. 1991)

Перспективный участок	Интервал опробования, м	Минерали- зация, г/л	Содержание, мг/л							Температура, °C	
			I	Br	B	Li	Sr	Na	Ca		Mg
Денисовский участок (площади Ко- мандиршорская и Мишваньская)	2210—2780	145	26	322	71	20	1200	45	7000	3000	60
Хорейверский участок (Мусюршор- ская и Сандивейская площади)	2800—3350	170	17	550	10	16	360	53 000	12 000	2000	75
Ижма-Печорский участок (Восточно-Сотчемьюская площадь)	2000—2250	209	12	450	46	11	470	63 000	13 000	2000/3000	75
Северо-Шапкино-Юрьяхинский участок (Коровинская площадь)	2120—2600	102	19	272	78	78	119	32.500	4.300	1200	67
Северо-Колвинский (Южно-Хыльчюская площадь)	2075—2630	79	34	211	н. с.	68	178	25 000	3.600	1300	57
Западно-Верхнепечорский участок (Деньюская площадь), Горизонт-I	1934—2465	218	10	350	12	7	336	70 000	10 000	2700	43
Западно-Верхнепечорский (Деньюская площадь), Горизонт-II	3485—4000	225	12	720	33	500	8.1	63 000	18 000	3500	91
Восточно-Верхнепечорский (Восточно-Вуктыльская площадь)	3794—4560	222	15	200	н. с.	н. с.	н. с.	74 000	11.600	1460	76

в 1989 г. выполнена «Оценка количества и качества попутных вод нефтяных месторождений НГДУ "Тэбукнефть" ПО "Коминнефть"»¹⁶, результаты отражены в работе Н. Г. Линок и др. (1992). В отчете Коми филиала ВНИИГАЗ¹⁷ Г. П. Лысениным и др. (1990) представлено геолого-экономическое обоснование (ГЭО) целесообразности использования пластовых и попутных вод нефтяных и газовых месторождений и разведочных площадей ПО «Севергазпром». В статьях О. А. Морозова и др. (К вопросу об организации 1993), Ю. Г. Буракова и др. (1998) приведены прогнозные эксплуатационные ресурсы пластовых промышленных вод южной части Вуктыльского нефтегазоконденсатного месторождения в количестве 1.1—2.3 млн м³ (3.1—6.5 тыс. м³/сут) для получения йода марки «Ч», оксида магния марки «Ч», представлена технологическая схема извлечения этих ценных компонентов. Позднее (Бураков и др. 2000) был предложен новый подход многоцелевого использования пластовых источников минерального сырья и нефтегазоконденсатной залежи, при котором извлечение полезных компонентов солевого состава пластовой воды будет осуществляться при истощении остаточных запасов конденсата и газа.

Совместными исследованиями ПечорНИПИнефть, МИТХТ (позднее МГАТХТ) им. М. В. Ломоносова, ВСЕГИНГЕО, ВНИИ (КНПО) «Йодобром», Коми филиала ВНИИГАЗа (СеверНИПИгаза), УГТУ была оценена перспективность извлечения компонентов из попутных вод нефтяных месторождений, разрабатываемых НГДУ «Тэбукнефть» объединения «Коминнефть». Были разработаны принципиальные технологические схемы переработки попутных вод при разработке месторождений углеводородов ТПП и получения различных микроэлементов. Особое внимание уделено Западно-Тэбукскому нефтяному месторождению, как наиболее перспективному для извлечения бора, лития, брома, магния, других элементов и соединений. Результаты этих работ отражены в многочисленных научных совместных и индивидуальных работах: В. И. Литвиненко, Т. Д. Ланина, Б. Г. Варфоломеев (1987–2006), В. З. Леонидов и др. (1992), Т. Д. Ланина (1995)¹⁸. И как итог рассматривалось создание крупного комплекса по утилизации и комплексной переработке попутных и пластовых вод нефтегазовых месторождений в районе Ярега–Вой-Вож (К вопросу об организации 1993). В 2002 г. сотрудниками УГТУ была проведена оценка пластовых вод нефтяных Нижнеомринского и Верхнеомринского, газоконденсатных Вуктыльского, Лаявожского и других месторождений с целью определения возможности их рационального использования,

¹⁶ Отчет о НИР: «Оценка количества и качества попутных вод нефтяных месторождений НГДУ "Тэбукнефть" ПО "Коминнефть"». Г. К. Павленко и Н. Г. Линок. Ухта, Печорнипинефть, 1989. 152 с. Фонды ПечорНИПИнефть. *Рукописная*.

¹⁷ Отчет по теме: «Разработать геолого-экономическое обоснование (ГЭО) целесообразности использования пластовых и попутных вод нефтяных и газовых месторождений и разведочных площадей ПО "Севергазпром"». Г. П. Лысенин, О. И. Леухина, Е. Ф. Карпюк, А. Б. Сущенко. Ухта, 1990. Фонды ООО «ВНИИГАЗ»–СеверНИПИгаз. *Рукописная*.

¹⁸ Ланина Т. Д. Извлечение лития, бора, магния из пластовых вод нефтяных месторождений (на примере Западно-Тэбукского месторождения): автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1995. *Рукописная*.

возможности извлечения из них магния, йода, брома, бора и стронция. Совместные разработки институтов ПечорНИПИнефть и ГИДРОИНГЕО на укрупненно-лабораторном уровне показали возможности использования промышленных вод Восточно-Сотчемьюского месторождения углеводородов для извлечения брома и лития. Результатом исследований Института ПечорНИПИнефть (Цехмейстрюк, Литвиненко 1997) стал перечень перспективных гидроминеральных месторождений ТПП (табл. 2.2), установленный на основе данных состава попутно извлекаемых вод, эксплуатационным запасам и технико-экономическим показателям извлечения ценных компонентов вод нефтяных месторождений.

Несмотря на имеющиеся достижения в разработке технологий переработки попутных вод месторождений углеводородов ТПП, в государственном балансе полезных ископаемых РФ и на сегодняшний день утвержденных запасов попутно извлекаемых вод нефтяных месторождений в Республике Коми нет и, в целом, в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

В 2003 г. в Ухте проведено III Всероссийское совещание «Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья», посвященное проблемам изучения пластовых вод и извлечения ценных компонентов. В этом совещании приняли участие как производственные, так и научные организации: ВНИИнефть, МГАТХТ им. М. В. Ломоносова, ОАО «Архангельскдобыча», ООО «Севергазпром», ОАО «Тэбукнефть», ГУП ТП НИЦ (ранее ТПО ВНИГРИ), ПечорНИПИнефть, филиал ООО «ВНИИГАЗ»–СеверНИПИгаз, УГТУ. Вопросам изучения гидроминеральных ресурсов Тимано-Печорской провинции были посвящены доклады Г. П. Лысенина и др. (2003), С. А. Данилевского и В. Г. Гуляева (2003); возможности извлечения компонентов из попутных вод — В. И. Литвиненко (2003), Т. Д. Ланиной (2003).

Работы по систематизации и обобщению накопленных гидрогеологических материалов по Тимано-Печорской провинции для выявления условий формирования

Таблица 2. 2. Перспективные гидроминеральные месторождения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Цехмейстрюк, Литвиненко 1997)

№	Месторождение	Выпуск продукции, т/год				
		Иод	Бром	Окись магния	Карбонат лития	Карбонат стронция
1	Западно-Тэбукское	31.9	707.8	8398	—	—
2	Пашнинское	—	263	2785	—	—
3	Джьерское	3.6	91	1031	—	—
4	Мичаюское	—	53	560	—	—
5	Северо-Савиноборское	29.7	173	2017	—	—
6	Нижнеомринское	12.5	160	904	—	—
7	Усинское	192.6	—	57439	—	—
8	Баганское	10.3	143	1316	31.2	409.1
9	Возейское	139.5	—	—	—	—
10	Харьягинское	42.5	136.2	—	—	2303.6

гидрохимических обстановок и связей с нефтегазоносностью осадочного чехла, в том числе и распределения микрокомпонентов в пластовых водах ТПП, продолжены сотрудниками ТП НИЦ (Данилевский и др. 2001, 2003).

Обобщающая оценка состояния изученности гидроминерального сырья территории ТПП на начало 2000-х гг. и проведенных исследований по технологиям извлечения ценных компонентов в свете ранее выполненных различными организациями работ представлена В. И. Литвиненко (Литвиненко 2004).

В Институте геологии Коми НЦ УрО РАН целенаправленные исследования подземных вод ТПП ведутся с 60-х гг. XX в. Накопленные за этот период сведения собраны в банке данных гидрохимических параметров по природным источникам и буровым скважинам Республики Коми и Европейского Северо-Востока в целом. Анализ этих материалов позволяет провести оценку ресурсной базы пресных, минеральных и промышленных подземных вод. Исследования последних лет, направленные на изучение условий формирования и распространения промышленных вод, представлены в работах Т. П. Митюшевой (2011), Т. П. Митюшевой и О. Е. Амосовой (2013—2021). Результаты этих исследований частично вошли в данную монографию.

3. Методика проведения работ

Исходной информацией для характеристики промышленных вод, оценки их распространения в пределах ТП СБ, выполнения математического анализа гидрохимических данных послужили результаты гидрогеологических наблюдений, собранные за период исследований 1933—2022 гг. Использованы данные фондовых и опубликованных работ по опробованию подземных вод скважинами различных организаций: ПГО «Ухтанефтегазгеология», ПГО «Архангельскгеология», ВНИИГАЗ, ТПО ВНИГРИ (ТП НИЦ), ВСЕГИНГЕО, ПечорНИПИнефть, ООО «Лукойл-Коми», ООО «Севергазпром», ООО «БВН-Ойл», ООО «Геотехнология», ООО «Газпром переработка», ООО «Косьюнефть», ООО «РН-Северная нефть», ООО «ТПГК» и др. Необходимо отметить, что изученность гидрогеологического разреза Тимано-Печорского осадочного бассейна неравномерна по площади и глубине. Это обусловлено главным образом его нефтегазонасностью, пробурено более 5 тыс. скважин.

Вся имеющаяся информация по параметрам подземных вод водоносных комплексов (ВК) собрана в единый банк данных для последующего проведения их статистической обработки. По подземным водам ТП СБ, охватывающим гидрогеологический разрез от ордовикского до юрского возрастов, имеются результаты химических анализов по 2323 пробам (точкам наблюдения) (табл. 3. 1).

Следует подчеркнуть, что предварительно была проведена скрупулезная отбраковка аналитических материалов для получения достоверных результатов. Отбраковку химических анализов вод осуществляли при наличии крайне высоких или подозрительно низких определяемых показателей (выбросов), соотношений основных анионов и катионов, не соответствующих пластовым водам комплексов. Для обнаружения выбросов в значениях гидрохимических параметров использовали критерий, основанный на квартилях выборки. Также анализировали корреляционные поля (диаграммы рассеяния) пар гидрохимических параметров с целью обнаружения точек (проб) подозрительных на выброс. Данные аналитических определений гидрохимических параметров таких проб более детально оценивали для последующего отнесения их к выбросам или типичным значениям. Обнаруженные выбросы исключали из последующего статистического анализа данных. Считаем необходимым отметить, к сожалению, несмотря на проведенную отбраковку результатов анализа проб воды, не исключаются единичные ошибки в содержаниях отдельных компонентов, допущенные в процессе аналитических исследований, выполненных в разных лабораториях и по различным методикам.

Каждое наблюдение (точка опробования) описывается параметрами: глубина опробования водоносного комплекса (для статистического анализа принято среднее значение интервала опробования), температура, основные показатели качества вод (величина общей минерализации, значение pH, состав макро- и микрокомпонентов),

Таблица 3.1. Результаты статистической обработки гидрохимических параметров подземных вод Тимано-Печорского седиментационного бассейна

Параметры	Описательные статистики					
	Число наблюдений	Минимум	Максимум	Медиана	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Интервал опробования, м	2314	44.00	6914.50	1971.50	1136.00	2784.00
Температура, °C	604	3.50	201.00	56.00	35.95	70.00
Минерализация, г/л	2322	0.22	349.49	125.53	70.19	169.13
pH	1928	3.00	9.40	6.80	6.00	7.20
Na, мг/л	2320	5.20	99089.70	35484.05	18980.28	50001.25
K	934	0.80	12000.00	680.00	200.00	1120.00
Ca	2320	5.00	44700.00	8150.00	4868.30	12200.00
Mg	2303	0.20	9800.00	1702.00	973.00	2400.00
Cl	2320	1.10	206610.00	76821.25	43249.00	103660.00
SO ₄	2291	0.20	5828.49	480.00	67.07	1064.14
HCO ₃	2269	1.83	5394.17	122.00	61.00	244.00
Br	2027	0.20	1542.10	266.55	143.47	425.00
I	1870	0.13	177.69	10.57	6.34	17.55
B	769	0.01	1036.00	25.00	11.00	60.00
Sr	456	3.57	6500.00	293.35	188.75	432.50
Li	435	0.03	480.00	9.78	4.50	16.40
Rb	99	0.01	40.00	0.78	0.19	1.40
Cs	14	0.01	0.10	0.04	0.02	0.07
rNa/rCl	2318	0.27	28.92	0.74	0.67	0.78
Cl/Br	2023	0.43	27948.15	279.37	224.13	324.16
(rCl-rNa)/rMg	2303	-231.50	74.08	4.10	2.99	5.21

гидрохимические коэффициенты (rNa/rCl¹⁹, Cl/Br, (rCl-rNa)/rMg). Химический состав подземных вод характеризуется составами основных ионов (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻) и полезных компонентов (Br, I, B, Li, Sr, Rb, Cs). Следует отметить, что при опробовании пластовых вод определения параметров (и ценных компонентов в частности) были выполнены только в части скважин.

Наименование химического состава вод приведено по составу преобладающих основных анионов и катионов, содержания которых превышают 20 %-экв. в возрастающем порядке.

По значению минерализации воды классифицировали по подгруппам (г/л): пресные — не более 1.0; слабоминерализованные — 1.0—2.0; маломинерализованные — 2.0—5.0; среднеминерализованные — 5.0—10.0; высокоминерализованные — 10.0—35.0; рассольные (рассолы) — свыше 35.0, но не более 150.0; крепкие рассольные (крепкие рассолы) — 150.0—350.0.

¹⁹ r — знак, обозначающий содержание элемента (компонента) вод в эквивалентной (молярной) форме.

Для оценки генетического типа и степени метаморфизации²⁰ подземных вод использовали гидрохимические коэффициенты: Cl/Br , rNa/rCl , $(rCl-rNa)/rMg$. Один из наиболее часто применяемых гидрогеологических критериев — коэффициент метаморфизма rNa/rCl (Карцев и др. 1969). Если величина rNa/rCl выше 0.87, то считается, что воды малометаморфизованные седиментационные из опресненных водоемов, либо инфильтрационные, но время проникновения в изучаемый ВК было более поздним. При $rNa/rCl < 0.87$ — воды метаморфизованные седиментационные морские или сильно метаморфизованные инфильтрационные. Метаморфизация обычно пропорциональна глубине залегания водоносных комплексов. Это связано с тем, что концентрации «захваченных» при осадконакоплении ионов Na^+ и Cl^- растут в вертикальном разрезе, но содержания натрия в процессе преобразований состава вод отстают от хлора. На стадиях диагенеза и катагенеза возрастают концентрации щелочноземельных элементов (в основном кальция) за счет их перехода из твердой фазы в раствор.

Величина хлор-бромного коэффициента — Cl/Br , предложенного А. П. Виноградовым (Виноградов 1939), для вод океана составляет 293. Содержания хлора и брома связаны с литолого-фациальными условиями осадконакопления «захороняющихся» вод в бассейне седиментации. В морской обстановке хлор не накапливается организмами в отличие от брома. Бром — биогенный компонент, и постседиментационные преобразования способствуют переходу брома из органического вещества в подземные воды. Значения $Cl/Br < 300$ позволяют считать генезис вод седиментационным морским или свидетельством метаморфизации палеоинфильтрационных вод. Если отношение $Cl/Br > 300$, воды либо малометаморфизованные инфильтрационные, либо седиментационные опресненных бассейнов, либо контактирующие с соляными пластами. В седиментационных водах высокой степени метаморфизации значения стремятся к 100 и менее. Рассолы выщелачивания (растворения) каменной соли инфильтрационными водами обеднены бромом, кальцием, калием, магнием и др. (Основы гидрогеологии 1982), хлор-бромный коэффициент таких рассолов достигает 1000 и более. При выщелачивании калийных солей концентрации калия и брома резко возрастают, коэффициент Cl/Br становится менее 300. Внутрисолевые маточные концентрированные крепкие и ультракрепкие рассолы галогенных формаций имеют высокие содержания брома и значения хлор-бромного коэффициента до 20 и менее (Геохимия 2004).

В данной работе используются классификации вод по Н. С. Курнакову-М. Г. Валяшко и В. А. Сулину. Типизация отвечает основным обстановкам формирования и нахождения вод в недрах. В соответствии с классификацией Курнакова-Валяшко выделяются три типа природных вод по преобладающему аниону: карбонатный, сульфатный и хлоридный. Катионы (Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) в хлоридном типе вод все подвижны, равновесна система $CaCl_2-MgCl_2-NaCl-H_2O$, выполняется условие $(rCl-rNa)/rMg > 1$. Классификация по Сулину наиболее используется для подземных вод в районах месторождений

²⁰ Метаморфизация вод — процесс перехода вод из одного типа в другой, накопления или потери менее устойчивых компонентов раствора при взаимодействии с веществом водовмещающих толщ. Метаморфизация может происходить как в прямом, так и обратном направлениях.

нефти и газа. Коэффициент $(rCl-rNa)/rMg$ служит для определения генетического типа вод и отражает метаморфизацию солевого комплекса. Хлоридно-магниевый тип характеризуется значениями $(rCl-rNa)/rMg < 1$ при $rNa/rCl < 1$, свидетельствует о формировании вод в морской обстановке. Хлоридно-кальциевый тип — при $(rCl-rNa)/rMg > 1$ и $rNa/rCl < 1$ генетически связан с водами глубоких недр зон затрудненного водообмена и может быть унаследованным морским или приобретенным вследствие выщелачивания компонентов из пород морского генезиса. Выделяются также сульфатно-натриевый и гидрокарбонатно-натриевый типы, удовлетворяющие условиям $rNa/rCl > 1$ и $(rNa-rCl)/rSO_4$ меньше и больше 1 соответственно, отвечающие водам поверхностным или подземным, находящимся в зонах свободного и затрудненного водообменов.

Для статистического анализа распределения промышленных вод из существующего гидрогеологического банка данных гидрохимического опробования подземных вод скважинами было выбрано 2093 наблюдений пластовых рассолов (минерализация более 35 г/л) с определениями полезных компонентов. Подземные воды зоны активного и затрудненного водообмена, содержащие малое количество ценных компонентов, в разделах 5 и 6 монографии не рассматривались. Для расчета статистических характеристик, приведенных в таблицах, и построения графиков использовали программу Statistica 10.0. Для оценки вычисленных статистик — критический уровень значимости 0.05. Описательные статистики отражают большие вариации значений изученных параметров вод. Это обусловлено приуроченностью точек опробования (скважин) к разным водоносным комплексам, залегающим в широком интервале глубин от 44 м до 6.9 км в различных тектонических структурах ТП СБ. В связи с неравномерностью гидрогеологического опробования по площади ТП СБ гидрохимические данные при статистической обработке по некоторым структурам первого порядка на графиках были объединены.

Центральные тенденции и вариации числовых значений гидрохимических параметров подземных вод были оценены с помощью описательных статистик — медианы, нижнего и верхнего квартилей (25-го и 75-го перцентилей), максимального и минимального значений — как для отдельных ВК по всей ТП СБ, так и для выявления особенностей распространения ценных компонентов всего разреза осадочного чехла на площади Тимано-Печорской плиты и Предуральского краевого прогиба (разделы 5 и 6). Выбор этих описательных статистик обусловлен результатами проверки нормальности распределений анализируемых параметров. Большинство из них не подчиняется нормальному закону распределения (для заданного критического уровня значимости). Проверку проводили для каждого анализируемого (описываемого) геологического объекта и осуществляли статистическими критериями Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса, Шапиро-Уилка, оценкой величин асимметрии и эксцесса, а также с помощью визуальной оценки нормальных вероятностных графиков. Медиана отражает срединную величину упорядоченных данных выборки и значительно меньше, чем среднее арифметическое и стандартное отклонение, подвержена влиянию крайних вариантов выборки (очень маленьких или очень больших значений)

и поэтому обеспечивает более объективную оценку центральной тенденции анализируемых числовых данных по сравнению со средним значением. Нижний и верхний квартили, а также размах вариации используются в качестве мер рассеяния значений параметров.

Для выявления взаимосвязей между рассматриваемыми гидрохимическими параметрами пластовых рассолов Тимано-Печорского осадочного бассейна и оценки их тесноты (силы) был применен корреляционный анализ. Для количественной характеристики парных взаимосвязей использовали непараметрический коэффициент корреляции рангов Спирмена (r_s) (Бююль, Цёфель 2005), поскольку гидрохимические параметры рассолов не подчиняются нормальному закону распределения. Коэффициенты корреляции рангов Спирмена вычисляли для каждой пары параметров в отдельности в связи с отсутствием информации по некоторым из гидрохимических параметров для анализа максимально возможного количества имеющихся данных. Для описательной интерпретации силы связи между двумя параметрами использовали шкалу Чеддока (Chaddock 1925). В своей работе применяли следующие количественные критерии по абсолютному значению коэффициента корреляции: 0 — связь отсутствует, $0 < |r_s| < 0.1$ — очень слабая, $0.1 \leq |r_s| < 0.3$ — слабая, $0.3 \leq |r_s| < 0.5$ — умеренная, $0.5 \leq |r_s| < 0.7$ — заметная, $0.7 \leq |r_s| < 0.9$ — высокая, $0.9 \leq |r_s| < 1.0$ — весьма высокая, 1.0 — связь полная (функциональная).

Точки наблюдения подземных вод (скважины) имеют площадную привязку к структурам осадочного чехла Тимано-Печорского осадочного бассейна (рис. 4.1). В связи с неравномерностью гидрогеологического опробования для некоторых структур первого порядка приведена обобщенная характеристика. Для каждого из выделенных водоносных комплексов, вмещающих промышленные воды (O_2-D_1 , D_3f-C_1t , $C-P_1$, P_1ar-T), проведены отдельные исследования распределения значений минерализации, гидрохимических коэффициентов, содержаний ценных компонентов (Br, B, I, Li, Sr, Rb) по точкам опробования (скважинам). Для пространственного представления распределение точек наблюдения по площади показано в виде карт; по разрезу, в зависимости от глубины залегания — в виде графиков по отдельным тектоническим структурам.

Гидрохимические карты распространения ценных элементов промышленных вод и минерализации построены с использованием программного пакета Arc Gis версии 10.8, для визуализации применяли программу CorelDraw 2019. На гидрохимических картах показаны только скважины, вскрывшие подземные воды с минерализацией более 35 г/л (рассолы). Концентрации ценных компонентов (брома, йода, бора, стронция, лития и рубидия) для каждой опробованной скважины показаны в виде условных знаков, содержание элемента или величина общей минерализации отражены в размере знака и цветовой насыщенности. При наличии нескольких интервалов опробования ВК или результатов анализа проб вод в одной скважине на картах приведено вычисленное медианное значение содержания элемента. На картах для каждого ВК определены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных вод при условии их соответствия кондиционным требованиям.

4. Гидрогеологические особенности строения Тимано-Печорского седиментационного бассейна

Тимано-Печорский седиментационный бассейн расположен в пределах 60—70° с. ш., охватывает крупную область земной коры, преимущественно континентального типа, характерную накоплением закономерного ряда осадочных формаций, который отражает последовательность тектонического развития от преобладания связанных с растяжением активных прогибов до вызванных общим сжатием инверсий и горообразования (Тимано-Печорский седиментационный 2002). В тектоническом плане ТП СБ соответствует Тимано-Печорской эпибайкальской плите (Печорской — по Структура платформенного 1982; Тектоника Тимано-Печорской 1989) и прилегающему к ней перикратону, в настоящее время перекрытому образованиями Предуральского краевого прогиба, Западно-Уральской мегазоной складчато-надвиговых дислокаций, Центральноуральским мегаантиклинорием и южной частью Пайхойско-Новоземельской раннекиммерийской складчатой системы.

В соответствии со структурно-тектоническим районированием западным ограничением ТП СБ является Западно-Тиманский глубинный разлом, восточным — Уральская и Припайхойско-Новоземельская складчатые системы (Новые представления 2011). С севера бассейн ограничен Северо-Печороморской моноклиной и Южно-Баренцевоморской мегавпадиной Баренцевоморско-Северокарской плиты. В составе Тимано-Печорской эпибайкальской плиты, в континентальной ее части, выделены тектонические элементы (рис. 4.1): Тиманская гряда, Ижма-Печорская и Хорейверско-Печороморская синеклизы, Малоземельско-Колгуевская моноклинал, Печоро-Колвинский авлакоген (в его составе структуры первого порядка — Печоро-Кожвинский мегавал, Денисовский прогиб, Колвинский мегавал) и Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона, которые подразделяются на многочисленные более мелкие структуры разных порядков. Предуральский мегапрогиб (краевой прогиб) сформирован в зоне сочленения Тимано-Печорской эпибайкальской плиты и Уральского горно-складчатого сооружения. В его составе выделяются структуры первого порядка: Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина, Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие, Верхнепечорская впадина.

Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция отождествляется с одноименной плитой, в ее состав входят Предуральский и Пайхойско-Приюжноновоземельский мегапрогибы. ТПП характеризуется промышленной нефтегазоносностью и нефтегазопоявлениями от рифея до триаса (Новые представления 2011). Залежи углеводородов залегают на глубинах от 150 м до 5 км (Природные резервуары 2011).

В основу использованного в данной работе районирования Тимано-Печорского бассейна подземных промышленных вод положен геоструктурный план. Скважины подземных вод приурочены к выделенным структурам Тимано-Печорского седиментационного бассейна. В составе осадочного чехла ТП СБ (рис. 4.2) выделяются

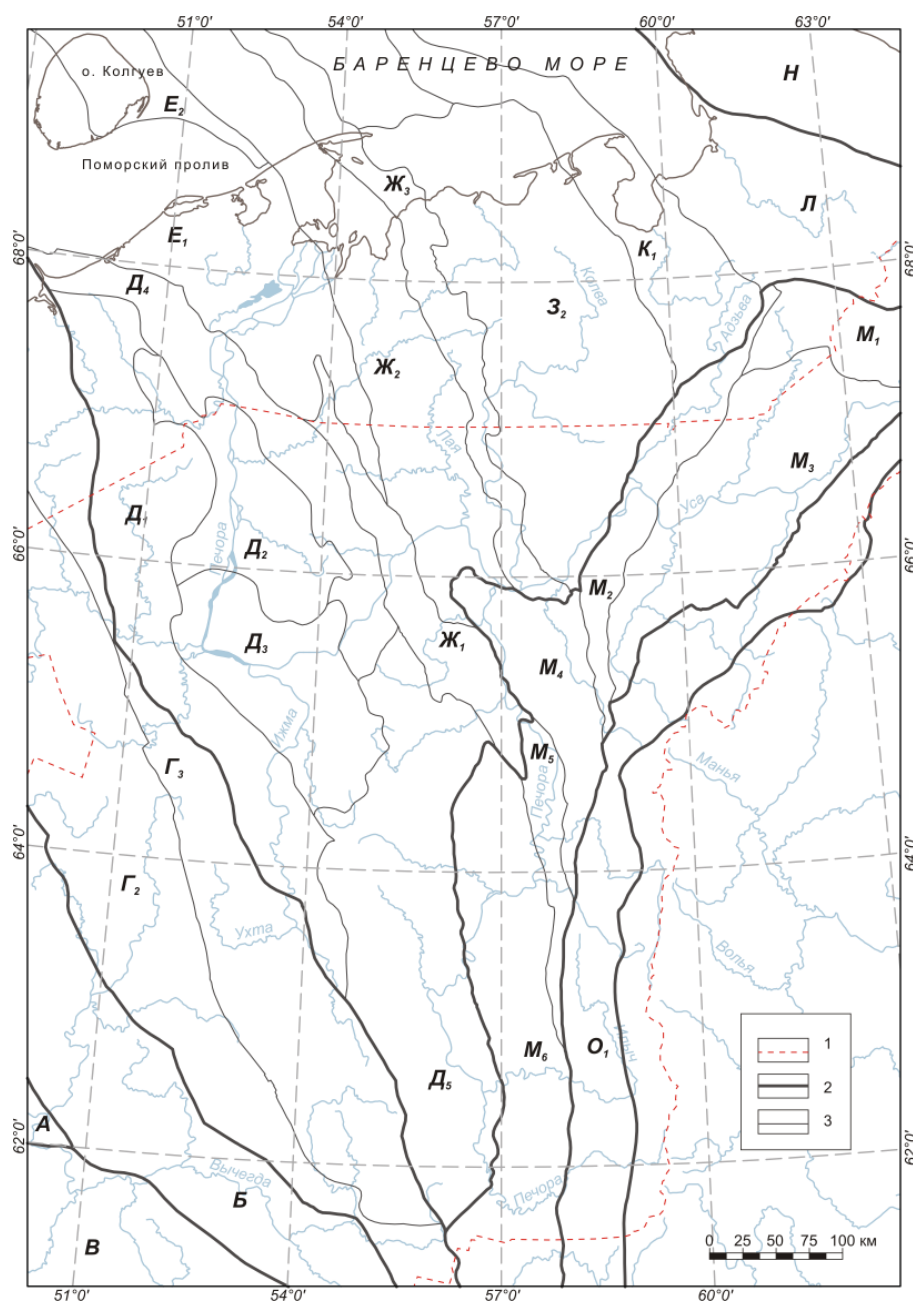


Рис. 4.1. Схема тектонического районирования Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (Новые представления 2011).

1 — административные границы, 2—3 — границы тектонического районирования: 2 — надпорядковые, 3 — первого порядка. Элементы тектонического районирования: А — Московская синеклиза; Б — Мезенская синеклиза; В — Волго-Уральская антеклиза; Тимано-Печорская плита: Г — Тиманская гряда (Г₂ — Западно- и Среднетиманские дислокации, Г₃ — Восточно-Тиманский сложный мегавал); Д — Ижма-Печорская синеклиза (Д₁ — Нерицкая ступень, Д₂ — Ерсинская впадина, Д₃ — Ижемская ступень, Д₄ — Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы, Д₅ — Омра-Лыжская седловина); Е — Малоземельско-Колгуевская моноклираль (Е₁ — Нарьян-Марская моноклираль, Е₂ — Восточно-Колгуевская структурная область); Ж — Печоро-Колвинский авлакоген (Ж₁ — Печоро-Кожвинский мегавал, Ж₂ — Денисовский прогиб, Ж₃ — Колвинский мегавал); З — Хорейверско-Печороморская синеклиза (З₂ — Хорейверская впадина); К₁ — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; краевые мегапрогибы Тимано-Печорской плиты: Л — Пайхойско-Приюжноновоземельский мегапрогиб; м — Предуральский краевой предгорный прогиб (М₁ — Воркутское поперечное поднятие, М₂ — гряда Чернышева, М₃ — Косью-Роговская впадина, М₄ — Большесынинская впадина, М₅ — Среднепечорское поперечное поднятие, М₆ — Верхнепечорская впадина); Н — Пайхойско-Новоземельская складчатая система; О — Уральская складчатая система (О₁ — Западно-Уральская мегазона линейных складчато-надвиговых дислокаций).

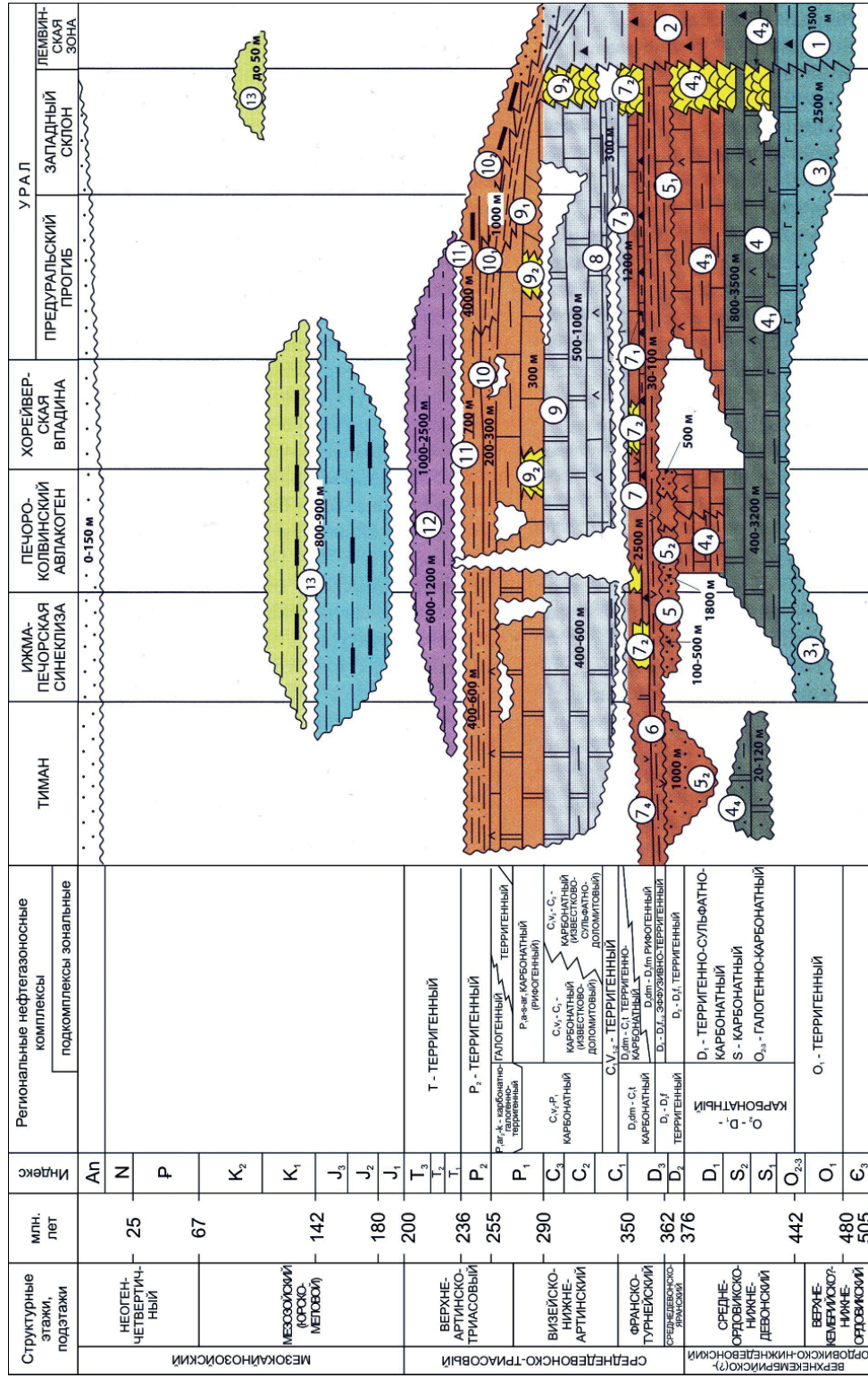


Рис. 4.2. Структурно-формационная принадлежность нефтегазоносных комплексов Тимано-Печорского седиментационного бассейна по (Природные резервуары 2011).

Формации и субформации: 1 — грубообломочная вулканогенно-осадочная рифта; 2 — известняково-кремнисто-терригенная; 3 — красноцветно-сероцветная терригенная, 3₁ — красноцветная олигомиктовая; 4 — карбонатная, 4₁ — галогенно-терригенно-карбонатная, 4₂ — рифогенная, 4₃ — сульфатно-карбонатная, 4₄ — терригенно-карбонатная; 5 — сероцветная олигомиктовая терригенная аллахтонная, 5₁ — карбонатно-терригенная автохтонная, 5₂ — олигомиктовая грабена; 6 — эффузивно-терригенная; 7 — терригенно-карбонатная, 7₁ — доманикоидная, 7₂ — карбонатно-терригенная клиноформная заполнения; 8 — угленосно-терригенная; 9 — карбонатная, 9₁ — мергелистая (сезымская), 9₂ — рифогенная; 10 — сероцветная нижняя молаассовая, 10₁ — терригенно-карбонатно-галогенная, 10₂ — угленосно-терригенная; 11 — сероцветно-красноцветная прибрежно-морская и лагуно-континентальная, 11₁ — угленосная; 12 — красноцветная континентальная; 13 — терригенная и угленосно-терригенная.

нефтегазоносные комплексы и большей частью отвечающие им водоносные комплексы. В строении гидрогеологического разреза Тимано-Печорского артезианского бассейна (ранее Печорского), в пределах палеозойско-кайнозойского осадочного чехла, участвуют до 10 водоносных комплексов, залегающих на породах верхнепротерозойского (рифейского) фундамента. Выделяются следующие водоносные комплексы по (Гидрогеология СССР 1970; Подземные воды 1989; Мильков и др. 1993; Данилевский и др. 2003): четвертичных терригенных отложений (Q), меловых терригенных отложений (K), нижне-среднеюрских терригенных отложений (J_{1-2}), триасовых терригенных отложений (T), пермских терригенных отложений (P_{1-2}), каменноугольно-нижнепермских (верхневизейско-нижнепермских) карбонатных отложений (C- P_1), верхнедевонско-нижнекаменноугольных (семилукско-турнейских) карбонатных отложений (D_3-C_1), среднедевонско-нижнефранских терригенных отложений ($D_2-D_3f_1$), среднеордовикских, силурийских и нижнедевонских карбонатных отложений (O_2-D_1), нижне-среднеордовикских отложений (O_{1-2}). В основании гидрогеологического разреза находится водоносная зона трещиноватости рифей-кембрийских (R-Є) метаморфизованных терригенных и карбонатных пород, вулканогенных образований, слагающих фундамент. В пределах осадочного чехла также выделяются карбонатно-терригенный тиманско-саргаевский (D_{3tm-sr}) и терригенно-галогенный нижнепермский ($P_{1ar-P_{1k}}$) региональные флюидоупоры и зональные флюидоупорные терригенные толщи: нижнекаменноугольные ($C_{1v}+C_{1s}$) и юрско-меловые (J_3-K_{1nk}).

В данной работе, посвященной характеристике промышленных вод Тимано-Печорского бассейна, приводится геолого-гидрогеологическая характеристика следующих гидрогеологических подразделений:

1. водоносный комплекс нижнепермско-триасовых (верхнеартинско-триасовых) ($P_{1ar}-T$) терригенных отложений;
2. водоносный комплекс каменноугольно-нижнепермских (верхневизейско-нижнепермских) карбонатных отложений (C- P_1);
3. водоносный комплекс верхнедевонско-нижнекаменноугольных (семилукско-турнейских) карбонатных отложений (D_3-C_1);
4. водоносный комплекс среднедевонско-нижнефранских терригенных отложений ($D_2-D_3f_1$);
5. водоносный комплекс среднеордовикско-нижнедевонских карбонатных отложений (O_2-D_1).

Юрские и четвертичные терригенные отложения вмещают пресные и слабоминерализованные воды, содержания ценных компонентов невысоки и, следовательно, не могут быть отнесены к типу промышленных минеральных вод. Информации по водоносным комплексам нижнеордовикских терригенных отложений и верхнепротерозойских пород фундамента крайне мало, что не позволяет качественно оценить их перспективность на наличие гидроминерального сырья. Имеются данные о подземных водах терригенных пород нибельской и седельской свит нижнего ордовика, опробованных отдельными скважинами на глубинах от 735 до 3390 м в Ижма-Печорской

синеклизе. Минерализация хлоридных натриевых и кальциево-натриевых рассолов составляет от 90 до 232 г/л, содержания брома выявлены в диапазоне 314—548 мг/л, йода — 7.4—24.0 мг/л, лития — 11—21 мг/л, стронция — 234—419 мг/л. Нижнеордовикские отложения также исследованы в Хорейверской впадине, в скважине 12–Средне-макарихинская (инт. 4360—4505 м). В хлоридных натриево-кальциевых рассолах с солесодержанием 193.7 г/л концентрации Br и I равны 1027.2 и 22.4 мг/л соответственно. Имеются немногочисленные данные по опробованию подземных вод зон трещиноватости верхнепротерозойских отложений Южного Тимана и прилегающих площадей Ижма-Печорской синеклизы. Рассолы Cl–Na состава метаморфических сланцев, песчаников и кварцитов вскрыты скважинами на глубинах 163—1378 м, имеют минерализацию 44—179 г/л с концентрациями ценных компонентов (мг/л): бром (42—650), йод (1.9—4.2).

При характеристике водоносных комплексов использованы опубликованные работы (Подземные воды 1989; Мильков и др. 1993; Данилевский и др. 2003), фондовые материалы (Мильков и др. 1985, 1989). Особенности распространения отложений по площади и разрезу, литолого-фациальных условий, степени катагенетических преобразований органического вещества пород приведены, опираясь на результаты исследований, обобщенные в монографиях: Природные резервуары 1993; Сравнительный анализ 1999; Тимано-Печорский седиментационный 2002; Данилевский и др. 2003; Природные резервуары 2011.

Водоносный комплекс ниже-верхнепермских и триасовых терригенных (P_{1ar-T}) отложений. Терригенные отложения данного объединенного комплекса распространены практически повсеместно от Тиманского кряжа до Урала, но крайне неравномерно по площади (рис. 4.3) и составляют 30 % (Сравнительный анализ 1999) от общего осадочного выполнения ТП СБ. Особенности распространения формаций (и субформаций) комплекса, средние мощности по тектоническим структурам ТП СБ показаны на рис. 4.2. Максимальные глубины залегания кровли триаса — до 1 км — установлены в центральных и северных районах Тимано-Печорского бассейна под юрскими, меловыми и четвертичными породами. В Предуральском прогибе данные отложения перекрыты маломощными (до 200 м) четвертичными образованиями. Водоносный комплекс представлен переслаиванием проницаемых (песчаников, алевроитов, в меньшей степени известняков) и слабопроницаемых или флюидоупорных пород (аргиллитов, мергелей, глин). Максимальная мощность отмечается во впадинах краевого прогиба и достигает 6.0—7.0 км и более. В Косью-Роговской и Коротаихинской впадинах установлена верхнепермская угленосная формация. В целом для всех пластов характерна литологическая изменчивость по площади и разрезу, в результате чего прямая гидравлическая связь между водоносными горизонтами может отсутствовать. На долю проницаемых отложений в разрезе приходится менее 50 %. Коллекторские толщи связаны с полимиктовыми песчаниками уфимско-казанского и нижнетриасового возраста. Терригенные породы характеризуются поровым типом коллекторов с пористостью до 10—30 %, в восточных районах она увеличивается за счет повышения трещиноватости.

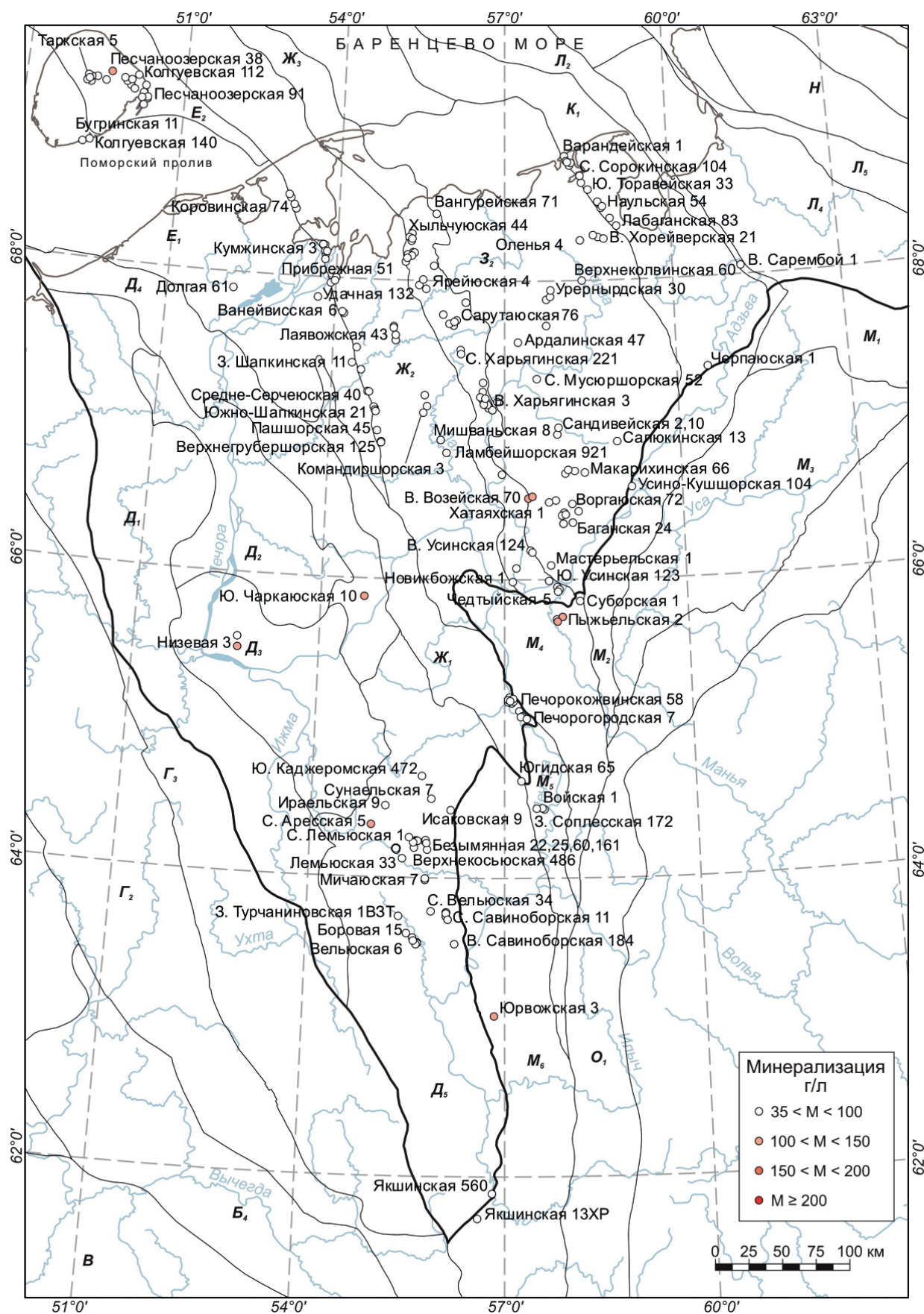


Рис. 4.3. Распределение минерализации рассолов в водоносном комплексе *нижнепермско-триасовых* отложений. Градация величины минерализации дана условными значками по опробованным скважинам. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 4.1

Степень преобразования органического вещества пород с преобладанием гумусовой составляющей по данным (Данилевский и др. 2003) на глубинах от 1.6 км отвечает этапам позднего катагенеза (ПК₃), достигая на глубинах 3.0—3.5 км стадии мезокатагенеза (МК₂—МК₃).

На севере Тимано-Печорского бассейна верхняя часть данного комплекса расположена в зоне развития многолетней мерзлоты, которая служит флюидоупором. Водоупорами для песчаных пластов в пределах водоносного комплекса служат глинистые прослои уфимского яруса, среднего триаса и верхней части чаркобожской свиты нижнего триаса. Нижним флюидоупором — регионально выдержанная нижнепермская (артинско-кунгурская) галогенно-карбонатно-терригенная толща, которая является одним из важнейших региональных флюидоупоров Тимано-Печорского бассейна. Она обеспечивает гидравлическую изолированность нижележащих ВК и экранирует многочисленные залежи нефти и газа. Ее основой являются кунгурские глинистая, карбонатно-глинистая, сульфатно-глинистая или карбонатно-сульфатная толщи (см. рис. 4.2). В Верхнепечорской впадине в состав флюидоупора добавляется залегающая выше соленосная толща мощностью от 50 до 500 м и более. Мощность флюидоупорного комплекса увеличивается в направлении с запада и северо-запада на восток и юго-восток за счет глинистых отложений артинского и уфимского ярусов, а иногда и глинисто-карбонатных сакмарско-верхнеартинских образований. Общая мощность пород изменяется в широких пределах — до нескольких сотен в платформенной части, достигая в Предуральском прогибе 2.5—4.0 км (Природные резервуары 2011). В пределах флюидоупорной толщи выделяются зоны развития коллекторов с пористостью от 1—4 до 21—26 %, связанных с межангидритовыми пачками доломитов, прослоями известняка и песчаника нижней части кунгурского яруса.

Состав подземных вод всей верхнеартинско-триасовой толщи ВК разнообразен. В зоне активного водообмена (до глубины 100—600 м) распространены пресные воды гидрокарбонатные или хлоридно-гидрокарбонатные натриевые или кальциево-натриевые. Ниже, до глубины 400—1800 м, в различных тектонических структурах воды хлоридные натриевые, кальциево-натриевые слабо-высокоминерализованные различных гидрохимических типов по Сулину: Cl Ca, Cl Mg и SO₄ Na. На больших глубинах выявлены пластово-трещинные рассолы (35—130 г/л) хлоридно-натриевого состава Cl Ca типа (rCl-rNa)/rMg = 1.72—45.47). Границей между зонами затрудненного и весьма затрудненного водообмена принято считать появление рассолов с минерализацией 50 г/л, в Тимано-Печорском бассейне она условно находится в пределах данного водоносного комплекса. С увеличением глубины залегания водовмещающих толщ в пределах тектонических структур, где опробован верхнеартинско-триасовый ВК, наблюдается повышение концентраций компонентов и общей минерализации (рис. 4.4) на фоне общего роста пластового давления (до 235 кг/см²) и температуры (до 90°). Общее солесодержание вод в триасовых отложениях достигает 90 г/л, в пермских — 130 г/л (рис. 4.5). Гидрохимические коэффициенты пластовых рассолов терригенного ВК изменяются в широких пределах rNa/rCl 0.52—0.82, Cl/Br 129—536 (рис. 4.6).

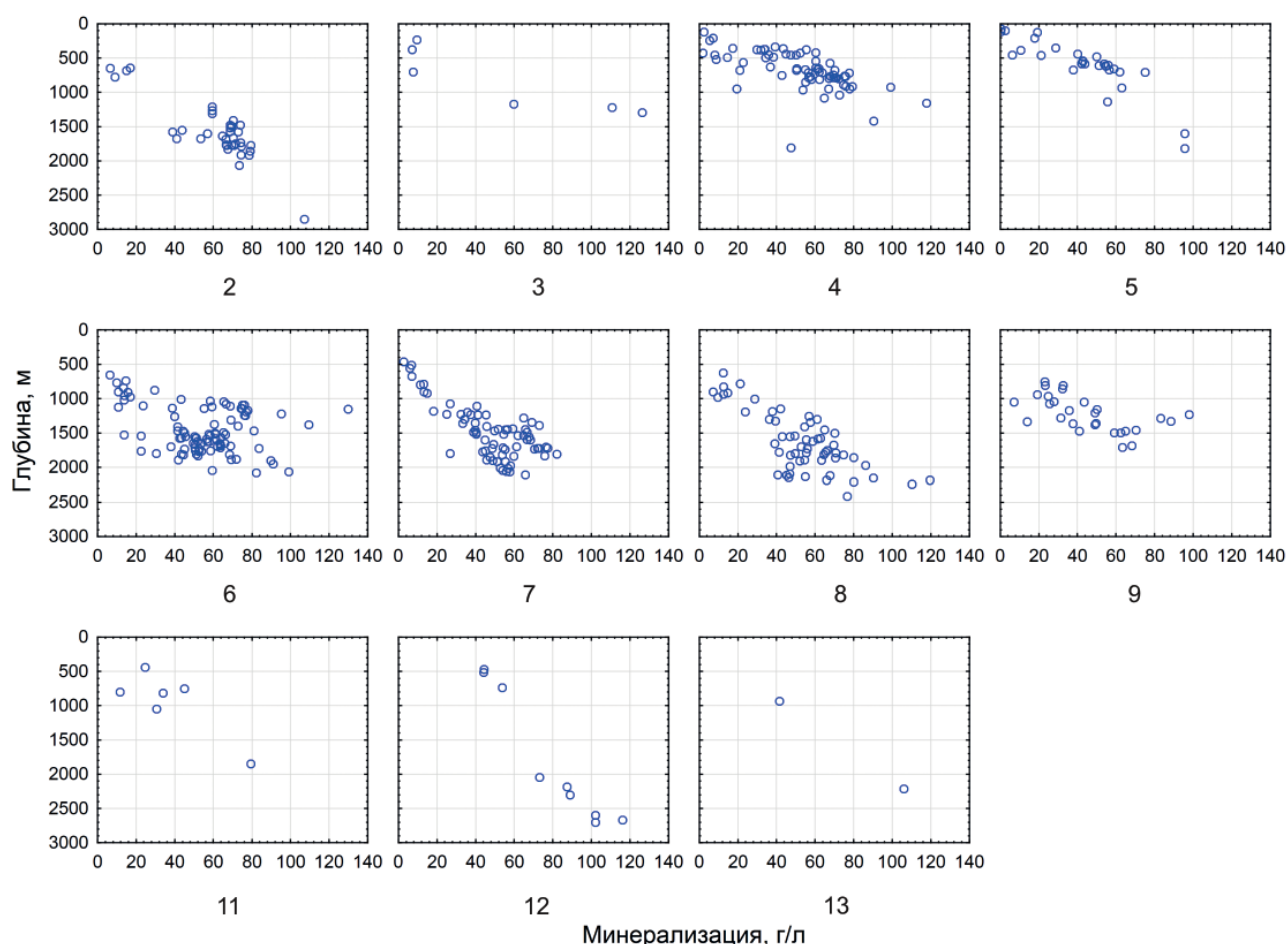


Рис. 4.4. Изменение минерализации подземных вод в водоносном комплексе *нижнепермско-триасовых* отложений с глубиной опробования по отдельным тектоническим структурам ТП СБ: 2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Омра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Хорейверская впадина; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

Эти значения характеризуют смешанный морской и континентальный генезис вод, различную степень метаморфизации состава вод в процессах концентрирования компонентов, выщелачивания их из пород полифациальной толщи, физико-химических превращений минералов на различных стадиях катагенеза. Состав водорастворенного газа — метановый, азотно-метановый, метаново-азотный (N_2 2—66 %, CH_4 7—97 %, CO_2 до 2 %), содержание сероводорода — менее 56 мг/л.

Водоносный комплекс каменноугольно-нижнепермских (визейско-нижнепермских) карбонатных отложений ($C-P_I$) — один из наиболее широко распространенных в пределах Тимано-Печорского осадочного бассейна (рис. 4.7). Этот гидродинамически единый сложнопостроенный комплекс объединяет в своем составе преимущественно карбонатные породы верхневизейского (окского надгоризонта) и серпуховского ярусов нижнего карбона, башкирского и московского ярусов среднего и верхнего отде-

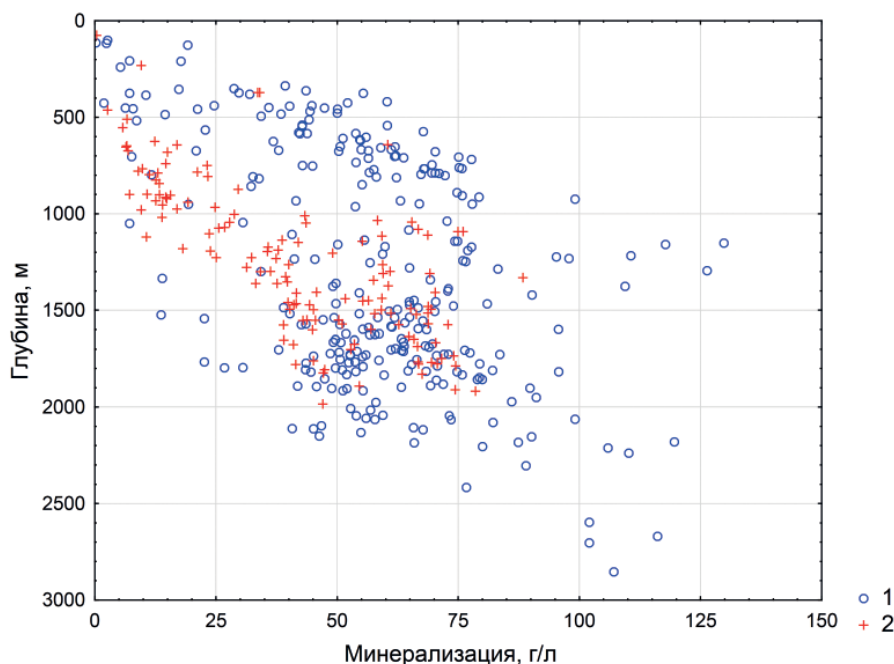


Рис. 4.5. Изменение минерализации подземных вод в *нижне-верхнепермских* (1) и *триасовых* (2) отложениях в зависимости от глубины опробования.

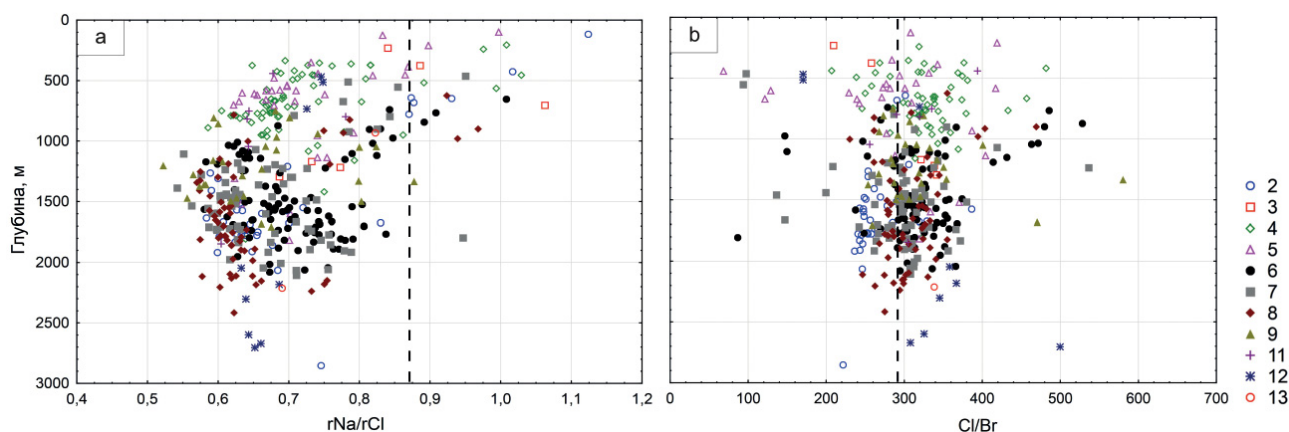


Рис. 4.6. Изменение гидрохимических коэффициентов rNa/rCl (a) и Cl/Br (b) подземных вод водоносного комплекса *нижнепермско-триасовых* отложений с глубиной опробования по тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают значения для океанических вод: $rNa/rCl=0.87$ и $Cl/Br=293$. Нумерация соответствует отдельным тектоническим структурам ТП СБ, см. рис. 4. 4.

лов каменноугольной системы, а также карбонатные и терригенные нижнепермские (нижнеартинские, сакмарские, ассельские) отложения. Известняки, доломиты, доломитизированные известняки и ангидриты образуют мощные пласты и пачки в составе водоносного комплекса или отдельные пропластки и линзы. По типу циркуляции распространены трещинно-поровые, порово-кавернозные, трещинно-карстовые коллекторы. Средняя пористость не превышает 6—15 %, в отдельных разрезах достигает 20—35 % в зонах развития тектонической трещиноватости, процессов растворения и выщелачивания, вторичных процессов перекристаллизации пород. Накопление осадков

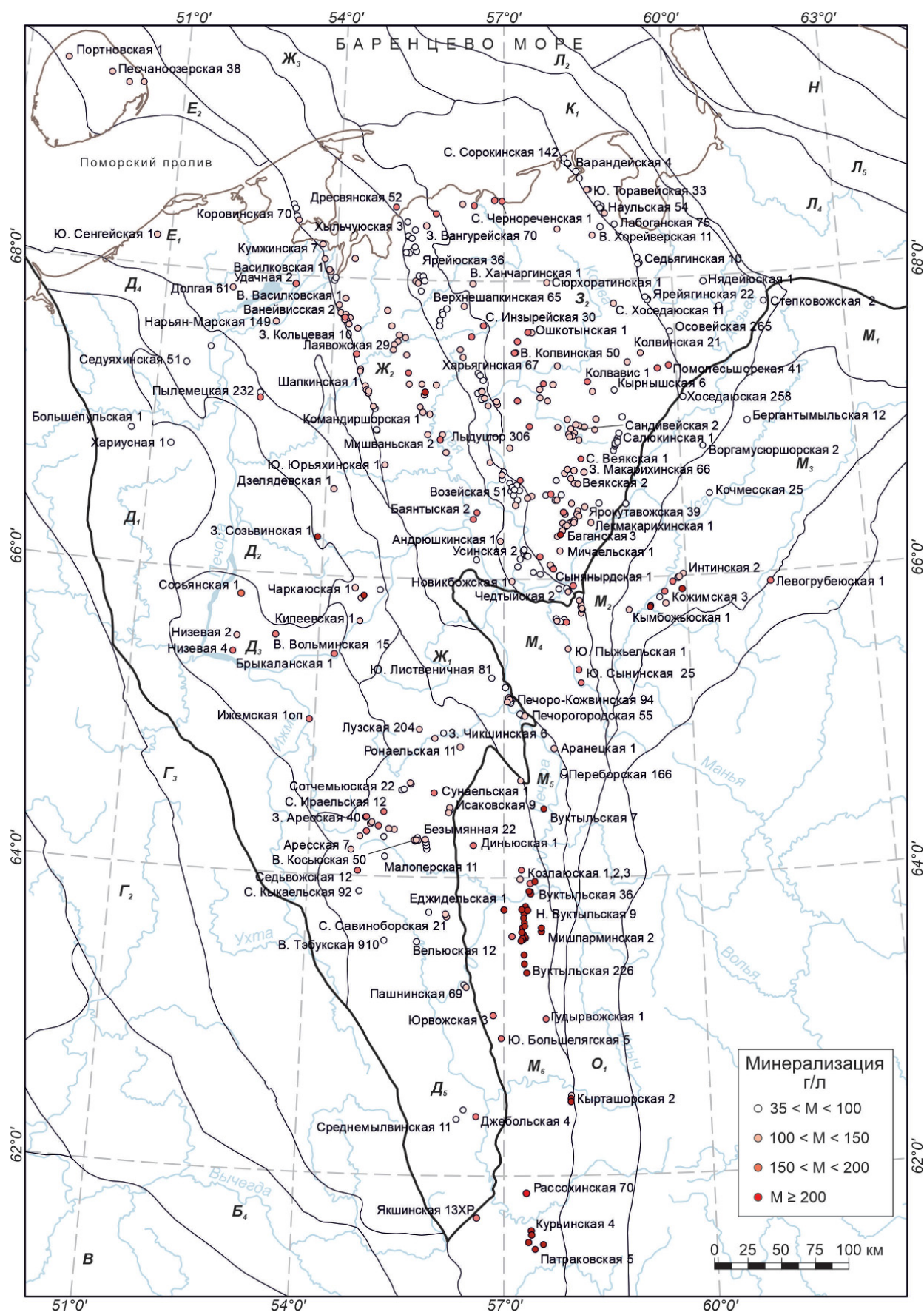


Рис. 4.7. Распределение минерализации рассолов в каменноугольно-нижнепермском водоносном комплексе. Градация величины минерализации дана условными значками по опробованным скважинам. Наименования тектонических структур ТП СБ, см. рис. 4.1.

происходило в прибрежно-морских условиях, для которых характерно сапропелевое органическое вещество с большой долей гумусового.

Глубина залегания отложений увеличивается по направлению от Ижма-Печорской синеклизы к краевому прогибу и достигает во впадинах 5.0 км и более. Общая мощность пород изменяется от полного отсутствия на сводах валов до максимальных значений 1.5—2.0 км в Предуральском прогибе, на большей части территории — от 300 до 1000 м.

Отложения комплекса перекрыты региональной флюидоупорной нижнепермской (артинско-кунгурской) галогенно-карбонатно-терригенной толщей с хорошей экранирующей способностью. Нижним зональным флюидоупором служат слабопроницаемые нижне-верхневизейские отложения мощностью от 7 до 100 м, в Предуральском прогибе достигающие 200 м и более. Зональными и локальными флюидоупорами в составе водоносного комплекса являются сульфатные или карбонатно-сульфатные породы серпуховского яруса, глинистые или карбонатно-глинистые толщи нижнемосковского подъяруса, карбонатно-терригенные образования нижней части артинского яруса, аргиллиты верхнеартинского подъяруса, галогенно-терригенные осадки кунгурского яруса.

В зонах выхода отложений комплекса на поверхность или под четвертичный чехол развиты пресные воды. С увеличением глубины залегания визейско-нижнепермских пород минерализация вод хлоридно-натриевого (кальциево-натриевого) состава возрастает до 220 г/л, а на площади Верхнепечорской впадины, в районе развития сульфатно-галогенных толщ — до 266 г/л (рис. 4.8). Рассолы ВК опробованы в интервале глубин от 325 до 4600 м, где температура их возрастает до 116 °С. В Косью-Роговской впадине встречены как слабые рассолы до 100 г/л, так и крепкие с минерализацией до 250 г/л, что С. А. Данилевский и др. (2003) связывают с интенсивной тектонической нарушенностью Интинской зоны газоконденсатонакопления, проникновением вод различного состава и минерализации по зонам тектонических нарушений в аллохтонную и автохтонную толщи разреза.

Особенностью данного ВК является распространение рассолов различного генезиса: седиментационных морских (нормальной и повышенной солености в солеродном бассейне) и выщелачивания. Крепкие рассолы Верхнепечорской впадины связаны с присутствием в разрезе галогенно-сульфатных (эвапоритовых) толщ кунгурского яруса, они характеризуются высокими значениями общей минерализации (рис. 4.7, 4.8), соотношений rNa/rCl 0.8—1.0 и $Cl/Br > 1000$ (рис. 4.9), присущими процессам палеовыщелачивания и палеорастворения. Аналогичные высокие значения гидрохимических коэффициентов наблюдаются и в ряде скважин Омра-Лыжской седловины. Для рассолов ВК, распространенных на большей части Тимано-Печорской плиты, медианные значения коэффициентов метаморфизма и хлорбромного (0.75 и 293) практически идентичны морским водам. Все рассолы водоносного комплекса относятся к Cl Ca типу по Сулину, гидрохимический коэффициент $(rCl-rNa)/rMg$ варьирует в пределах 1.29—52.19.

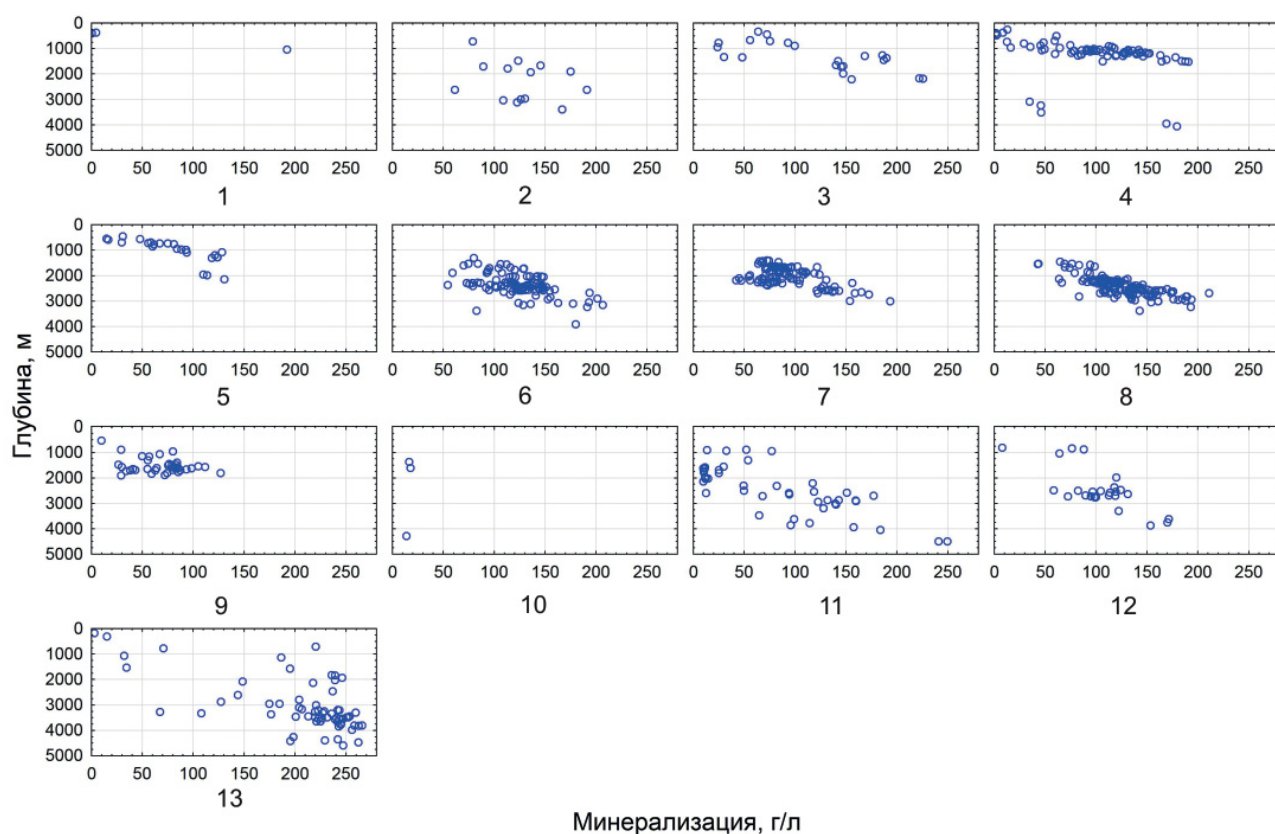


Рис. 4.8. Изменение минерализации подземных вод каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса в зависимости от глубины опробования по отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

1 — Тиманская гряда; 2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Овра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Хорейверская впадина; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 10 — Пайхойско-Приюжноновоземельский мегапрогиб; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

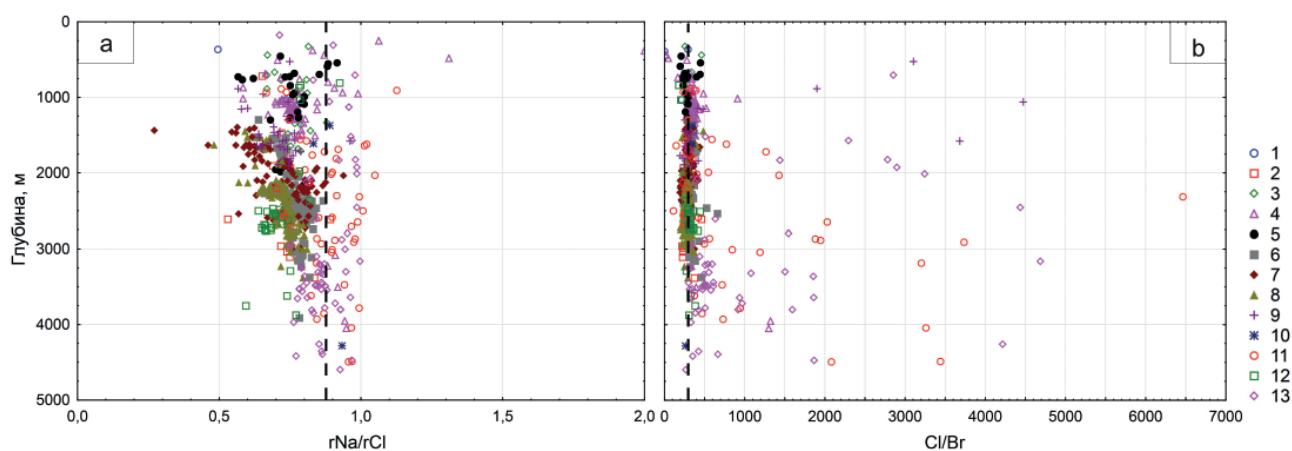


Рис. 4.9. Изменение гидрохимических коэффициентов rNa/rCl (a) и Cl/Br (b) в подземных водах каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса с глубиной опробования по тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают значения для океанических вод: $rNa/rCl=0.87$ и $Cl/Br=293$. Условные обозначения см. рис. 4.8.

Водорастворенный газ вод каменноугольно-нижнепермского ВК метанового, азотно-метанового, углекисло-метанового (N_2 1—91 %, CH_4 5—97 %, TU до 10 %, CO_2 до 53 %) составов. Газонасыщенность вод составляет 0.0—4.7 nm^3/m^3 . В отдельных скважинах установлено высокое содержание сероводорода — до 758 мг/л.

Верхнедевонско-нижнекаменноугольный (доманиково-турнейский) (D_3-C_1) водоносный комплекс представлен карбонатными породами франского (доманиково-ливенского горизонтов) и фаменского ярусов, а также карбонатными и терригенными отложениями турнейского яруса и косьвинского горизонта визейского яруса. Отложения комплекса широко распространены в пределах ТП СБ (рис. 4.10), занимают 17 % от общего объема пород (Сравнительный анализ 1999). На Тимане и Урале, а также гряде Чернышева и в Печоро-Колвинском авлакогене породы комплекса выходят на дневную поверхность или под четвертичный покров. Отсутствие (размыв) турнейских и верхней частей фаменских отложений наблюдается в центральной и южной частях Хорейверской впадины, а также на значительной территории Омра-Лыжской седловины. Более глубокий размыв (до верхов франских отложений) установлен в центральной части Лебединского и Мутно-Материкового валов Печоро-Кожвинского мегавала. Максимальная мощность отложений комплекса до 2.7 км вскрыта скважинами на Среднепечорском поперечном поднятии и Печоро-Кожвинском мегавале. Погружение пород верхнедевонско-нижнекаменноугольного ВК отмечается в восточном направлении, в Косью-Роговской и Коротаихинской впадинах достигает 7 км, а в Верхнепечорской — 7—8 км. Региональная флюидоупорная толща в кровле комплекса отсутствует, локальными водоупорами служат глинистые и карбонатно-глинистые пачки в отложениях фаменского и турнейского возрастов, глинистая пачка в основании верхнего отдела визейского яруса, которая имеет малую мощность и отсутствует в пределах Большеземельского палеосвода и Ижма-Печорского палеоподнятия. В подошве исследуемого доманиково-турнейского ВК залегает регионально распространенная водоупорная поддоманиковая тимано-саргаевская (D_{3tm-sr}) толща (глины, глинисто-карбонатные породы).

Отложения доманиково-турнейского (D_3-C_1) ВК представлены доломитами и известняками, в пределах Ижма-Печорской синеклизы и Верхнепечорской впадины — аргиллитом-известково-кремнистой толщей. Исследователи подчеркивают высокую промышленную нефтегазоносность комплекса, нефтематеринские породы составляют 28 % от общего объема верхнедевонско-нижнекаменноугольного комплекса. Наибольшим потенциалом обладает органическое вещество (C_{org} — 5 %) доманикоидных отложений доманикового горизонта. Степень катагенетической зрелости сапропелевого и гумусо-сапропелевого органического вещества в зависимости от тектонической приуроченности и глубины залегания соответствует стадиям от MK_1 до MK_5 (Данилевский и др. 2003). Максимальная степень преобразованности наблюдается в Предуральском прогибе.

Коллекторские свойства пород комплекса изменяются в широких пределах, что обусловлено формированием отложений в разных условиях осадконакопления — от

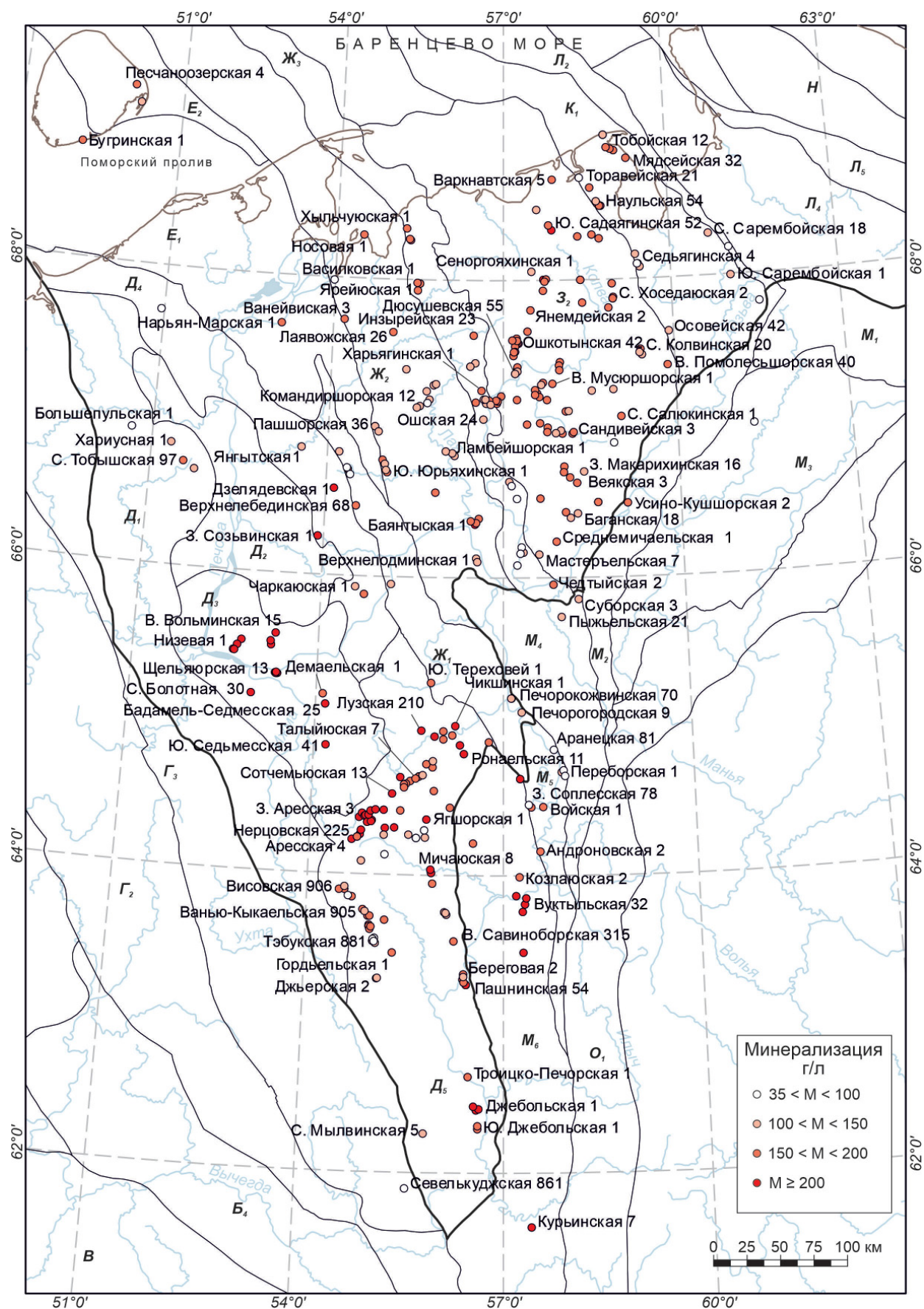


Рис. 4.10. Распределение минерализации рассолов в верхнедевонско-нижнекаменноугольном водоносном комплексе. Градация величины минерализации дана условными значками по опробованным скважинам. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 4.1.

прибрежной до умеренно глубоководной зоны шельфа (Природные резервуары 2011) и влиянием постседиментационных процессов (кальцитизации, сульфатизации, доломитизации, перекристаллизации, выщелачивания и др.). Лучшими коллекторами порово-кавернового типа являются известняки и доломиты, слагающие рифовые массивы и биогермы в Хорейверской впадине, Омра-Лыжской седловине с коэффициентом пористости до 17—30 %. В глубоководных глинисто-карбонатных и карбонатно-глинистых породах пористость не превышает 3—10 %. Воды комплекса по типу циркуляции преимущественно трещинные, трещинно-карстовые, пластово-трещинные.

Верхнедевонско-нижнекаменноугольный ВК характеризуется развитием вод от пресных и маломинерализованных (до 20 г/л) до рассолов хлоридного натриевого (натриево-кальциевого) состава с минерализацией до 263 г/л (рис. 4.11). Первые тяготеют к местам выхода карбонатных толщ на дневную поверхность или под четвертичный покров. Максимальные величины минерализации рассолов приурочены к Верхнепечорской впадине и примыкающей к ней Ижма-Печорской синеклизе, где водовмещающими являются известняки и песчаники в толще мергелей, аргиллитов, битуминозно-известковистых сланцев. Рассолы Cl Ca типа по Сулину (коэффициент $(rCl - rNa)/rMg$ 1.48—33.63) изучены в диапазоне глубин от 500 до 5450 м, их температура достигает 97 °С. Для комплекса в целом характерно повышение общей минерализации с глубиной, что отчетливо прослеживается в Ижма-Печорской синеклизе, Печоро-Кожвинском и Колвинском мегавалах, Варандей-Адзвинской структурно-тектонической зоне (рис. 4.11).

Воды комплекса имеют различный генетический облик, сильно преобразованы. Это отражают коэффициент метаморфизации (0.44—0.99) и хлорбромное соотношение Cl/Br от 119 до 2504 (рис. 4.12), варьирующие в широких пределах. Но медианные значения этих гидрохимических показателей (0.76 и 270 соответственно) указывают на преимущественно морской генезис седиментационных вод. Исключительное положение занимают рассолы Верхнепечорской впадины и южной части Среднепечорского поперечного поднятия, залегающие на больших глубинах. Они имеют повышенные значения коэффициентов rNa/rCl (0.75—0.99) и Cl/Br (322—2504) при солёности 172—263 г/л, формирование, их вероятно, смешанное. Основными влияющими на формирование вод комплекса факторами являются миграция крепких рассолов из вышележащих соленосных толщ по зонам тектонических нарушений, высокая катагенетическая преобразованность водовмещающих пород (в том числе и доманикоидных отложений).

Водорастворенный газ рассолов D_3-C_1 ВК метанового или азотно-метанового состава (N_2 1—75 %, CH_4 9—86 %, TU до 24 %, CO_2 до 17 %) при газонасыщенности вод 0.0—1.6 nm^3/m^3 . В отдельных скважинах Денисовского прогиба, Косью-Роговской впадины установлены высокие содержания сероводорода до 2317.4 мг/л.

Среднедевонско-нижнефранский (D_2-D_{3f1}) терригенный водоносный комплекс объединяет в своем составе отложения эйфельского и живетского ярусов среднего девона, яранского-джьерского горизонтов франского яруса верхнего девона. Современное площадное развитие отложений комплекса имеет сложную конфигурацию, его стра-

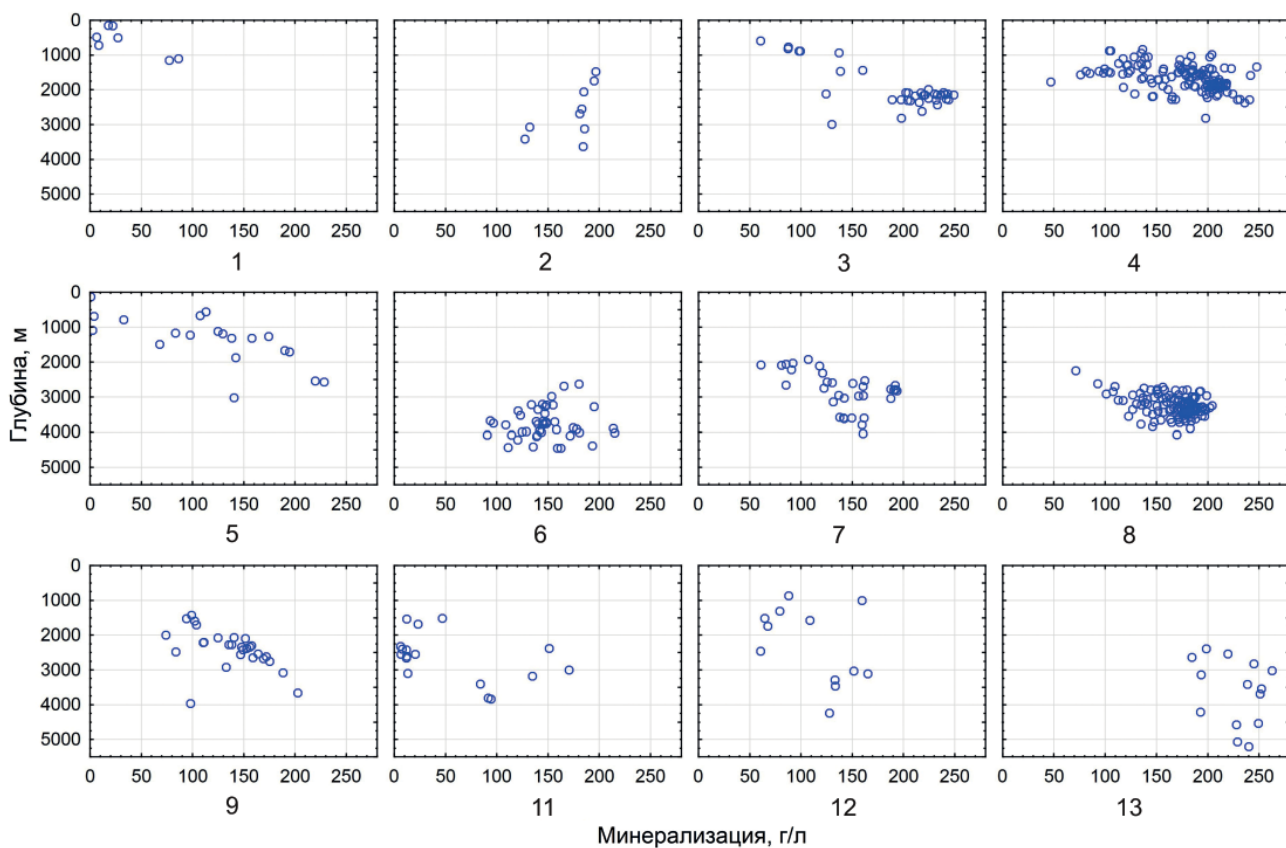


Рис. 4.11. Изменение минерализации подземных вод *верхнедевонско-нижнекаменноугольного* водоносного комплекса в зависимости от глубины опробования по отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

1 — Тиманская гряда; 2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Отра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Хорейверская впадина; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

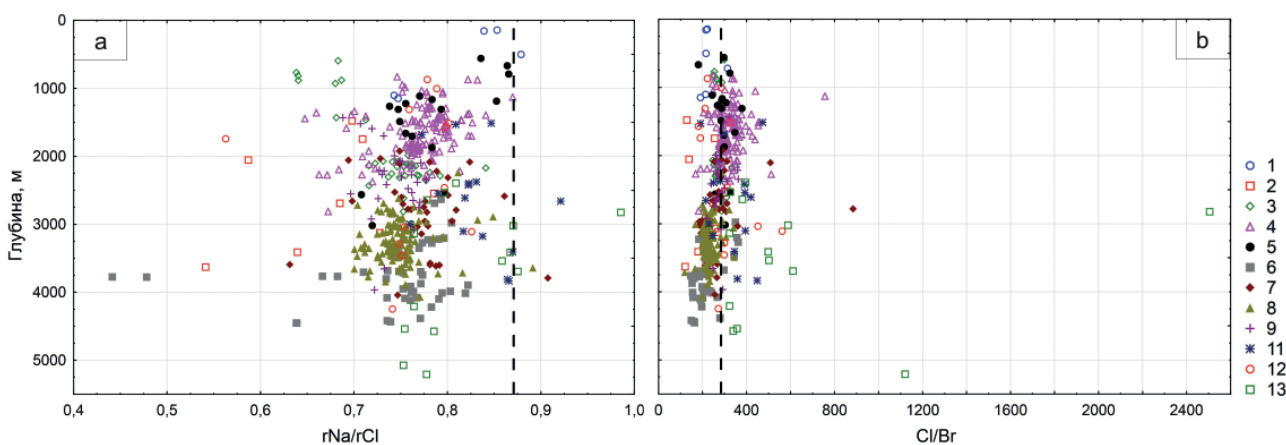


Рис. 4.12. Изменение гидрохимических коэффициентов rNa/rCl (a) и Cl/Br (b) подземных вод *верхнедевонско-нижнекаменноугольного* водоносного комплекса с глубиной опробования по тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают значения для океанических вод: $rNa/rCl=0.87$ и $Cl/Br=293$. Условные обозначения см. рис. 4.11.

тиграфический объем и мощность в значительной мере predeterminedены условиями формирования в узких протяженных зонах (грабенах) и размывом толщ в раннефранское (предтиманское) время (рис. 4.13). Глубина залегания пород комплекса увеличивается в восточном, северо-восточном от Тимана направлении. Наибольшая глубина погружения отмечается на Среднепечорском поперечном поднятии и Большесынинской впадине (9 км), в Косью-Роговской, Верхнепечорской и Коротаихинской впадинах (7—8 км), Денисовском прогибе (5 км). Максимальные мощности комплекса — более 1500 м — установлены в пределах Печоро-Кожвинского грабена (на месте современного одноименного мегавала).

Среднедевонские отложения трансгрессивно, со стратиграфическим несогласием, залегают на додевонских и нижнедевонских образованиях и резко отличаются от них по литолого-фациальному составу. Среднедевонско-нижнефранский комплекс является полифациальным (дельтовые, прибрежно-морские, мелководно-шельфовые условия седиментации), характеризуется развитием песчаных толщ от 20 до 80 % (Природные резервуары 1993; Природные резервуары 2011). В составе также установлены аргиллиты, алевроиты и известняки, туфы, покровы базальтовых лав, интрузивные породы (дайки и силлы габбро-диабазов, долеритов). Песчаники слагают мощные (до 20—30 м) пласты в основании среднего и верхнего девона, резко преобладают в разрезах живетского яруса. Песчаники среднего девона отличаются миномиктовым кварцевым составом.

Для терригенного комплекса характерен поровый, трещинно-поровый тип коллекторов. Наибольшие значения открытой пористости песчаников, превышающие 15 % и достигающие в отдельных случаях 30—35 %, выявлены в пределах Ухта-Ижемского вала и на западе Омра-Лыжской седловины. К востоку и юго-востоку коллекторские свойства пород ухудшаются вследствие менее благоприятных условий седиментации и усиления катагенетической преобразованности, обусловленной большими глубинами залегания пород. Органическое вещество гумусо-сапропелевого и сапропелевого типов в породах терригенного D_2 - D_{3f1} комплекса преобразовано до уровней $МК_1$ — $МК_5$ и даже АК, максимально в пределах Печоро-Кожвинского мегавала и Предуральского краевого прогиба.

В кровле водоносного комплекса залегает региональная толща тиманского и саргаевского горизонтов франского яруса, которая является региональным флюидоупором для данного, а в областях его отсутствия — для более древних ВК. Распространена тиманско-саргаевская карбонатно-глинистая толща практически повсеместно, отсутствует лишь на локальных участках, отвечающих древним палеоподнятиям. Следует отметить, что в северо-западных районах в ее разрезах преобладают песчаники и алевролиты, в южных — отмечается примесь туфогенного материала. Мощность флюидоупорных отложений варьирует от первых десятков и до 800 м (в грабенообразных прогибах на месте современных Печоро-Кожвинского и Колвинского мегавалов, унаследованных от среднедевонского времени).

Воды среднедевонско-нижнефранского ВК хлоридные натриевого или кальциево-натриевого составов с минерализацией до 268.5 г/л. Рассолы ВК опробованы в интервале глубин 558—5446 м, максимальная температура достигает 113.2 °С. Рисунок 4.14, демонстрирующий изменение солесодержания с глубиной опробования по различным структурам ТП СБ, показывает наличие прямой зависимости на Тимане, Омра-Лыжской седловине и Колвинском мегавале. На Тиманском мегавале в зоне активного водообмена распространены воды малой минерализации (от 5 г/л), по мере углубления наблюдаются рассолы до 150 г/л и более, а на сопредельной территории Омра-Лыжской седловины — крепкие рассолы с минерализацией до 252 г/л. Для данного ВК выявлена инверсионная гидрохимическая зональность²¹. В формировании состава вод комплекса проявилось влияние различных факторов: седиментационные морские воды нормальной солености и опресненные воды дельта испытала на части территории ТП СБ разбавление палеометеорными водами, проникшими в толщи ВК во время предтиманского размыва; эпигенетические преобразования состава вод в зоне диа- и катагенеза, «омоложение» водами дегидратационными и др. Значения гидрохимических коэффициентов (rNa/rCl 0.46—0.91, Cl/Br 110—687, $(rCl-rNa)/rMg$ 1.48—21.12) рассолов терригенного комплекса варьируют в пределах, отражают тенденцию изменения состава вод нормально морского или опресненного бассейна на стадии катагенеза с увеличением глубины и температуры, характеризуют как прямую, так и обратную метаморфизацию состава вод (рис. 4.15). Воды, имеющие показатели $Cl/Br > 300$, наблюдаются в Ижма-Печорской синеклизе и Печоро-Кожвинском мегавале, что, возможно, связано с формированием палеовала на месте Печоро-Кожвинского палеограбена. Влияние разбавления на химический состав вод комплекса особо проявилось в пределах Колвинского мегавала, в зоне его сочленения с Большеземельским палеоподнятием (рис. 4.13), что, вероятно, связано с размывом эйфельских и живецких толщ. Степень катагенетических преобразований возрастает с глубиной (рис. 4.15) и наиболее проявляется в рассолах ВК Большесынинской впадины и Среднепечорского поднятия. Состав водорастворенных газов — метановый, азотно-метановый (%) (CH_4 34.5—93.3, TU 0.4—30.5, N_2 1.2—61.4, CO_2 0.1—8.4), содержания сероводорода низки, менее 20 мг/л. Газовый фактор — 0.3—3.3 нм³/м³.

Водоносный комплекс среднеордовикско-нижнедевонских (O_2-D_1) отложений широко распространен в пределах территории Тимано-Печорского осадочного бассейна, занимает до 85 % его площади и 27 % от общего объема осадочного выполнения (Сравнительный анализ 1999). Однако его изученность скважинами по площади крайне неравномерна, что отражено на рис. 4.16, показывающем гидрогеологическое опробование ВК на настоящее время. Породы выходят на поверхность на западном склоне Урала, в пределах гряды Чернышева и на Тимане. В Ижма-Печорской синеклизе отложения залегают на глубинах менее 1 км, во впадинах Предуралья краевого про-

²¹ Митюшева Т. П. Эволюция среднедевонско-нижнефранского водоносного комплекса Печорского артезианского бассейна: автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. СПб., 1997. 23 с. Рукописная.

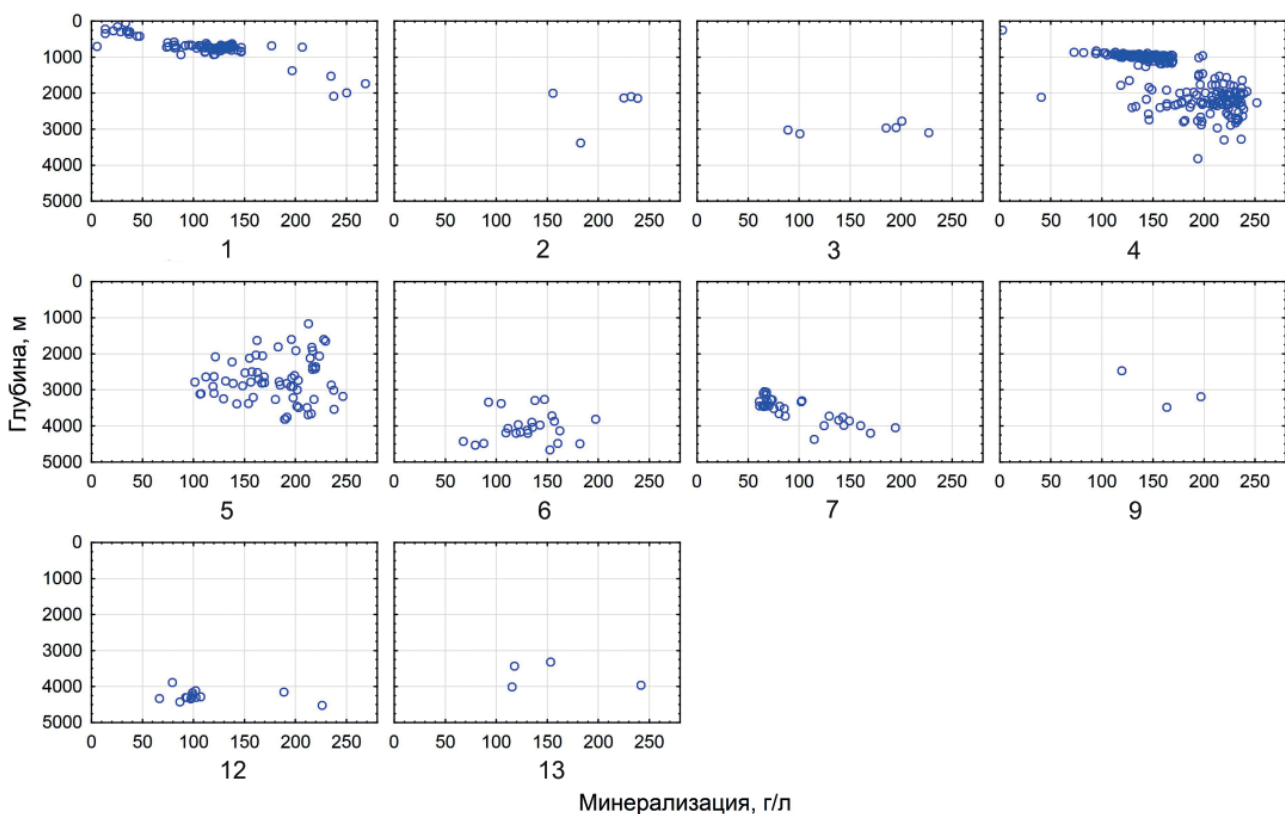


Рис. 4.14. Изменение минерализации подземных вод *среднедевонско-нижнефранского* водоносного комплекса в зависимости от глубины опробования по отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

1 — Тиманская гряда; 2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Омра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

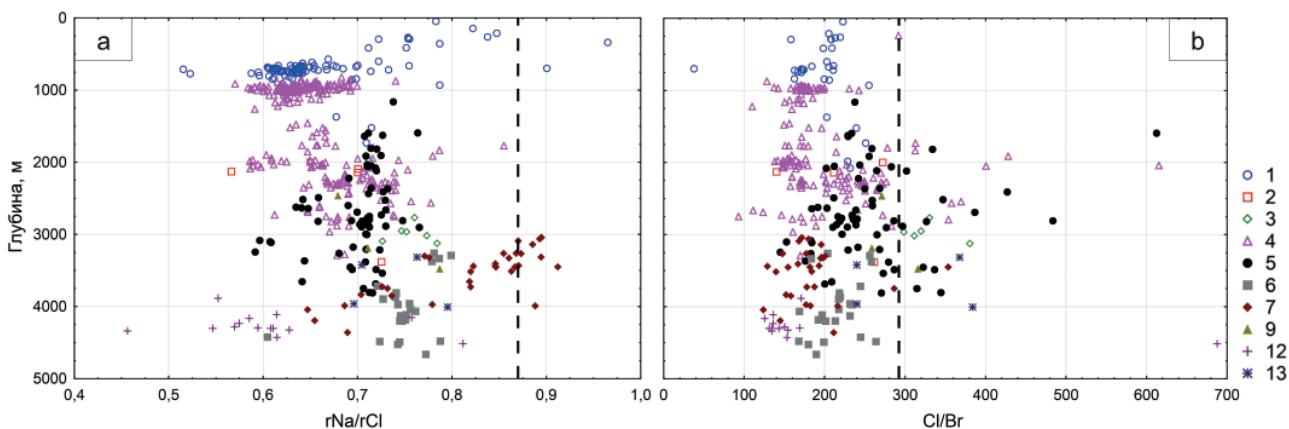


Рис. 4.15. Изменение гидрохимических коэффициентов rNa/rCl (a) и Cl/Br (b) подземных вод *среднедевонско-нижнефранского* водоносного комплекса с глубиной опробования по тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают значения для океанических вод: $rNa/rCl=0.87$ и $Cl/Br=293$. Условные обозначения см. рис. 4.14.

гиба — до 8—10 км. В составе комплекса преобладают карбонатные породы (доломиты, реже известняки), подчиненную роль играют сульфатно-карбонатно-глинистые, галогенно-сульфатно-карбонатные и пестроцветные терригенно-карбонатные отложения (Природные резервуары 2011). Условия седиментации полифациальные: мелководно-шельфовые, прибрежно-морские и рифовые. Общая мощность отложений достигает 1.5—2.5 км в Варандей-Адзвинской зоне и на востоке Печоро-Колвинского авлакогена, максимальна на Урале — до 4 км. Сокращенные мощности пород (до полного их размыва) наблюдаются в областях, испытывавших устойчивые положительные движения — Ижма-Печорское, Большеземельское, Лайско-Лодминское и другие палеоподнятия (Тимано-Печорский седиментационный 2000). На сводовых и склоновых участках этих крупных палеоподнятий породы нижнего девона, силура, ордовика (и фундамента) подвергались эрозионным процессам, интенсивному выщелачиванию, что привело к частичному опреснению и замещению седиментационных морских вод палеометеогенными. Для пород комплекса характерна эпигенетическая доломитизация, которая сформировала вторичную пористость и способствовала улучшению коллекторских свойств. Тип коллекторов каверново-поровый, поровый, трещинно-поровый, открытая пористость изменяется от 1—7 до 22—24 %. Степень преобразованности органического вещества (сапропелевый и смешанный гумусово-сапропелевый типы) отложений комплекса, по данным С. А. Данилевского и др. (2003), соответствует этапам в диапазоне от МК₂ до АК₁.

Флюидоупорами в северной части Тимано-Печорского бассейна для среднеордовикско-нижнедевонского ВК служат тиманско-саргаевские карбонатно-терригенные отложения верхнего девона при отсутствии среднедевонско-нижнефранского комплекса, в Косью-Роговской и Верхнепечорской впадинах верхнеордовикская (малотавротинская) соленосно-сульфатная толща и сульфатно-карбонатно-глинистая толща на юге Хорейверской впадины (мощностью до 100—500 м), а также ряд локальных покровов.

Рассолы среднеордовикско-нижнедевонского ВК Тимано-Печорского бассейна опробованы в интервале глубин 900—6918 м (рис. 4.17). По химическому составу они относятся к хлоридным натриевым или кальциево-натриевым с минерализацией до 238 г/л, за исключением рассолов Косью-Роговской впадины. Крепкие рассолы (300—349 г/л) Cl Ca типа по Сулину Кочмесской площади, опробованные в интервале глубин 3812—6115 м, занимают особое положение. Эти рассолы сильно метаморфизованы (rNa/rCl 0.55—0.65, Cl/Br 189—344, $(rCl-rNa)/rMg$ 10.94—17.59) и могут быть связаны с сингенетичными соленосными толщами верхнего ордовика или частично изменены за счет меж- и внутрипластовых миграций разновозрастных рассолов по разломным зонам при складкообразовании структур Предуральского прогиба. Скважиной Колвинская СГ (сверхглубокая) опробованы Cl-Na рассолы с минерализацией 219 г/л в толще ангидритов, доломитов и известняков нижнего силура в интервале глубин 6911—6918 м (Геологическое строение 2000). Это наибольшая глубина гидрогеологических исследований в ТП СБ. В скважине 2-Воргамусьюшорская в соленосной толще малотавро-

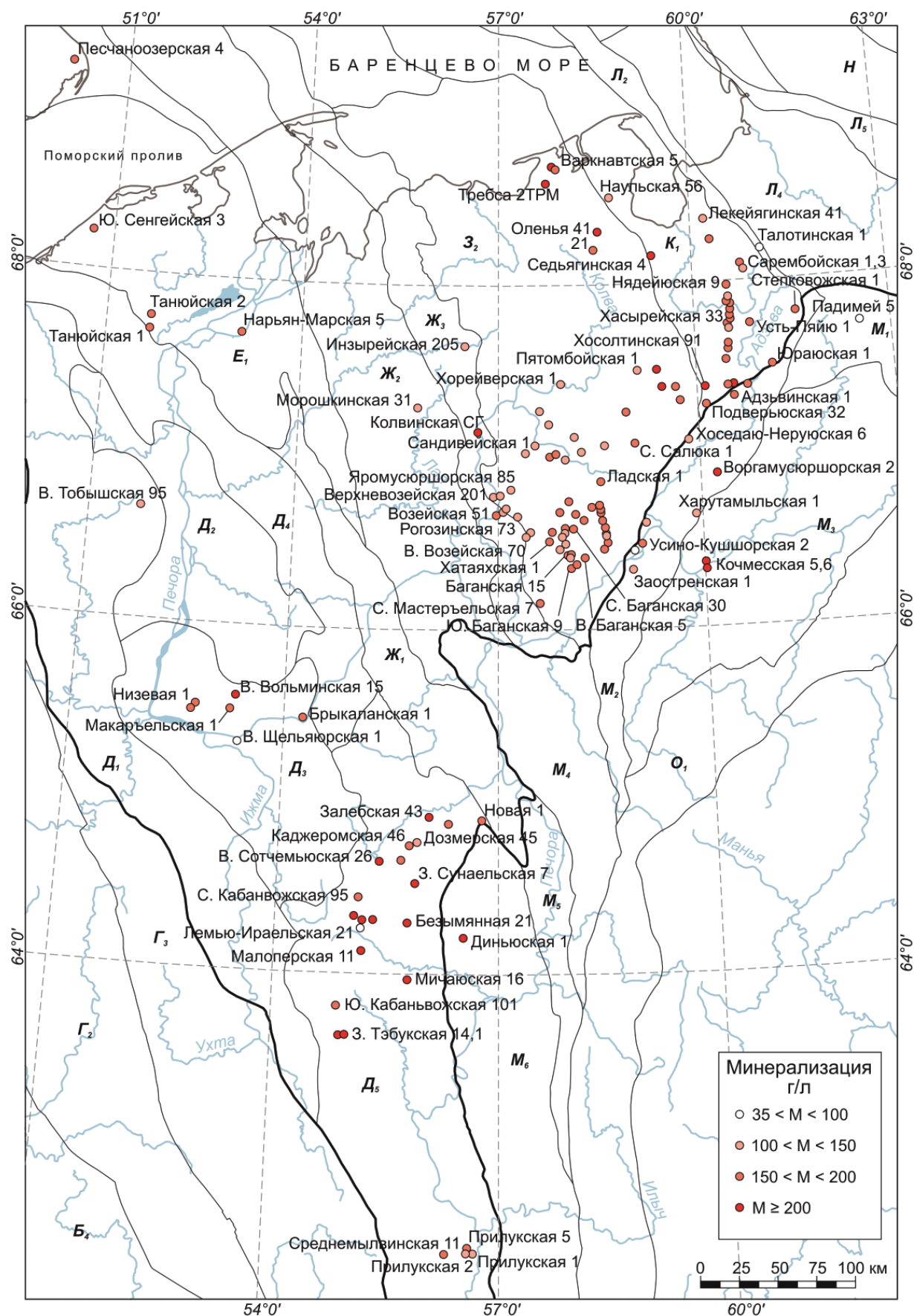


Рис. 4.16. Распределение минерализации рассолов в среднеордовикско-нижнедевонском водоносном комплексе. Градация величины минерализации дана условными знаками по опробованным скважинам. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 4.1.

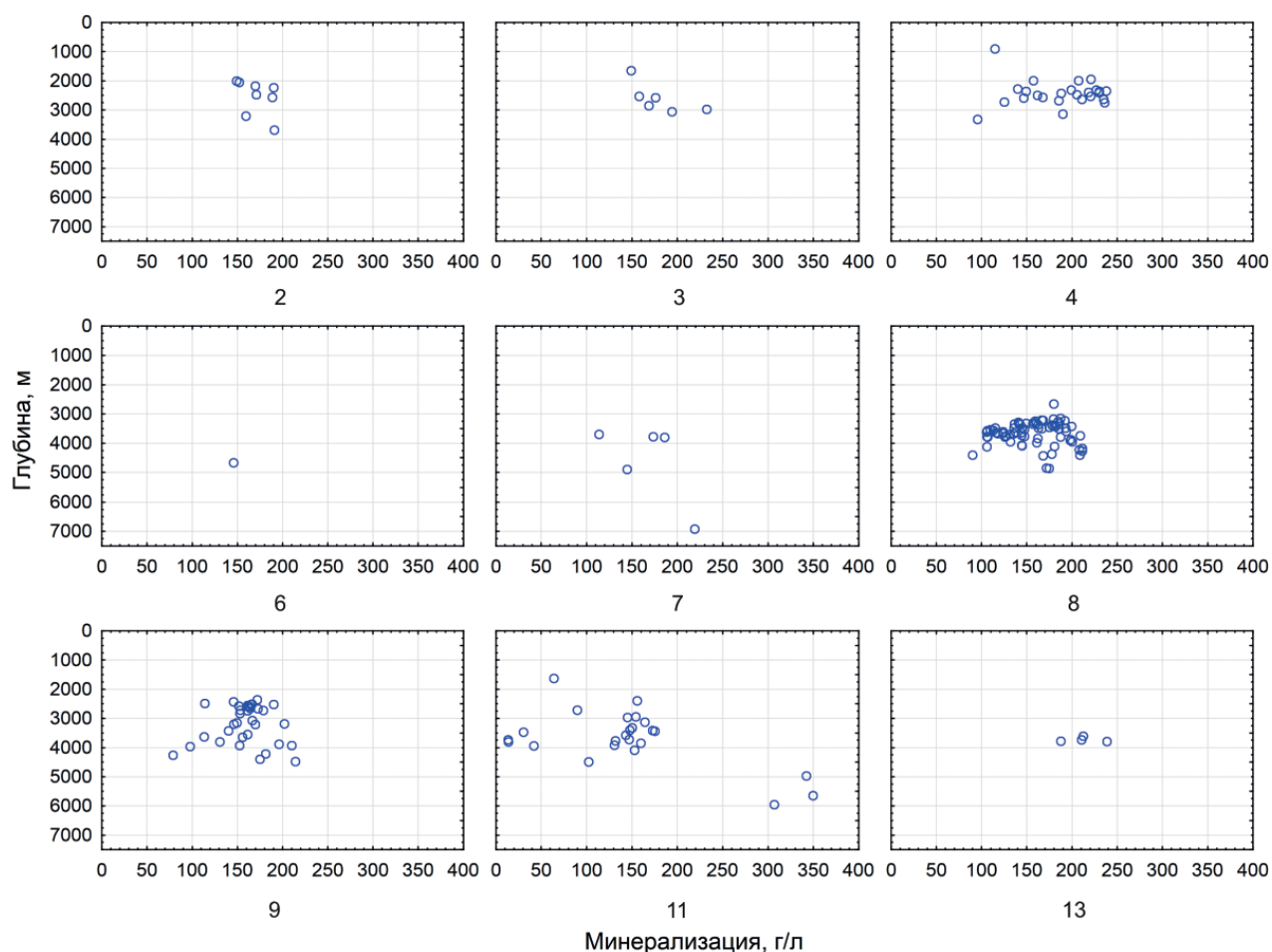


Рис. 4.17. Изменение минерализации подземных вод *среднеордовикско-нижнедевонского* водоносного комплекса в зависимости от глубины опробования по отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Овра-Лыжская седловина; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Колвинский мегавал; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 13 — Верхнепечорская впадина.

тинского горизонта верхнего ордовика в интервале глубин 2075—2115 м опробованы насыщенные рассолы с содержанием солей 361 г/л. Этот анализ рассолов вызывает сомнения, поэтому не включен в данную работу, но о нем нельзя не упомянуть.

На фоне описанных значительно отличаются подземные воды Cl-Na состава ордовикско-нижнедевонского водоносного комплекса северо-восточной части изучаемой территории — Варандей-Адзвинской зоны, Воркутского поднятия, гряды Чернышева, Коротаихинской и части Косью-Роговской впадин, Восточно-Лемвинской складчато-покровной зоны Западного Урала.

Рассолы этих районов характеризуются большим диапазоном минерализации от 41.7 до 214.1 г/л (рис. 4.16, 4.17), показателей rNa/rCl 0.49—0.98, Cl/Br 166—5071 (рис. 4.18). Смешанные рассолы этих территорий сформированы при проникновении в отложения ВК в различные временные периоды палеометеорных вод или рассолов выщелачивания.

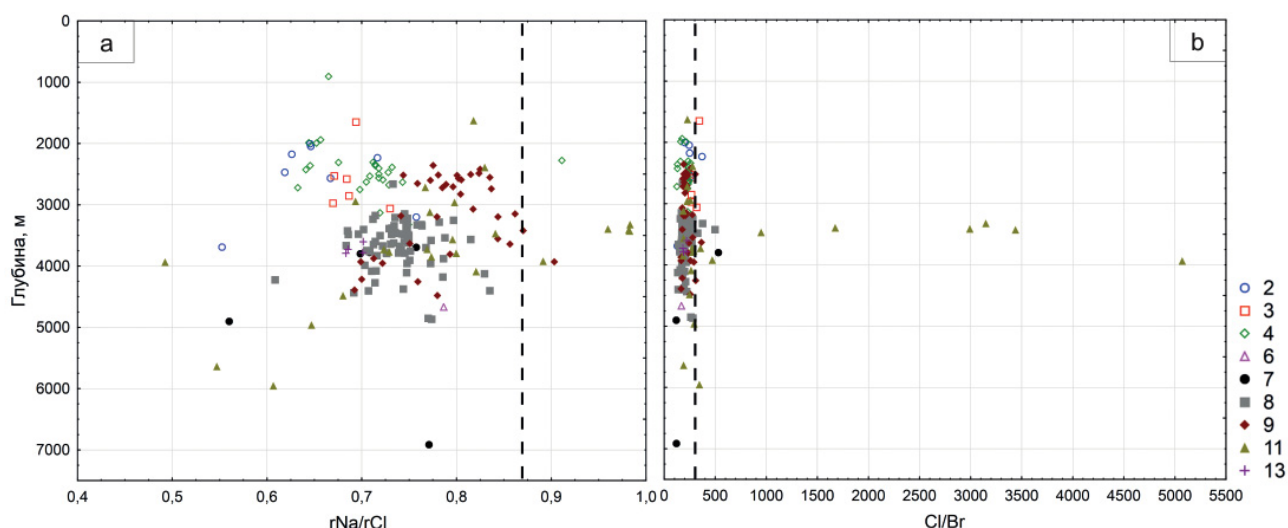


Рис. 4.18. Изменение гидрохимических коэффициентов rNa/rCl (a) и Cl/Br (b) подземных вод среднеордовикско-нижнедевонского водоносного комплекса с глубиной опробования по отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают значения для океанических вод: $rNa/rCl=0.87$ и $Cl/Br=293$. Условные обозначения см. рис. 4.17.

Такой состав связан с частичной гидрогеологической раскрытостью недр в результате палеогипергенеза в зонах палеосводов или тектонических нарушений.

На данной стадии изучения гидрохимии ВК среднеордовикско-нижнедевонских отложений рассолы Ижма-Печорской синеклизы (глубины опробования 1.6–3.3 км) имеют максимальную величину минерализации — до 237 г/л. Для этих подземных вод значения гидрохимических коэффициентов составляют: Cl/Br 124–343, rNa/rCl 0.63–0.91 (рис. 4.18), что соответствует сильно метаморфизованным рассолам, формирование которых связано с нормально морскими (или незначительно опресненными) бассейнами седиментации. Рассолы с минерализацией 90–211 г/л в северной части ТП СБ Хорейверской впадины и прилегающей к ней Варандей-Адзвинской зоны залегают на больших глубинах 3.0–4.9 км. Диапазоны значений Cl/Br 131–375 и rNa/rCl 0.61–0.83, в целом, близки к величинам для Ижма-Печорской синеклизы, и здесь генезис подземных вод соответствует морской обстановке или частично испытывавшей влияние палеоинфильтрационных вод, но степень катагенетических преобразований пород и рассолов более высокая.

Состав водорастворенных газов вод комплекса метановый, азотно-метановый или метаново-азотный (CH_4 12.3–84.1 %, TU 2.5–4.2 %, N_2 3.6–83.5 %, CO_2 до 19.3 %). Водорастворенный газ Кочмесской площади Косью-Роговской впадины содержит сероводород до 2465 мг/л, газовый состав — метаново-сероводородный (сероводородно-метановый).

5. Промышленные рассолы Тимано-Печорского седиментационного бассейна

Подземные рассолы Тимано-Печорского седиментационного бассейна, приуроченные к различным по литологическому составу отложениям от ордовикского до триасового возрастов, содержат промышленные концентрации брома, йода, бора, стронция, лития и рубидия.

В данной главе на основании анализа фактических гидрохимических данных представлено региональное распространение различных типов промышленных рассолов по разрезу осадочного чехла — по основным водоносным комплексам и площади ТП СБ — при помощи построения специализированных карт распространения промышленных подземных вод и статистического анализа данных опробования рассолов скважинами.

5.1. Промышленные рассолы водоносного комплекса нижнепермско-триасовых терригенных отложений

Рассолы данного водоносного комплекса имеют хлоридный натриевый (натриево-кальциевый) химический состав с минерализацией до 130 г/л. Концентрации ценных компонентов (I, Br, B, Li, Sr), достигающие значений, позволяющих отнести их к различным типам промышленных вод (рис. 5.1—5.3), выявлены в небольшом количестве скважин.

В рассолах бром присутствует в невысоких концентрациях — от 11.7 до 362.0 мг/л (медианное значение — 121.4 мг/л, табл. 5.1). Бромные промышленные воды, при содержаниях $\text{Br} \geq 250$ г/л, выявлены в скважинах 53-Печорогородская и 58-Печорокожвинская, 3-Кумжинская и 38-Песчаноозерская (рис. 5.1). Представление о распределении

Таблица 5.1. Концентрации компонентов рассолов нижнепермско-триасового водоносного комплекса

Параметры	Число наблюдений	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Интервал опробования, м	322	1514.25	335.90	2858.00	1110.00	1765.00
Минерализация, г/л	322	59.41	35.57	129.81	49.67	70.20
I, мг/л	295	8.46	1.06	82.00	5.92	11.21
Br	312	121.37	11.72	362.00	97.60	148.09
B	115	12.00	0.26	111.14	3.03	23.00
Li	67	1.88	0.06	23.00	0.86	6.35
Sr	70	244.50	42.00	600.00	191.30	294.80
Rb	5	0.10	0.06	0.75	0.10	0.18
Cs	0	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.
Na, г/л	322	15.83	8.60	39.90	13.33	18.44
K	154	0.09	0.01	2.17	0.06	0.13
Mg	321	0.97	0.03	4.44	0.61	1.29
Ca	322	5.35	1.70	11.44	3.82	7.15

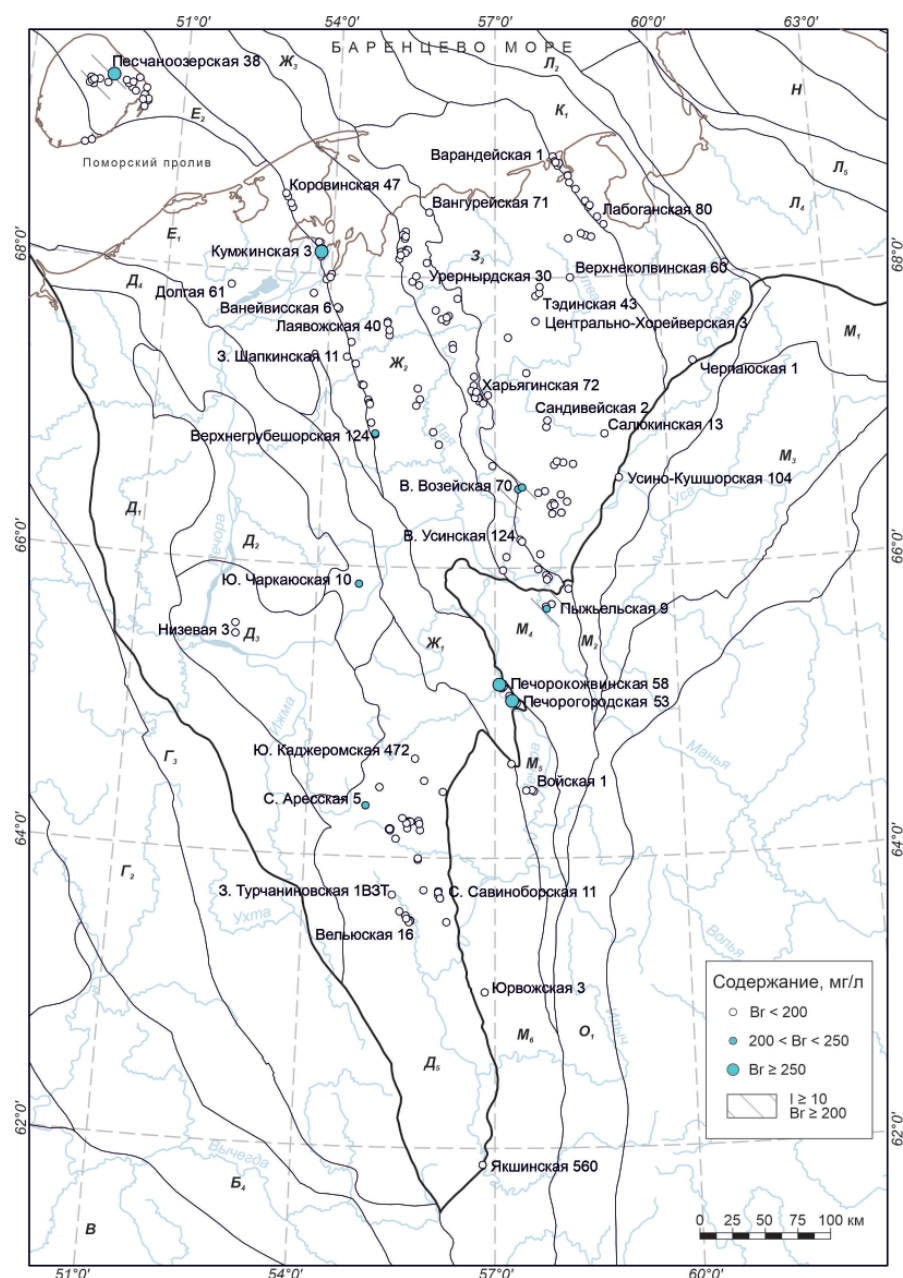


Рис. 5.1. Распределение концентраций брома в рассолах нижнепермско-триасового водоносного комплекса. Градация содержаний брома дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделена площадь распространения йодо-бромных промышленных вод, удовлетворяющих условию при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$, $Br \geq 200$.

Элементы тектонического районирования по (Новые представления 2011): А — Московская синеклиза; Б — Мезенская синеклиза; В — Волго-Уральская антеклиза; Тимано-Печорская плита: Г — Тиманская гряда; Д — Ижма-Печорская синеклиза (D_1 — Нерицкая ступень, D_2 — Ерсинская впадина, D_3 — Ижемская ступень, D_4 — Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы, D_5 — Омра-Лыжская седловина); Е — Малоземельско-Колгуевская моноклинал (Е₁ — Нарьян-Марская моноклинал, Е₂ — Восточно-Колгуевская структурная область); Ж — Печоро-Колвинский авлакоген (Ж₁ — Печоро-Кожвинский мегавал, Ж₂ — Денисовский прогиб, Ж₃ — Колвинский мегавал); З — Хорейверско-Печороморская синеклиза (Z_2 — Хорейверская впадина); К₁ — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; краевые мегапрогибы Тимано-Печорской плиты: Л — Пайхойско-Приюжноновоземельский мегапрогиб; М — Предуральский краевой предгорный прогиб (M_1 — Воркутское поперечное поднятие, M_2 — гряда Чернышева, M_3 — Косью-Роговская впадина, M_4 — Большесынинская впадина, M_5 — Среднепечорское поперечное поднятие, M_6 — Верхнепечорская впадина); Н — Пайхойско-Новоземельская складчатая система; О — Уральская складчатая система (O_1 — Западно-Уральская мегазона линейных складчато-надвиговых дислокаций).

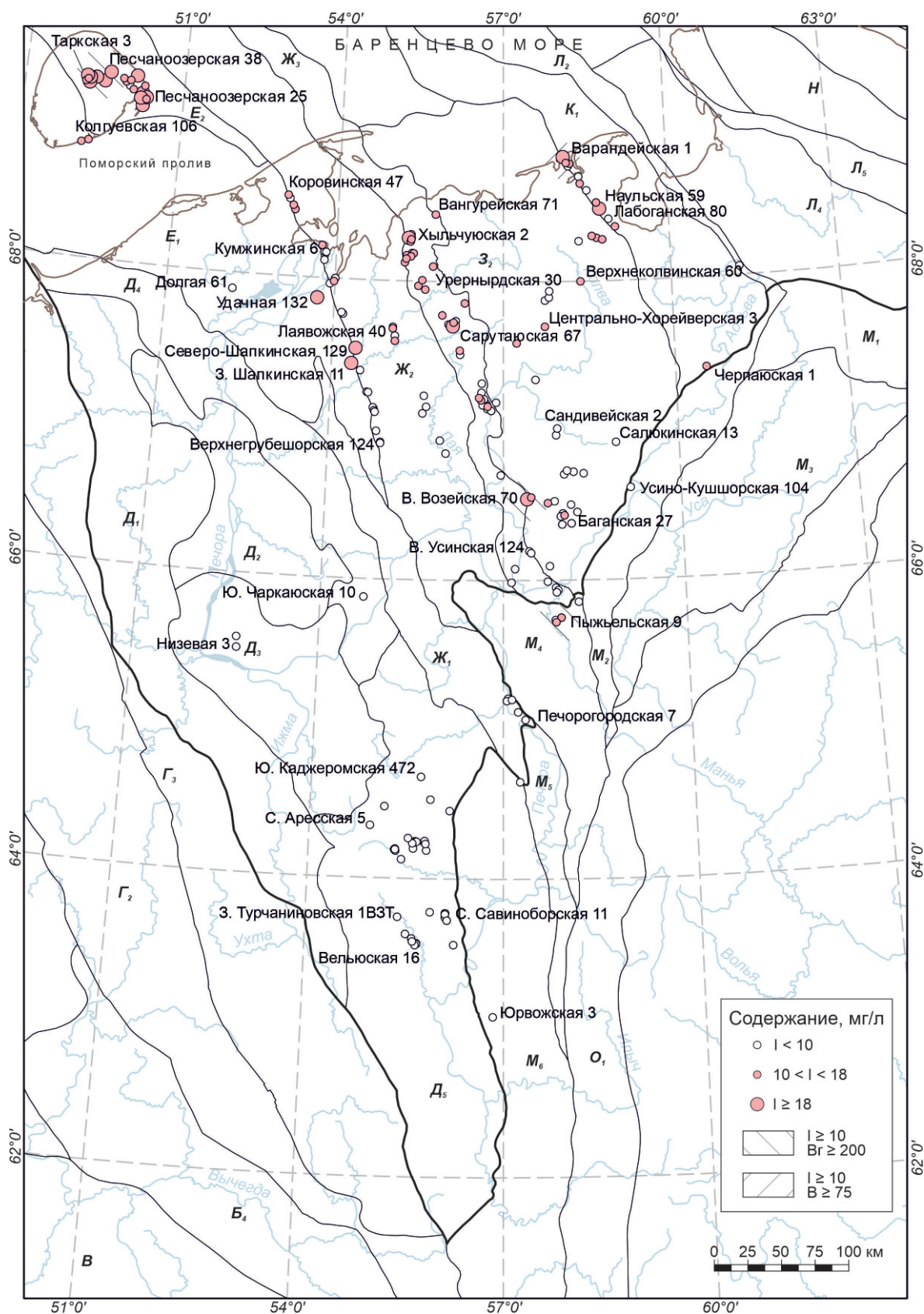


Рис. 5.2. Распределение концентраций йода в рассолах нижнепермско-триасового водоносного комплекса. Градация содержаний йода дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$; $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

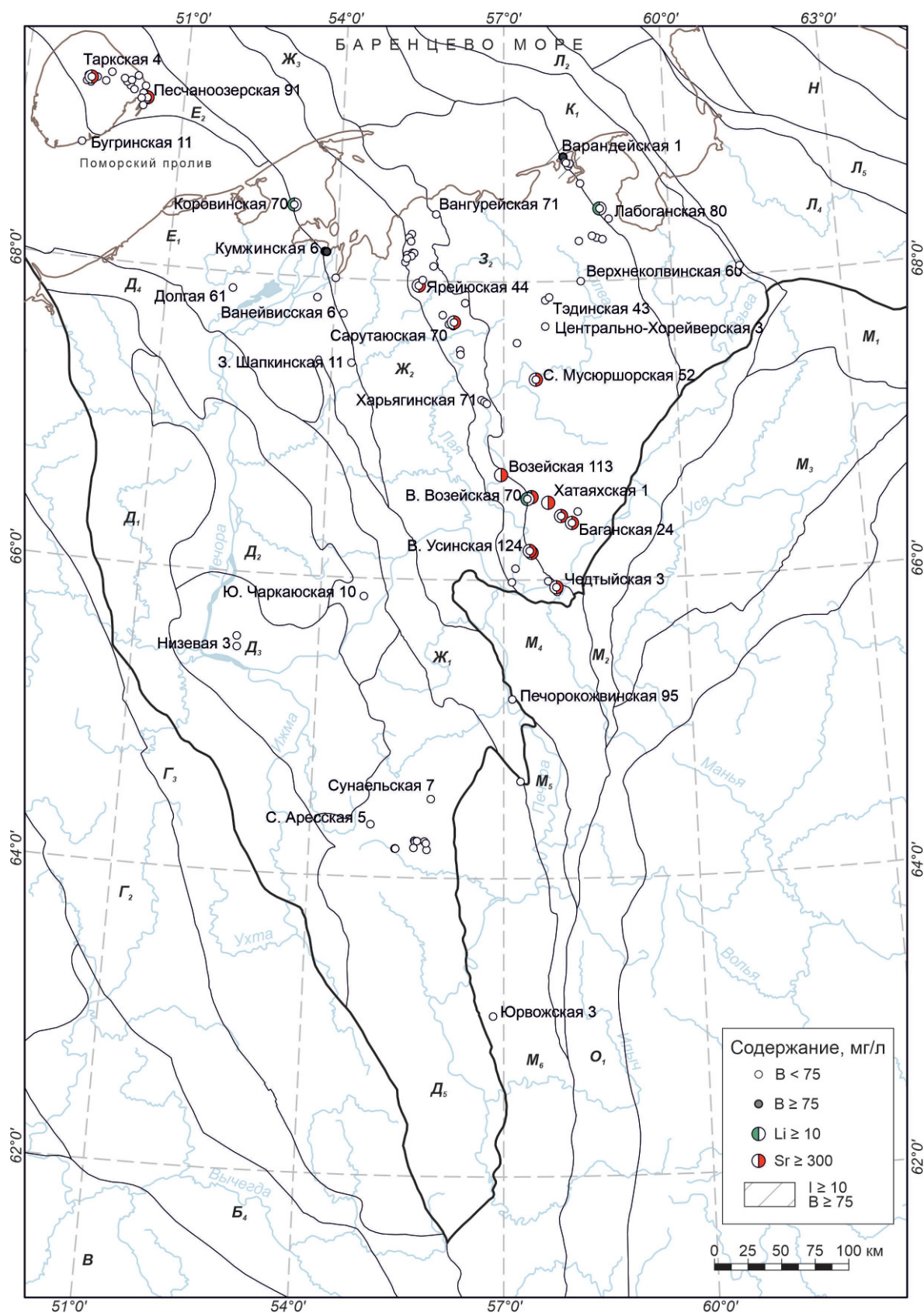


Рис. 5.3. Распределение концентраций бора, лития и стронция в рассолах *нижнепермско-триасового* водоносного комплекса. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодоборных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$; $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

брома по тектоническим структурам ТП СБ дополняет рис. 5.4, показывающий зависимость от глубины залегания отложений комплекса.

Пластовые воды терригенного нижнепермско-триасового ВК северной части ТП СБ характеризуются повышенными (до 82 мг/л) концентрациями йода (рис. 5.2, табл. 5.1), что обусловлено высоким содержанием органического вещества с низкой степенью преобразования (стадия катагенеза не выше МК₂) при глубине залегания водовмещающих пород в пределах 950—2850 м (рис. 5.5). *Йодные промышленные воды* ($I \geq 18$ мг/л) вскрыты скважинами в пределах Малоземельско-Колгуевской моноклинали, Денисовской впадины, Колвинского мегавала, Хорейверской впадины и Варандей-Адзъвинской структурно-тектонической зоны. Подземные воды в отложениях комплекса на Песчаноозерской и Таркской площадях на о. Колгуев, отдельных скважин Колвинского мегавала (48-Ярейюская, 70-В. Возейская) и Большесынинской впадины (9-Пыжьельская) содержат повышенные значения йода и брома (табл. 5.2), позволяющие эти рассолы отнести к *типу йодо-бромных промышленных*.

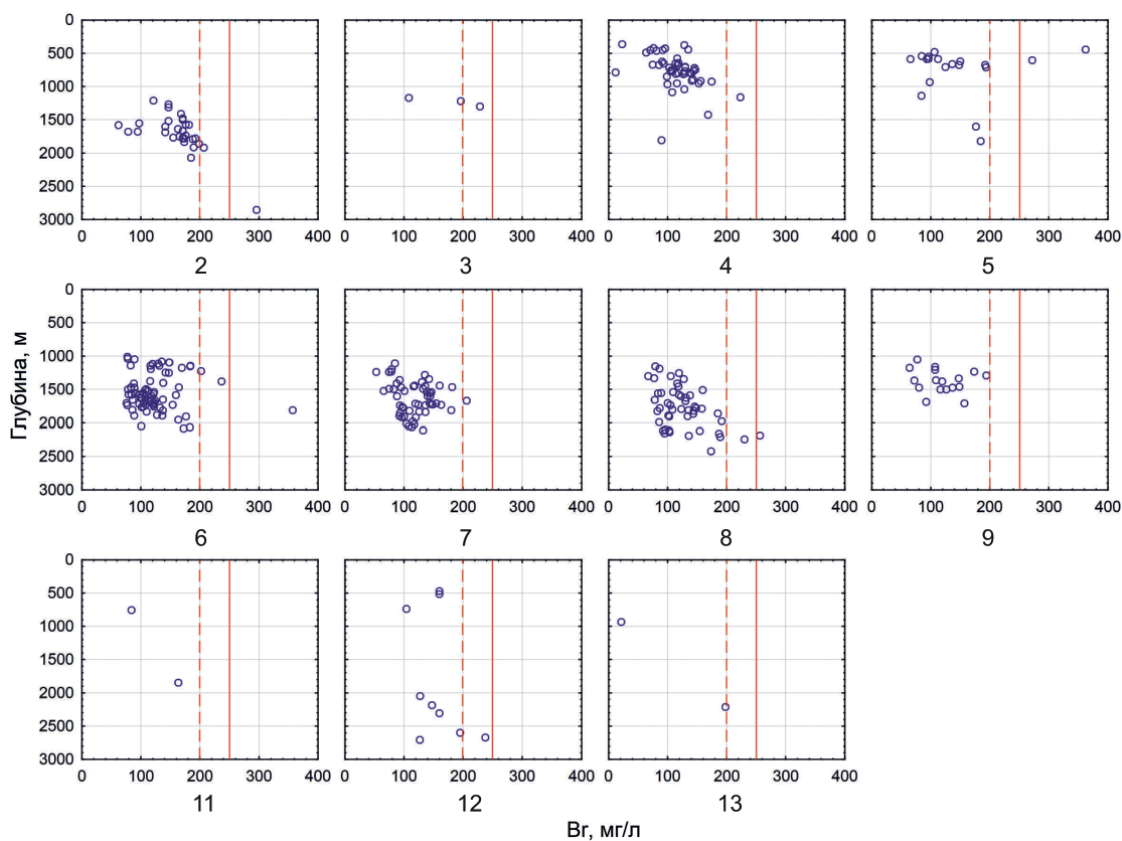


Рис. 5.4. Изменение концентраций брома в рассолах *нижнепермско-триасового* водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

2 — Малоземельско-Колгуевская моноклиналь; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Омра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Хорейверская впадина; 9 — Варандей-Адзъвинская структурно-тектоническая зона; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации брома — 250 мг/л и при совместном с другими элементами извлечения — 200 мг/л.

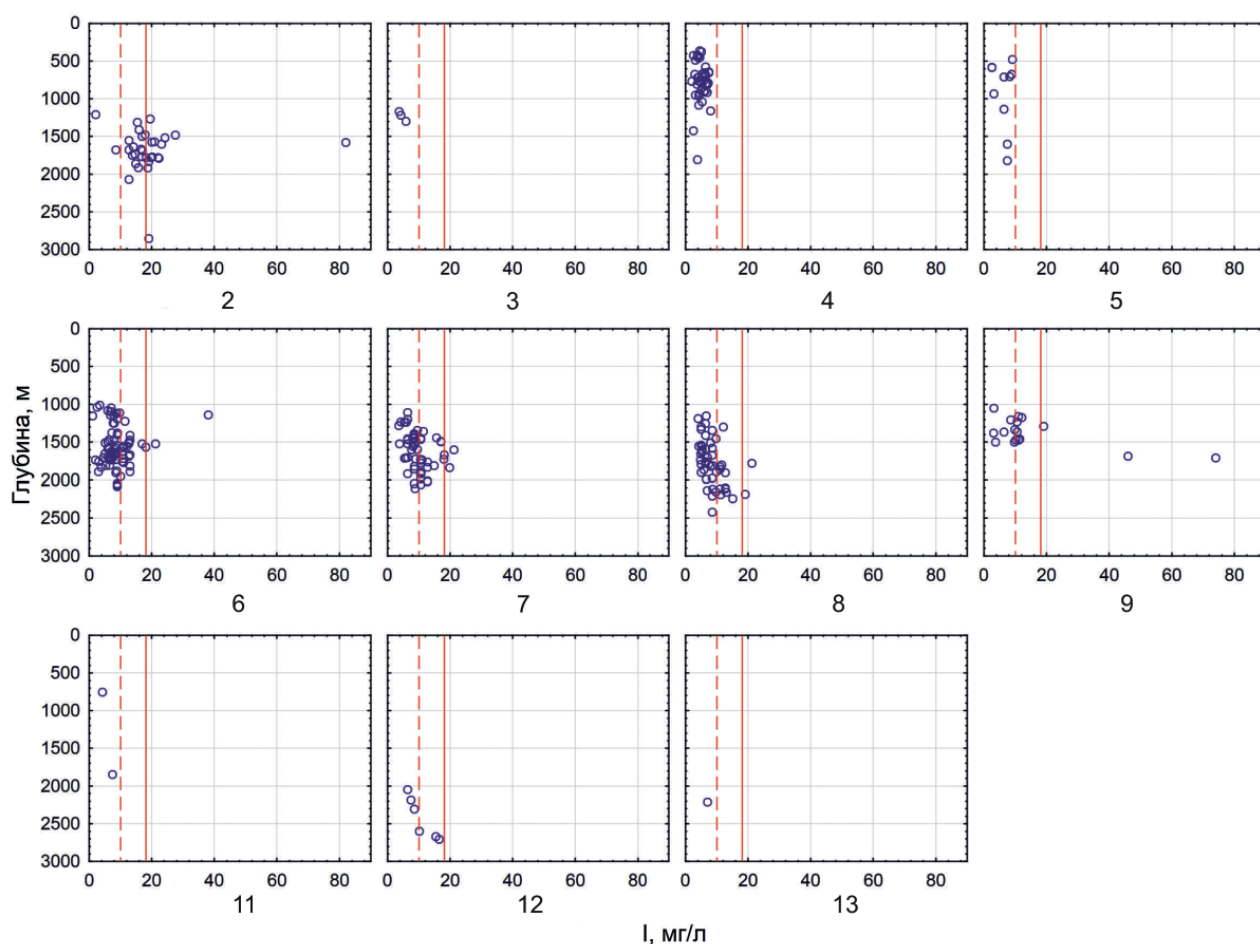


Рис. 5.5. Распределение содержаний йода в подземных рассолах *нижнепермско-триасового* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации йода — 18 мг/л и при совместном с другими элементами извлечении — 10 мг/л. Наименования структур см. рис. 5.4.

Концентрации бора, лития, стронция и рубидия в рассолах *нижнепермско-триасового* ВК определены в малом количестве скважин (табл. 5.1, рис. 5.3, 5.6, 5.7). В скважинах Кумжинской и Варандейской площадей выявлены повышенные величины бора — 51.3—111.1 и 53.8—89.2 мг/л соответственно (табл. 5.2), но не достигающие кондиционных норм — более 250 мг/л. Лишь рассолы скважины 1–Варандейская (инт. 1701—1712 м) можно считать *йодо-борными промышленными*.

Поскольку определения редких металлов в подземных водах региона стали проводиться только с 70-х гг. XX в., имеется небольшое количество определений лития — в 20 % исследованных рассолов. Распределение Li в зависимости от глубины залегания ВК по структурам ТП СБ представлено на рис. 5.7 а. Литий свыше 10 мг/л (кондиционного содержания) присутствует в йодных водах В. Возейской площади (15.0 мг/л), скважин 72-Харьгагинская (12 мг/л), 59-Наульская (23 мг/л), 70-Коровинская (13 мг/л). В рассолах ВК ряда площадей определены промышленные концентрации стронция, превышающие 300 мг/л (рис. 5.3, 5.7 б): в пределах Колвинского мегавала до 444 мг/л (в отдельных скважинах В. Усинской, Чедтыйской и Сарутаюской площадей), Хорейверской

Таблица 5.2. Подземные воды нижнепермско-триасового водоносного комплекса, удовлетворяющие кондиционным требованиям к йодным, йодо-борным и йодо-бромным промышленным водам

Площадь (скважина, ее номер)	Интервал опробования (от–до), м	Минерали- зация, г/л	Содержание, мг/л						
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*
Малоземельско-Колтуевская моноклиналь									
Колтуевская	1550–2001	56.91–79.42	141.19–192.00	19.00–23.10	2.94–36.00	0.48–2.30	231.5–291.00	25.0–65.20	235.7–729.00
Песчаноозерская	1478–2858	68.66–107.09	146.50–295.70	19.03–27.50	15.00–53.33	1.78–7.65	264.00–331.00	55.60–390.00	260.90–1414.26
Таркская	1762–1930	66.77–78.57	170.6–206.5	18.19–20.13	13.10–26.48	0.8–2.70	243.5–306.00	32.06–52.20	121.50–486.00
Бутринская, 11	1253–1274	59.31	146.50	19.46	18.39	1.40	258.30	30.50	607.50
Удачная, 132	1318–1832	38.88	62.00	82.00	19.05	н. с.	н. с.	н. с.	632.70
3. Шапкинская, 11	1491–1551	66.29	111.89	21.15	12.44	н. с.	н. с.	87.50	824.18
Денисовский прогиб									
Кумжинская	1249–2048	37.91–59.39	75.38–357.02	3.00–12.69	85.5–111.14	н. с.	н. с.	н. с.	802.56
С. Шапкинская, 129	952.5–1137	13.93–38.59	31.97–82.58	25.38–38.07	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.
Колвинский мегавал									
Ярейюская, 48	1660–1667.8	49.18	205.90	18.06	н. с.	н. с.	н. с.	80.00	1155.20
Сарутаюская, 67	1601–1605	44.90	87.94	21.15	11.83	н. с.	н. с.	50	235.76
Хыльчюуская, 2	1824–1844	59.65	136.00	19.80	27.21	н. с.	н. с.	н. с.	1096.00
Хорейверская впадина									
В. Возейская, 70	2166–2194	119.58	256.00	19.00	50.00	15.00	49.00	500.00	2766.00
В. Хорейверская, 20	1750–1808	41.41	86.60	21.20	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	336.90
Варандей-Адзвйнская структурно-тектоническая зона									
Варандейская	1670–1712	42.83–68.17	79.00–157.00	46.00–74.00	53.75–89.18	н. с.	н. с.	н. с.	482.10–1952.40
Наульская, 59	1284–1288	83.19	194.00	19.00	30.00	23.00	250.00	179.00	2309.00
Большесынинская впадина									
Пыжьельская, 9	2667–2672	116.13	237.64	15.44	н. с.	н. с.	н. с.	350.00	4438.40

Примечание. * Минимальные промышленные концентрации магния и калия приведены по (Методические рекомендации 2013).
Здесь и далее в таблицах жирным шрифтом выделены значения, превышающие промышленные концентрации элементов.

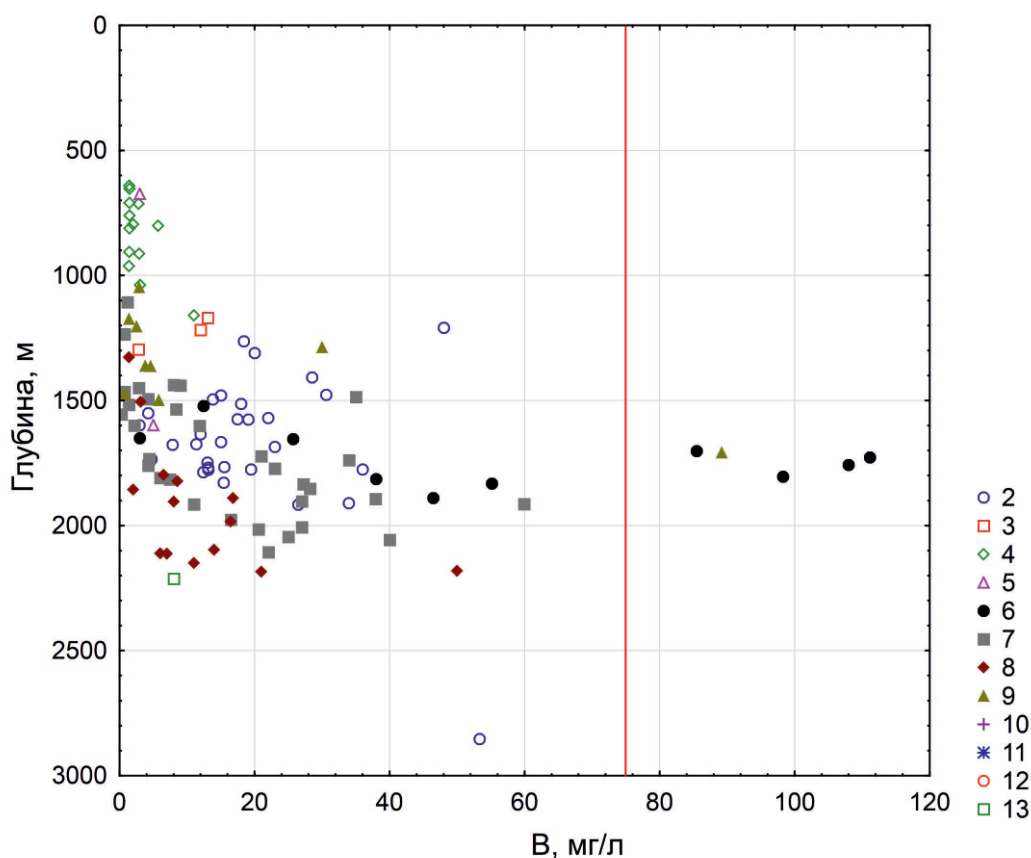


Рис. 5.6. Распределение содержаний бора в подземных рассолах *нижнепермско-триасового* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линия на графике показывает минимальные промышленные концентрации бора — 75 мг/л (при совместном с другими элементами извлечении). Наименования структур см. рис. 5.4.

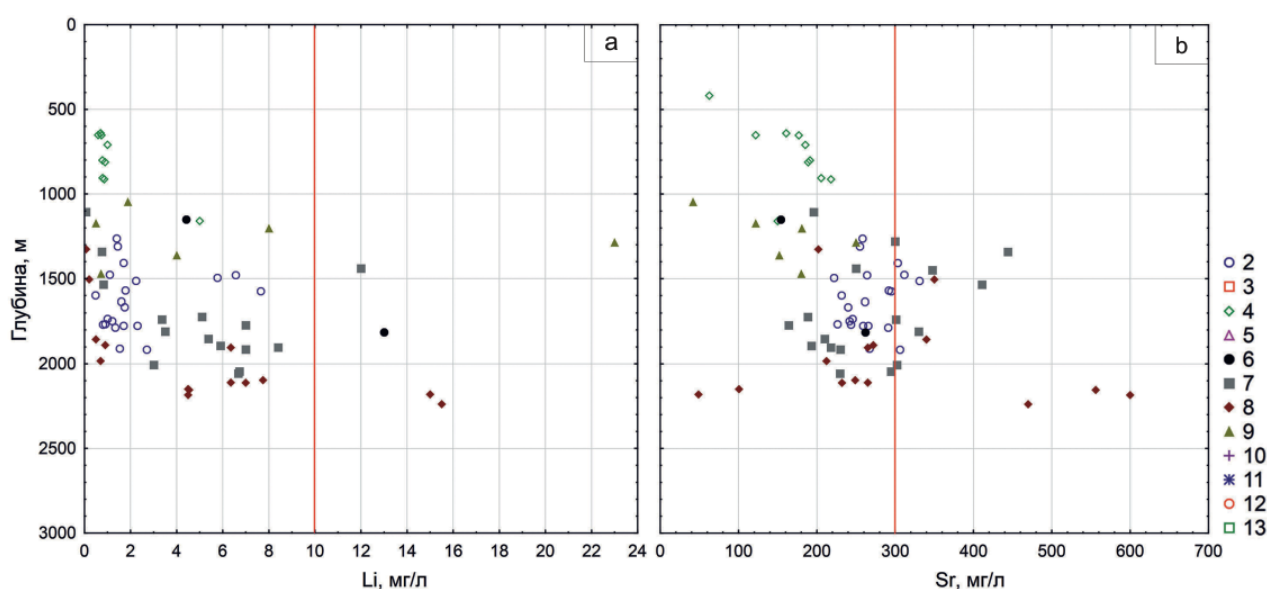


Рис. 5.7. Распределение содержаний лития (а) и стронция (б) в подземных рассолах *нижнепермско-триасового* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации при одновременном извлечении (мг/л): Li — 10, Sr — 300. Наименования структур см. рис. 5.4

впадины — до 600 мг/л (в скважинах 52–С. Мусюшорская, 1–Хатаяхская и на Баганской площади) и Восточно-Колгуевской структурной области Малоземельско-Колгуевской моноклинали — до 331 мг/л.

5.2. Промышленные рассолы водоносного комплекса каменноугольно-нижнепермских карбонатных отложений

Каменноугольно-нижнепермские (визейско-нижнепермские), преимущественно карбонатные, отложения в пределах Тимано-Печорского осадочного бассейна достаточно хорошо изучены, имеется обширный материал по опробованию скважин — более 600 точек наблюдения (табл. 5.3). На рис. 5.8—5.11 приведены площадные распределения ценных компонентов в рассолах данного водоносного комплекса.

Морские условия осадконакопления, большая глубина залегания пород (во впадинах Предуральского краевого прогиба до 5.0 км и более) способствовали развитию постседиментационных преобразований пород, органического вещества и подземных вод и, следовательно, концентрированию макро- и микрокомпонентов в рассолах, накоплению в них полезных компонентов в величинах, многократно превышающих кондиционные нормы.

Бромные промышленные воды ($Br \geq 250$ мг/л) распространены практически повсеместно в северной части ТП СБ на территориях Малоземельско-Колгуевской моноклинали, Денисовского прогиба, северной части Колвинского мегавала, Хорейверской впадины, а также на части Большесынинской и Верхнепечорской впадин, Среднепечорского поперечного поднятия Предуральского прогиба (рис. 5.8). В пределах Ижма-Печорской синеклизы бромные воды менее распространены и вскрыты отдельными скважинами.

Таблица 5.3. Концентрации компонентов рассолов каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса

Параметры	Число наблюдений	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Интервал опробования, м	606	2255.50	325.00	4600.00	1644.00	2621.50
Минерализация, г/л	606	118.15	35.43	265.64	87.39	145.18
I, мг/л	546	13.11	0.42	177.69	7.72	19.03
Br	588	229.25	7.14	559.00	165.72	287.70
B	218	39.50	0.58	200.98	13.70	65.00
Li	120	12.65	0.80	106.00	7.00	18.00
Sr	122	268.21	45.00	1200.00	159.00	405.00
Rb	31	0.80	0.08	3.00	0.30	1.20
Cs	6	0.03	0.01	0.08	0.02	0.07
Na, г/л	605	34.56	7.54	99.09	24.55	44.10
K	260	0.60	0.06	1.91	0.36	0.86
Mg	601	1.89	0.07	9.80	1.37	2.43
Ca	605	6.80	0.71	20.00	5.02	8.64

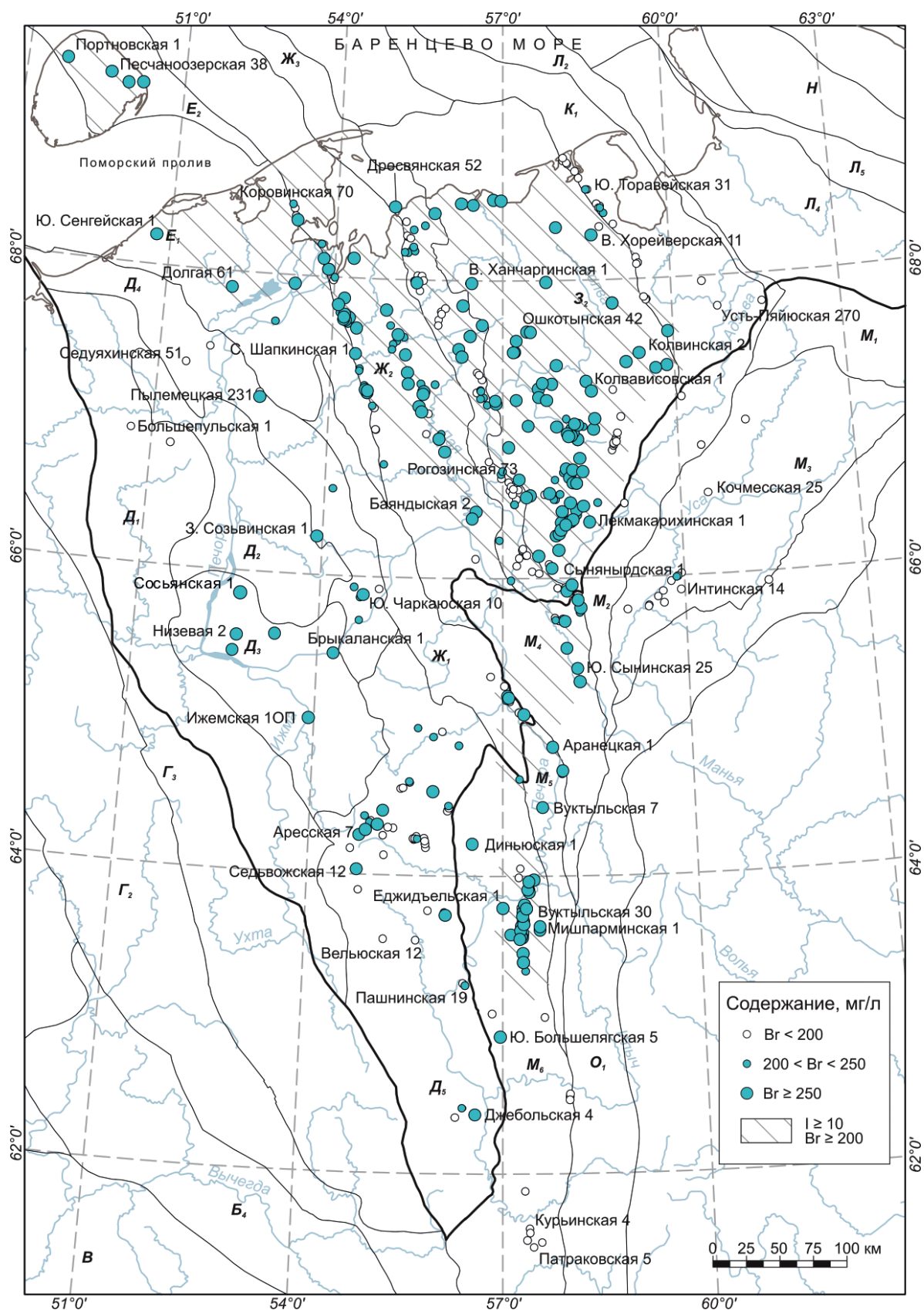


Рис. 5.8. Распределение концентраций брома в рассолах каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса. Градация содержаний брома дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных промышленных вод, удовлетворяющих условию при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$, $Br \geq 200$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

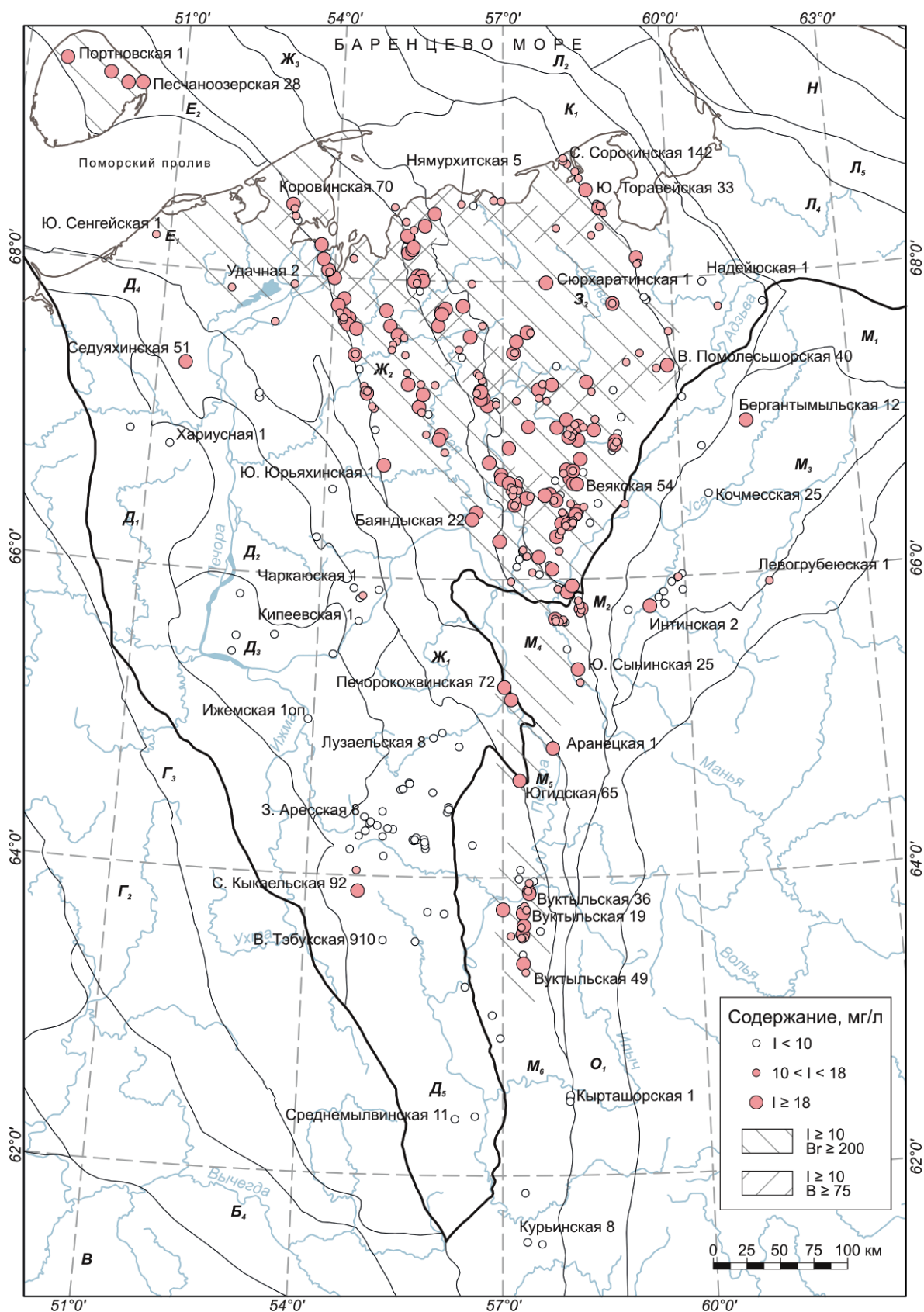


Рис. 5.9. Распределение концентраций йода в рассолах каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса. Градация содержаний йода дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и Br ≥ 200 ; $I \geq 10$ и B ≥ 75 . Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

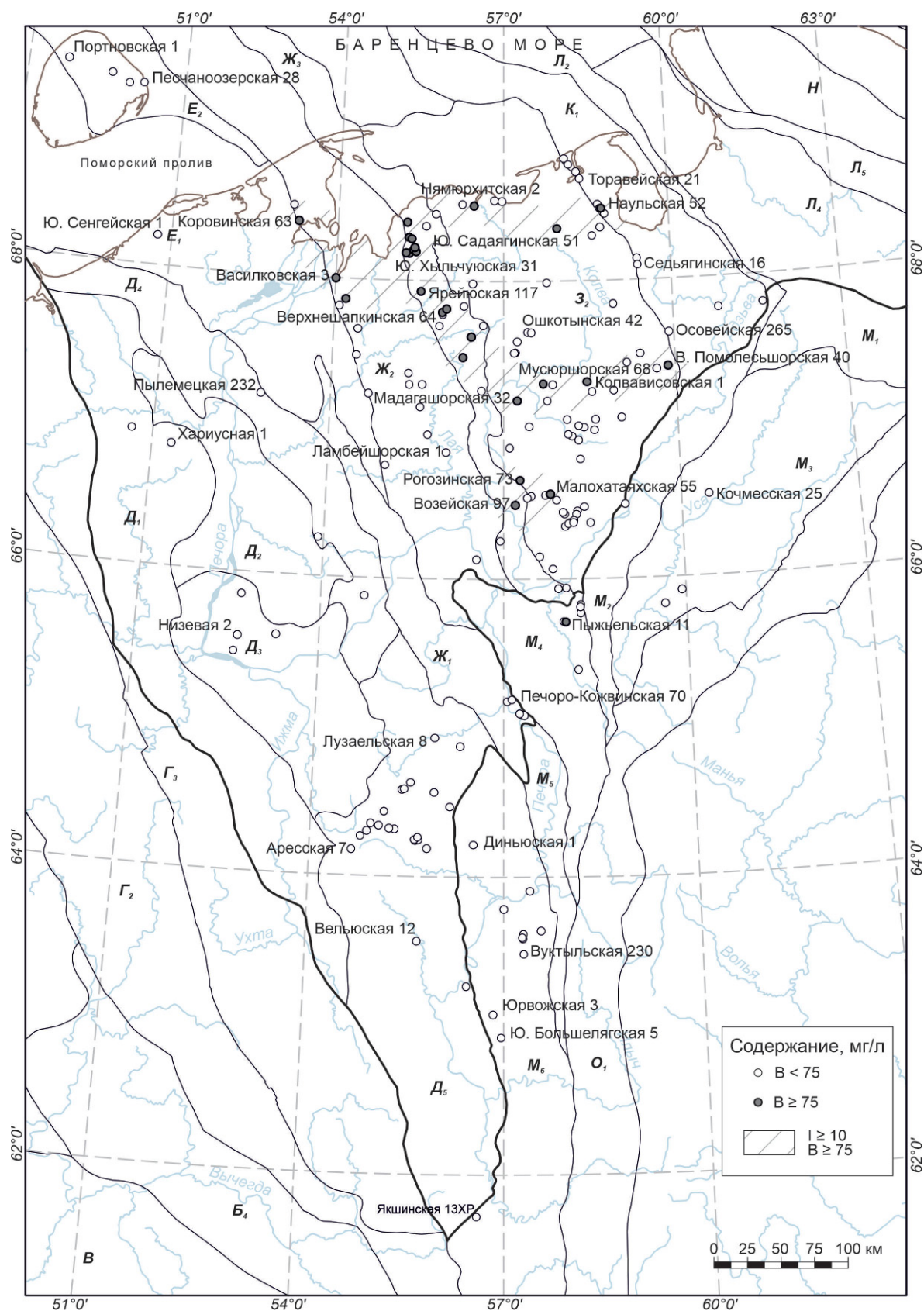


Рис. 5.10. Распределение концентраций бора в рассолах каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса. Градация содержаний бора дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условию при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

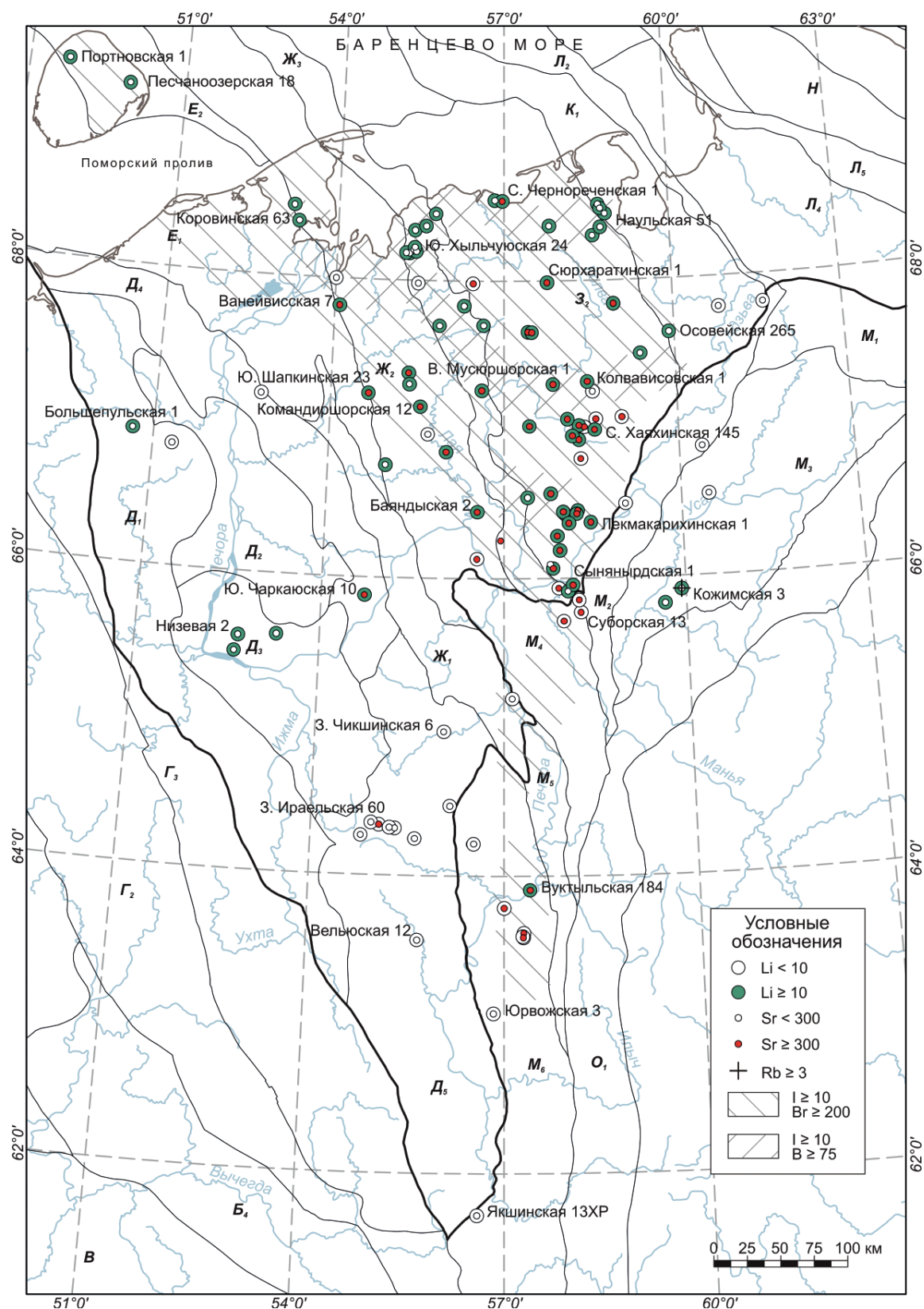


Рис. 5.11. Распределение концентраций лития, стронция и рубидия в рассолах каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса. Градации содержаний элементов даны условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$; $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

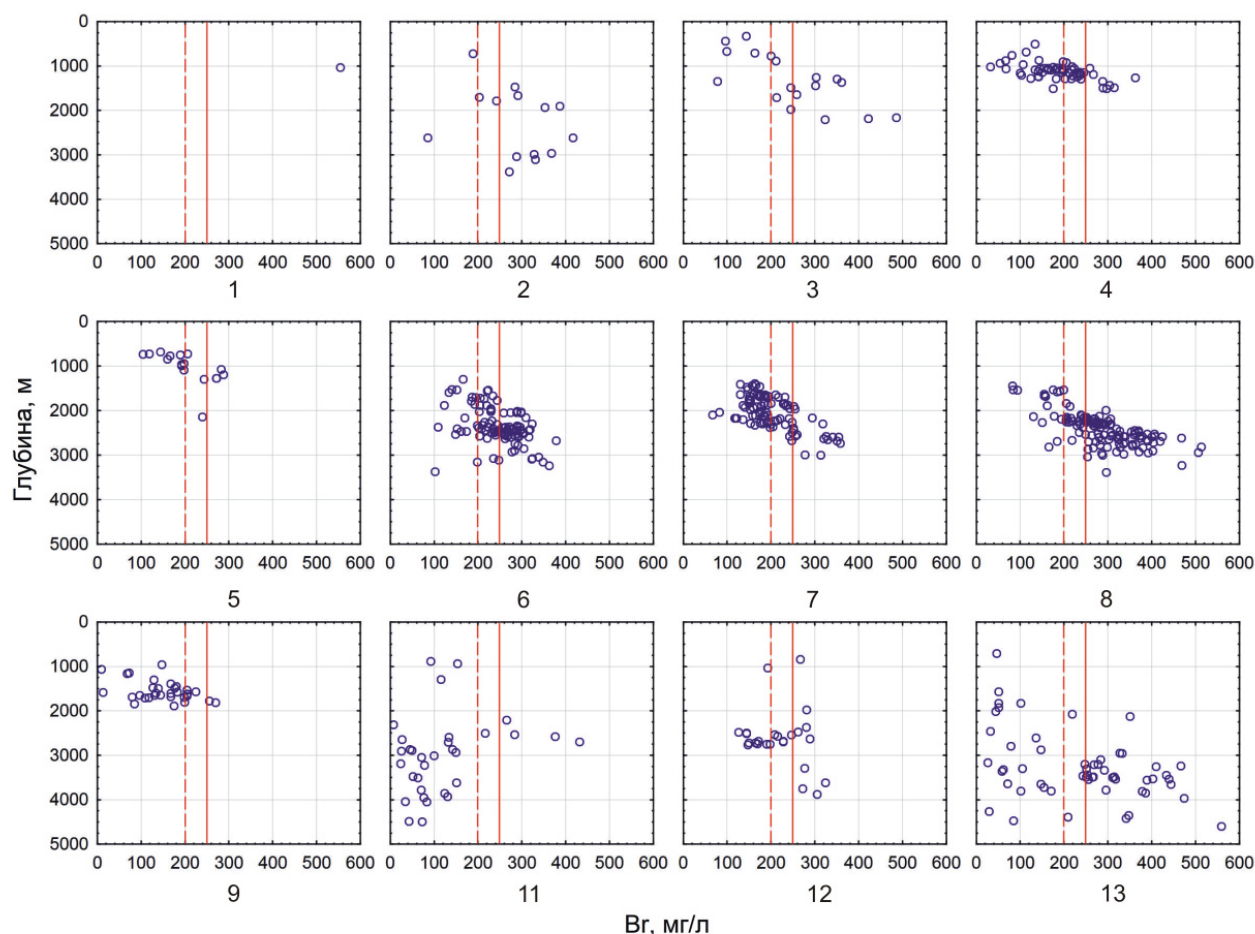


Рис. 5.12. Изменение концентраций брома в рассолах *каменноугольно-нижнепермского* водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

1 — Тиманская гряда; 2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Омра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Хорейверская впадина; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации брома — 250 мг/л и при совместном с другими элементами извлечении — 200 мг/л.

В различных тектонических структурах отмечается рост концентраций брома (рис. 5.12) при увеличении глубины опробования вод. Наибольшие концентрации брома выявлены в крепких рассолах в скважинах Хорейверской впадины (мг/л): 73-Рогозинская (513), 42-Ошкотынская (506), 1-Сынянырдская (468), 1-Коллависовская (467); Верхнепечорской впадины: 1-Мишпарминская (559), 1-Еджидельская (474) и 30-Вуктыльская (466), а также в скважине 10-Южно-Чаркаюская (486). Эти рассолы содержат бром в количествах более 460 мг/л — величине, рекомендованной для региона Г. П. Лысениным и др. (1969) в качестве минимальной промышленной концентрации для возможного извлечения.

Представление о пространственном распределении йода в рассолах каменноугольно-нижнепермского ВК дают рис. 5.9 и 5.13. *Йодные промышленные рассолы*

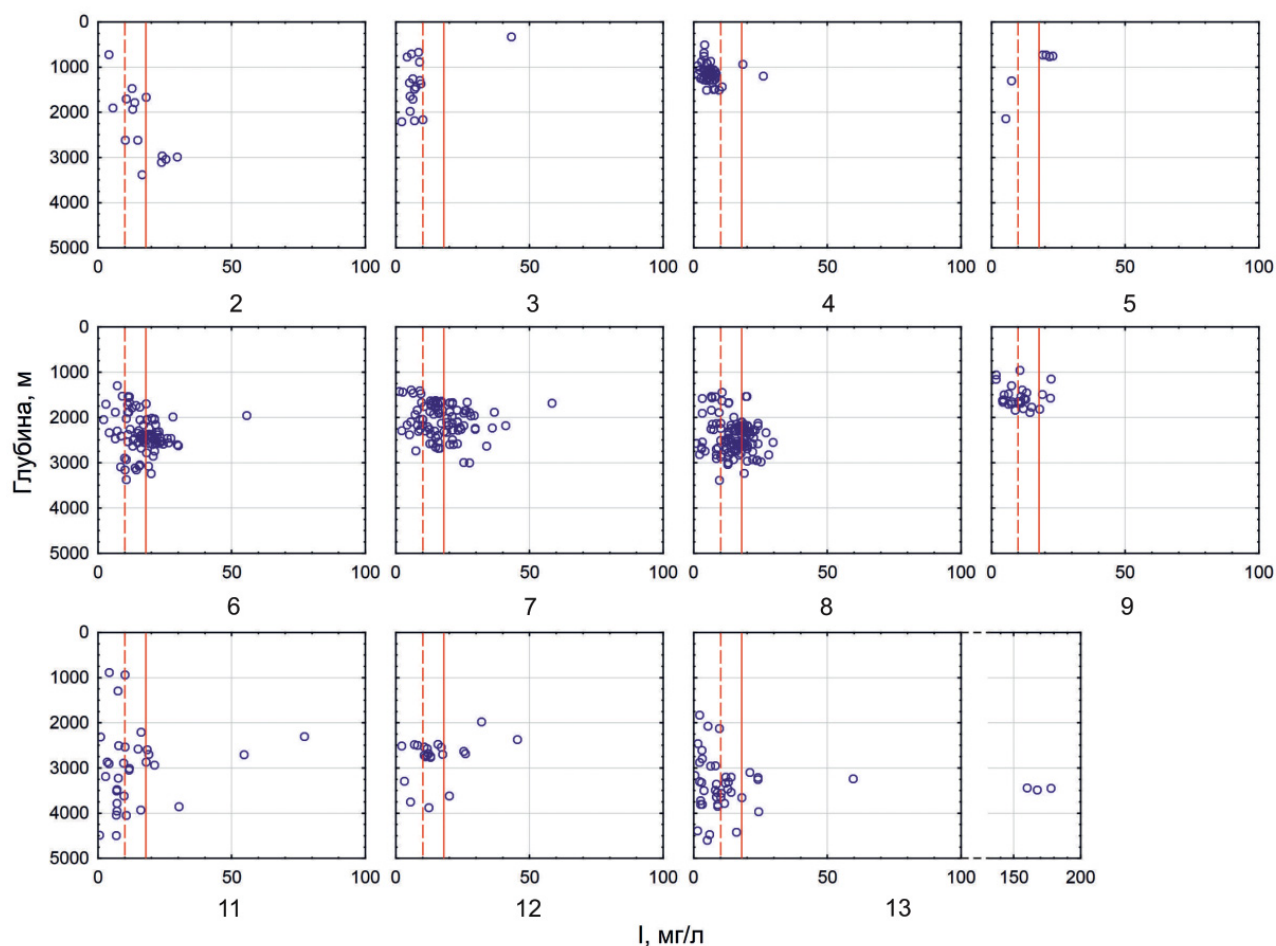


Рис. 5.13. Изменение концентраций йода в рассолах каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации йода — 18 мг/л и при совместном с другими элементами извлечении — 10 мг/л. Наименования структур см. рис. 5.12.

($I \geq 18$ мг/л) выделяются в северной части ТП СБ на значительной территории Восточно-Колгуевской структурной области, Печоро-Колвинского авлакогена, Хорейверской впадины и вала Сорокина Варандей-Адзвинской структурно-тектонической зоны. В пределах Предуральяского прогиба кондиционные *йодные воды* распространены в Большесынинской и Верхнепечорской впадинах и встречены в отдельных скважинах Косью-Роговской впадины. Рассолы этих перечисленных территорий большей частью относятся также и к *йодо-бромным промышленным водам* (см. рис. 5.8, 5.9). О перспективности всего комплекса на наличие йодо-бромного типа вод свидетельствуют медианные значения брома и йода равные 229.3 и 13.1 мг/л, превышающие кондиционные требования (табл. 5.3). Всего в 262 пробах рассолов ВК содержания йода и брома превышают 10 и 200 мг/л соответственно. В Ижма-Печорской синеклизе промышленные концентрации йода выявлены в одиночных скважинах 51-Седуяхинская и 92-С. Кыкаельская (рис. 5.9). Высокие значения йода определены в скважине 17-Интинская (инт. 2703—2709 м) в Косью-Роговской впадине — 54.6 мг/л, при общих содержаниях йода в рассолах ВК на Интинской площади в широком диапазоне 2.8—54.6 мг/л. На Вуктыль-

Таблица 5.4. Подземные воды карбонатно-нижнепермского водоносного комплекса, удовлетворяющие кондиционным требованиям к поликомпонентным литиеносным, стронциеносным йодо-борным и йодо-борным промышленным водам

Площадь (скважина, ее номер)	Интервал опробования, м (от – до)	Минерализация, г/л	Содержание, мг/л						Рубидий	Цезий
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний	
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3 0.5
Ижма-Печорская синеклиза										
Ю. Чаркаюская, 10	2148–2176	221.76	486.00	10.00	18.00	14.00	485.00	1050.00	1490.00	1.20 н. с.
Денисовский прогиб										
Баяндыская, 2	3060,3–3078,3	162.56	323.70	18.79	н. с	12.00	395.00	н. с.	1565.84	н. с. н. с.
Ванейвсская, 7	2358–2374	137.34	262.71	19.67	65.00	18.00	312.00	н. с.	1459.00	н. с. н. с.
Верхнелайская, 500	3035–3054	192.98	338.33	15.57	68.04	24.40	443.70	1684.00	1649.97	2.00 н. с.
Василковская	2373–2578	94.8–106.9	201.0–203.0	13.3–22.0	84.0	7.0	150.0	н. с.	1070.0–1909.0	н. с. н. с.
В. Василковская	2558–2662	109.2–124.3	261.0–266.4	13.0–21.2	91.0	н. с.	н. с.	1093.4	1768.0–1925.0	н. с. н. с.
Командиршорская, 12	2140–2514	140.2–144.7	304–309	21.1–21.5	71.00	18.00	600.0–1200.0	н. с.	2942.7–3040.0	1.20 н. с.
Ламбейшорская, 1	2490–3117	121.5–155.0	235.0–304.3	15.3–23.8	46.3–64.2	13.3–18.8	315.3–386.8	900.0–1260.0	699.2–2249.6	1.1–1.3 0.02–0.07
Ю. Шапкинская, 23	2050–2055	148.36	298.40	18.20	30.00	11.00	315.00	н. с	2477.60	н. с. н. с.
Колвинский мегавал										
Харьягинская, 76	1872–1880	110.81	238.32	20.09	59.00	20.00	330.00	640.00	3356.20	н. с. н. с.
Хыльчюуская	2097–2269	47.0–78.4	136.0–215.0	11.8–24.4	133.9–200.9	н. с.	н. с.	н. с.	505.0–965.0	н. с. н. с.
Ю. Хыльчюуская	2219–2262	73.7–82.4	191.0–209.0	29.6–36.0	115.0–121.0	66.0–106.0	149.0–178.0	795.3–894.1	714.6–1323.2	н. с. н. с.

Окончание таблицы 5.4

Площадь (скважина, ее номер)	Интервал опробования, м (от – до)	Минерализация, г/л	Содержание, мг/л								
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний	Рубидий	Цезий
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3	0.5
Хорейверская впадина											
Баганская, 3/26	2528–2570	151.04	291.00	12.00	23.70	14.5	300.00	765.00	2310.00	1.50	н. с.
В. Баганская	2092–2245	106.7–112.6	238.0–258.0	18.0–19.0	32.0–42.0	11.0–14.0	634.00	530.0–630.0	2554.0–3314.0	н. с.	н. с.
Ю. Баганская, 67	2130–2174	120.59	245.00	19.00	59.00	11.00	400.00	440.00	2614.40	0.50	н. с.
В. Мусюршорская, 1	2550–2577	144.14	373.00	19.00	57.00	15.00	1080.00	1100.00	2067.00	н. с.	н. с.
Колвавиновская, 1	2599–2629	175.58	467.42	20.09	85.26	19.00	364.00	1240.00	1884.80	н. с.	н. с.
Лыдушорская, 306	2555–2600	161.93	407.00	22.00	60.00	15.00	433.00	880	3040	н. с.	н. с.
Малохатяхская, 55	2563–2602	165.09	424.00	19.00	89.70	18.00	405.00	1075.00	1946.00	н. с.	н. с.
Мастерельская, 3	2744–2762	159.91	356.00	22.00	60.00	12.50	320.00	1100.00	2189.00	0.90	н. с.
Мичаельская, 25	2365–2400	139.18	282.00	21.00	н. с.	15.89	569.50	635.40	2521.13	0.52	н. с.
Ошкотынская	2609–2938.6	133.1–193.7	325.0–506.2	16.9–23.7	55.3–89.2	25.0–45.3	452.3–845.5	750.0–1600.0	1215.0–1650.3	н. с.	н. с.
С. Хаяхинская, 145	2289–2350	128.04	292.07	22.22	50.00	17.00	618.00	695.00	2888.00	н. с.	н. с.
С. Хоседаюская, 11	2444–2500	134.86	353.00	19.00	60.00	32.00	366.00	751.00	2647.00	н. с.	н. с.
С. Чернореченская, 1	2971–3032	160.86	287.70	13.00	36.82	16.00	300.00	830.00	1620.00	н. с.	н. с.
Сандивейская	2292–2316	101.8–128.0	236.0–307.0	17.0–21.0	37.0–56.0	10.0–16.3	400.0–656.0	450.0–680.0	2067.0–3010.0	1.00	н. с.
Сынянырдская, 1	3211–3247.2	193.02	468.18	18.82	н. с	16.40	498.00	1057.00	2234.40	1.63	н. с.
Сюрхаратинская, 1	2503–2592	132.43	325.01	29.61	52.19	30.00	1042.28	750.00	2593.34	н. с.	н. с.
Ю. Мичаельская, 1	2683–2700	140.70	273.00	16.00	н. с	11.11	330.00	772.10	1822.50	н. с.	н. с.
Верхнепечорская впадина											
Вуктыльская	2950–3483	204.0–253.5	253.0–466.0	21.0–177.7	29.00	13.00	354.00	840.00	1337.6–1915.2	н. с.	н. с.

Примечание. * Минимальные промышленные концентрации магния и калия приведены по (Методические рекомендации 2013).

ской площади (скважины 19 и 36) установлены максимальные величины йода в данном комплексе, достигающие 160—177.7 мг/л на глубинах 3.4—3.5 км (рис. 5.13, табл. 5.4). Эти крепкие рассолы с общей минерализацией до 265 г/л Верхнепечорской впадины в целом связаны с присутствием в разрезе галогенно-сульфатных (эвапоритовых) толщ кунгурского яруса. Отчетливых зависимостей йода от глубины залегания отложений в целом не наблюдается (рис. 5.13), промышленные йодные воды выявлены на различных глубинах в разных тектонических зонах. Рассолы каменноугольно-нижнепермского ВК в северной части Печоро-Колвинского авлакогена содержат повышенные (до 201 мг/л) содержания бора, но не достигающие промышленных кондиционных показателей (рис. 5.10). *Йодо-борные промышленные воды* (концентрации $I \geq 10$ и $B \geq 75$ мг/л при их одновременном извлечении) обнаружены в 23 точках наблюдений в пределах Денисовского прогиба (Василковская, В. Василковская, Верхнешапкинская, Ламбейшорская площади), Колвинского мегавала (Хыльчюуская и Ю. Хыльчюуская, Возейская, Инзырейская площади) и Хорейверской впадины (Мусюршорская, Ю. Садаягинская, В. Помолесьшорская, Колвависовская, Малохатояхская, Ошкотынская площади) (рис. 5.10, табл. 5.4). Максимальные значения бора (115—201 мг/л) выявлены в пластовых водах с минерализацией 47—82 г/л Хыльчюуской и Южно-Хыльчюуской площадей на глубинах 2097—2318 м.

Рассматривая перспективы территории на выявление поликомпонентных литиеносных и стронциеносных промышленных вод, следует отметить Печоро-Колвинский авлакоген (рис. 5.11, 5.14), где наблюдаются благоприятные условия для накопления лития и стронция в преимущественно карбонатном каменноугольно-нижнепермском ВК. В 76 пробах пластовых вод комплекса различных структурных зон литий содержится в кондиционных концентрациях — свыше 10 мг/л (рис. 5.11, 5.14а). Эти рассолы

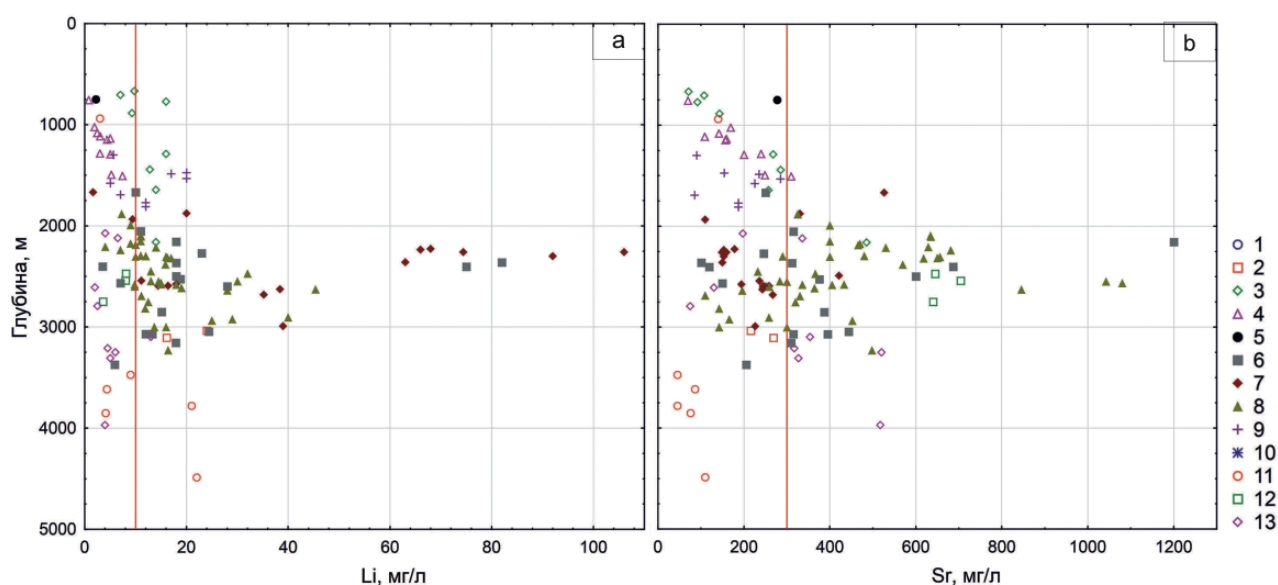


Рис. 5.14. Распределение содержаний лития (а) и стронция (б) в подземных рассолах каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к выделенным структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации (мг/л): Li — 10, Sr — 300. Наименования структур см. рис. 5.12.

большей частью относятся к различным типам промышленных вод: бромным, йодо-бромным и йодо-борным. На перспективность распространения литиеносных рассолов в данном водоносном комплексе указывает величина медианы Li равная 12.7 мг/л (табл. 5.3). Максимальные (63—106 мг/л) содержания лития связаны с Cl-Na бромными и йодо-борными рассолами с минерализацией 71—82 г/л Южно-Хыльчующей площади (инт. 2255—2385 м). Высокие значения лития (75—82 мг/л) установлены также в рассолах с минерализацией 95—106 г/л на Коровинской площади Денисовского прогиба (инт. 2358—2407 м).

Содержания стронция в рассолах характеризуемого водоносного комплекса варьируют от 45 до 1200 мг/л, величина медианы — 268 мг/л. Промышленные концентрации ($Sr \geq 300$ мг/л) выявлены только в 56 точках наблюдений (рис. 5.11, 5.14 б), они связаны с йодо-бромными и йодо-борными промышленными водами. Наивысшие значения стронция определены в рассолах скважин 12-Командиршорская (1.2 г/л), 1-В. Мусюшорская и 1-Сюрхаратинская (свыше 1.0 г/л) (табл. 5.4).

В рассолах каменноугольно-нижнепермского ВК, представляющих интерес как комплексное Li-Sr йодо-борное и йодо-бромное сырье, концентрации рубидия и цезия мало изучены. Содержания рубидия определены в диапазоне 0.08—3.0 мг/л, цезия — 0.01—0.08 мг/л. В скважинах Кожимской площади (инт. 3705—4514 м), в рассолах с минерализацией до 241 г/л, определена величина Rb 1.0—3.0 мг/л. Концентрации цезия не достигают минимальных промышленных ($Cs \geq 0.5$ мг/л).

Установлены высокие содержания натрия, калия, магния и кальция, которые характерны для рассолов карбонатных C-P₁ отложений морского происхождения и могут совместно с полезными компонентами извлекаться из подземных вод. Концентрации этих элементов приведены в табл. 5.3. Характеристика потенциальных источников гидроминерального сырья (площадей и отдельных скважин) каменноугольно-нижнепермского ВК с содержаниями ценных элементов, удовлетворяющих кондиционным требованиям к поликомпонентным Li-Sr йодо-борным и йодо-бромным промышленным водам представлена в табл. 5.4.

5.3. Промышленные рассолы водоносного комплекса верхнедевонско-нижнекаменноугольных карбонатных отложений

Распределения содержаний брома, йода, бора, лития и стронция в рассолах с минерализацией до 263 г/л хлоридного натриевого или кальциево-натриевого состава исследуемого водоносного комплекса приведены на рис. 5.15—5.18; интерпретация данных выполнена по 458 точкам опробования (табл. 5.5).

Бромный тип промышленных вод. Содержания брома свыше 250 мг/л установлены в большей части проб рассолов (366 т. н.) на всей изученной бурением площади ТП СБ (рис. 5.15), за исключением Пайхойско-Приюжноновоземельского мегапрогиба и северной части Предуральского краевого прогиба. Можно отметить, что пластовые воды данного ВК, залегающие на глубинах более 600—1000 м (рис. 5.19) с минерализацией

Таблица 5.5. Концентрации компонентов рассолов
верхнедевонско-нижнекаменноугольного водоносного комплекса

Параметры	Число наблюдений	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Интервал опробования, м	458	2557.25	558.00	5446.00	1802.50	3310.00
Минерализация, г/л	458	170.80	46.81	262.60	137.49	194.02
I, мг/л	429	13.20	1.27	67.68	8.50	21.15
Br	439	389.60	58.61	949.70	295.00	460.00
B	237	36.00	0.01	159.00	14.00	69.00
Li	113	13.00	2.20	43.00	7.00	20.00
Sr	118	364.50	62.00	800.00	260.00	446.30
Rb	21	0.98	0.05	6.80	0.47	2.30
Cs	6	0.04	0.01	0.07	0.01	0.04
Na, г/л	458	50.70	13.58	93.80	40.82	58.75
K	263	1.02	0.14	4.20	0.80	1.47
Mg	455	1.90	0.05	4.56	1.46	2.37
Ca	458	10.58	1.69	25.40	8.15	12.42

90—263 г/л могут служить гидроминеральным сырьем для получения брома. Для большей части тектонических структур отмечается прямая зависимость величины Br от глубины залегания ВК. Наибольшие концентрации брома свыше 760 мг/л (кондиционного содержания, предложенного С. С. Бондаренко и др. (1988) для месторождений подземных вод для Тимано-Печорского бассейна), выявлены в рассолах Омра-Лыжской седловины (скважины 1 и 7-Южно-Джебольские, 24-Мичаюская) (рис. 5.15, табл. 5.6).

Йодные рассолы с промышленными кондиционными содержаниями в верхнедевонско-нижнекаменноугольном ВК приурочены в основном к северной части ТП СБ (Денисовской и Хорейверской впадинам, Варандей-Адзъвинской структурно-тектонической зоне), а также установлены в отдельных скважинах Восточно-Колгуевской структурной области, Ижма-Печорской синеклизы, Печоро-Кожвинского мегавала, гряды Чернышева, Среднепечорского поперечного поднятия (рис. 5.16). Глубины, на которых распространены промышленные йодные воды на площади различных структур, показаны на рис. 5.20. Промышленные содержания $I \geq 18$ мг/л в рассолах могут быть обнаружены в каждой из тектонической структур (за исключением Тимана), несмотря на различные глубины залегания водоносного комплекса. Высококонцентрированные йодные (39.3—66.0 мг/л) рассолы установлены в скважине 67-Седуяхинская (Ижма-Печорская синеклиза) в интервале глубин 592—886 м (табл. 5.6); значения йода 25—53 мг/л определены в Хорейверской впадине (площади В. Колвинская и С. Хоседаюская).

Распределение *йодо-бромных промышленных вод* по площади ТП СБ при наличии высоких концентраций брома в рассолах комплекса определяется главным образом величиной йода. Концентрации йода свыше 10 мг/л содержатся в большей доле (297 т. н.) исследованных подземных вод, что связано с высокой степенью катагенетической

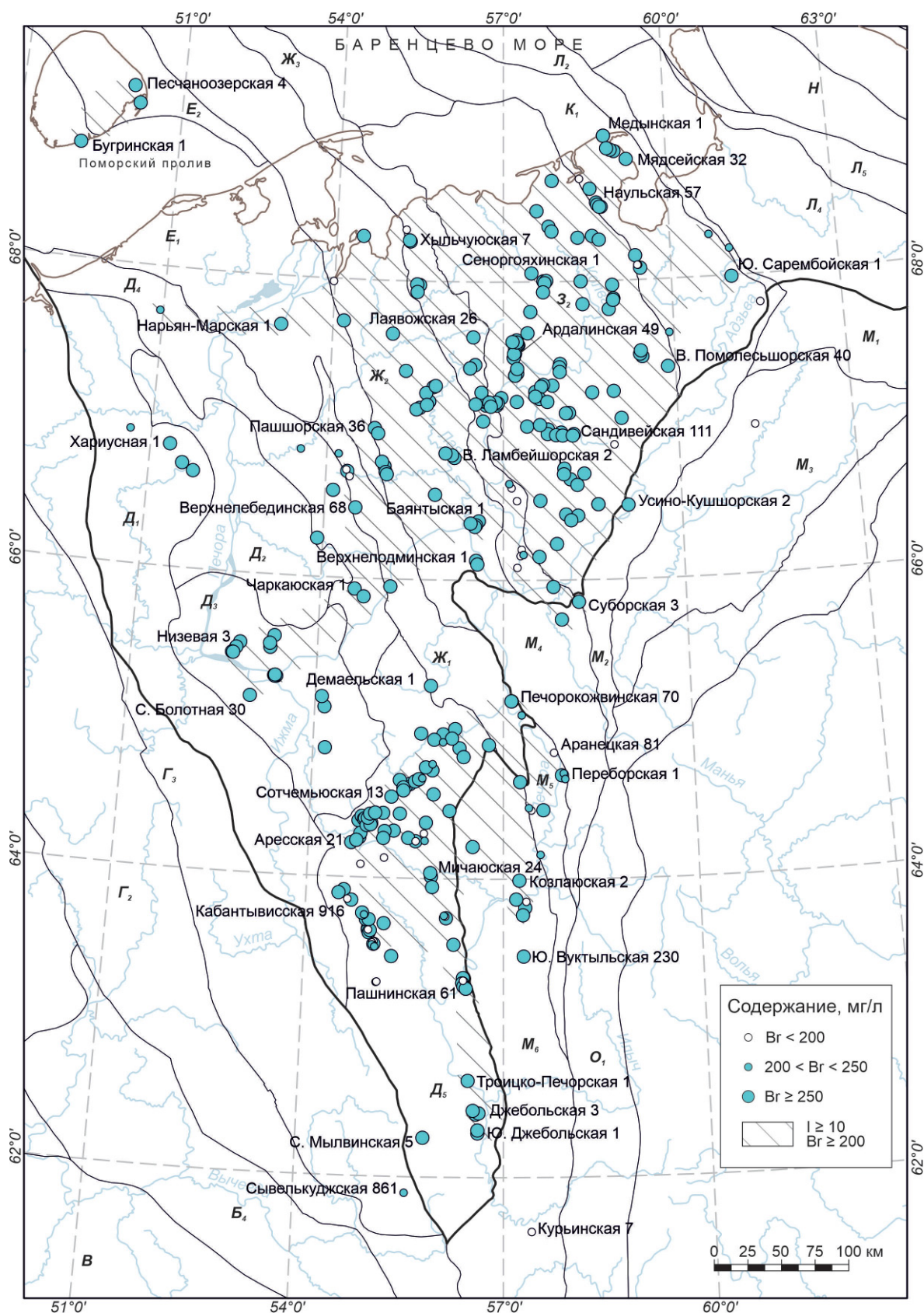


Рис. 5.15. Распределение концентраций брома в рассолах верхнедевонско-нижнекаменноугольного водоносного комплекса. Градация содержаний брома дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных промышленных вод, удовлетворяющих условию при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$, $Br \geq 200$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

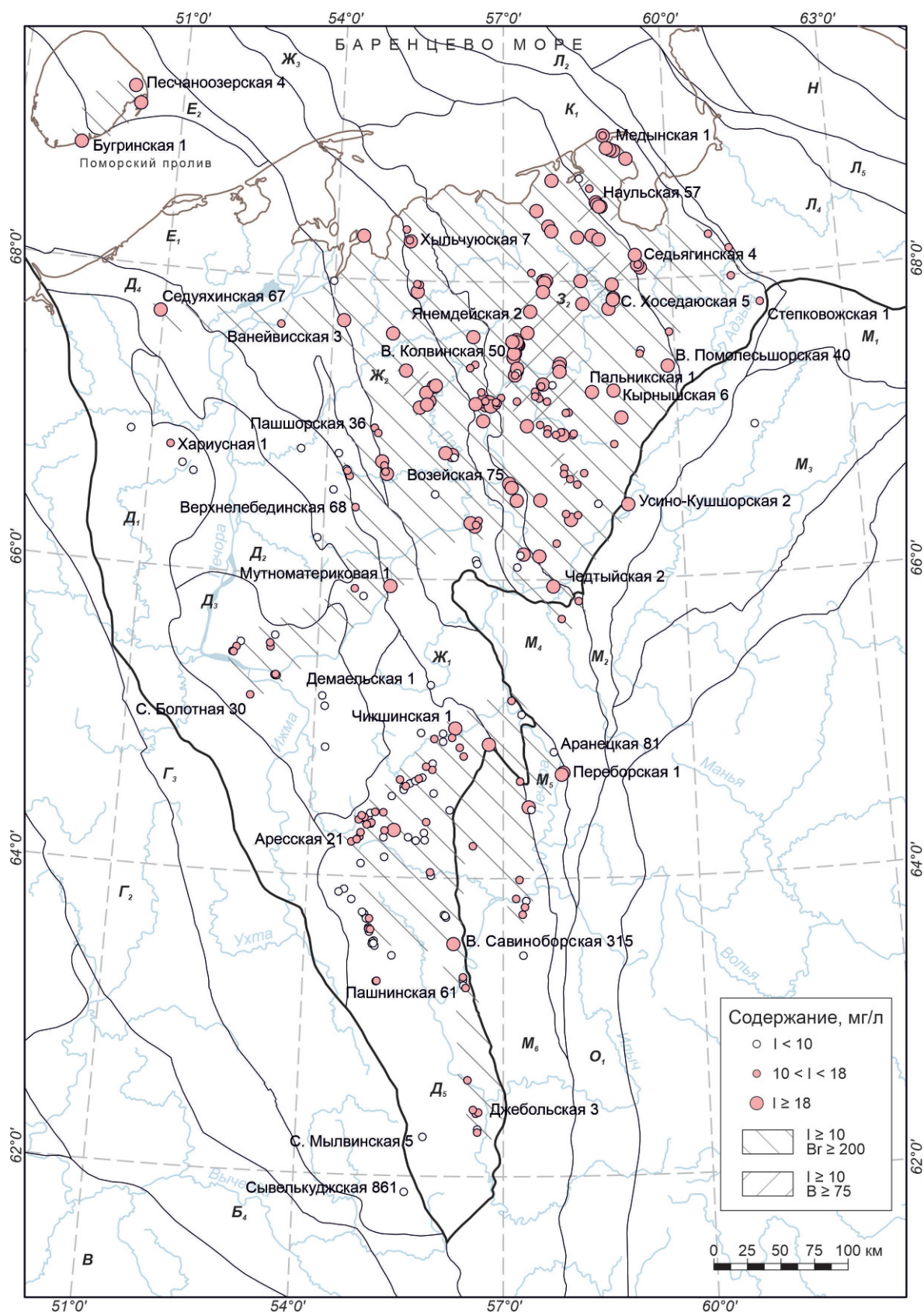


Рис. 5.16. Распределение концентраций йода в рассолах верхнедевонско-нижнекаменноугольного водоносного комплекса. Градация величины йода дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$; $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

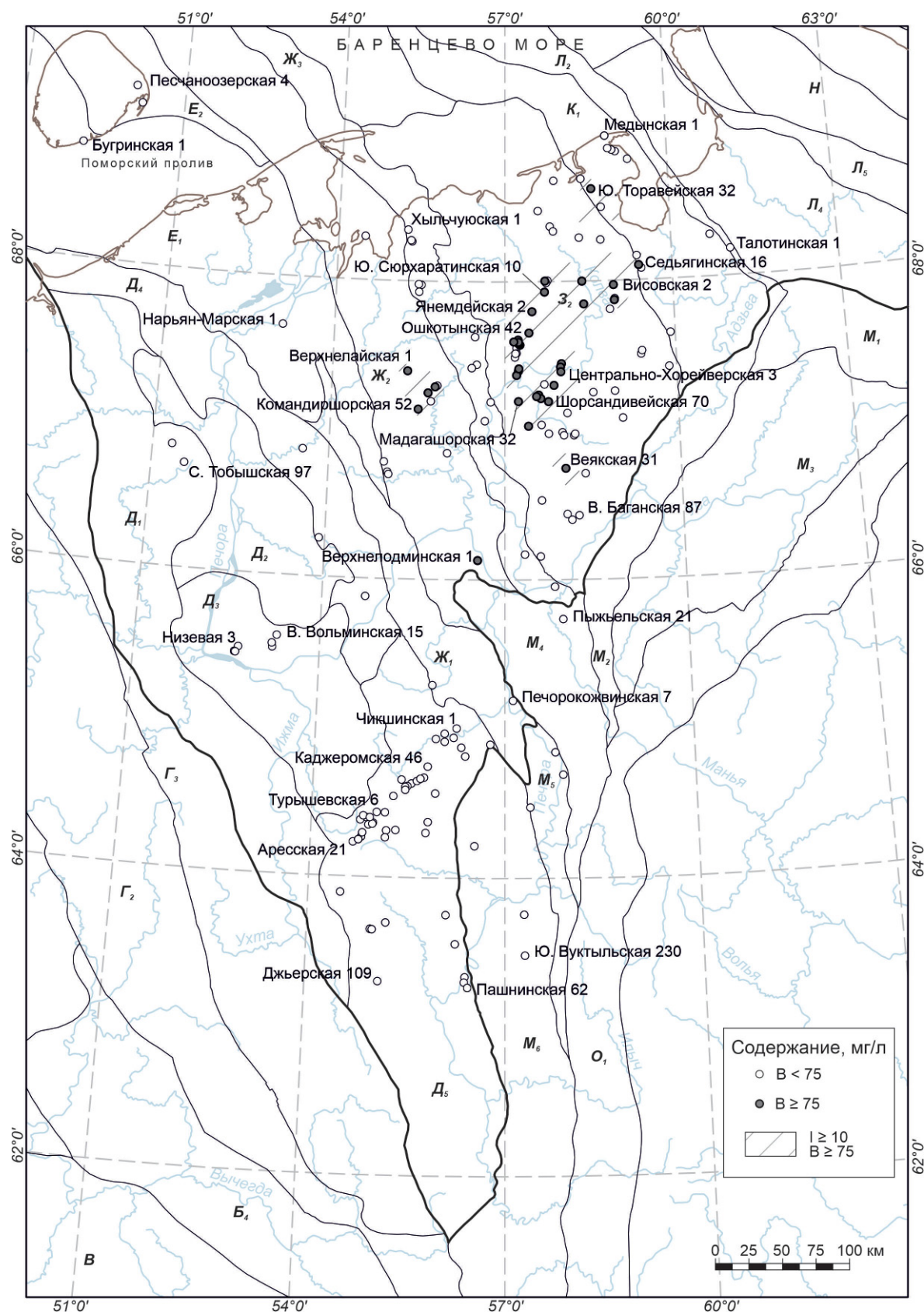


Рис. 5.17. Распределение концентраций бора в рассолах верхнедевонско-нижнекаменноугольного водоносного комплекса. Градация величины бора дана условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условию при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

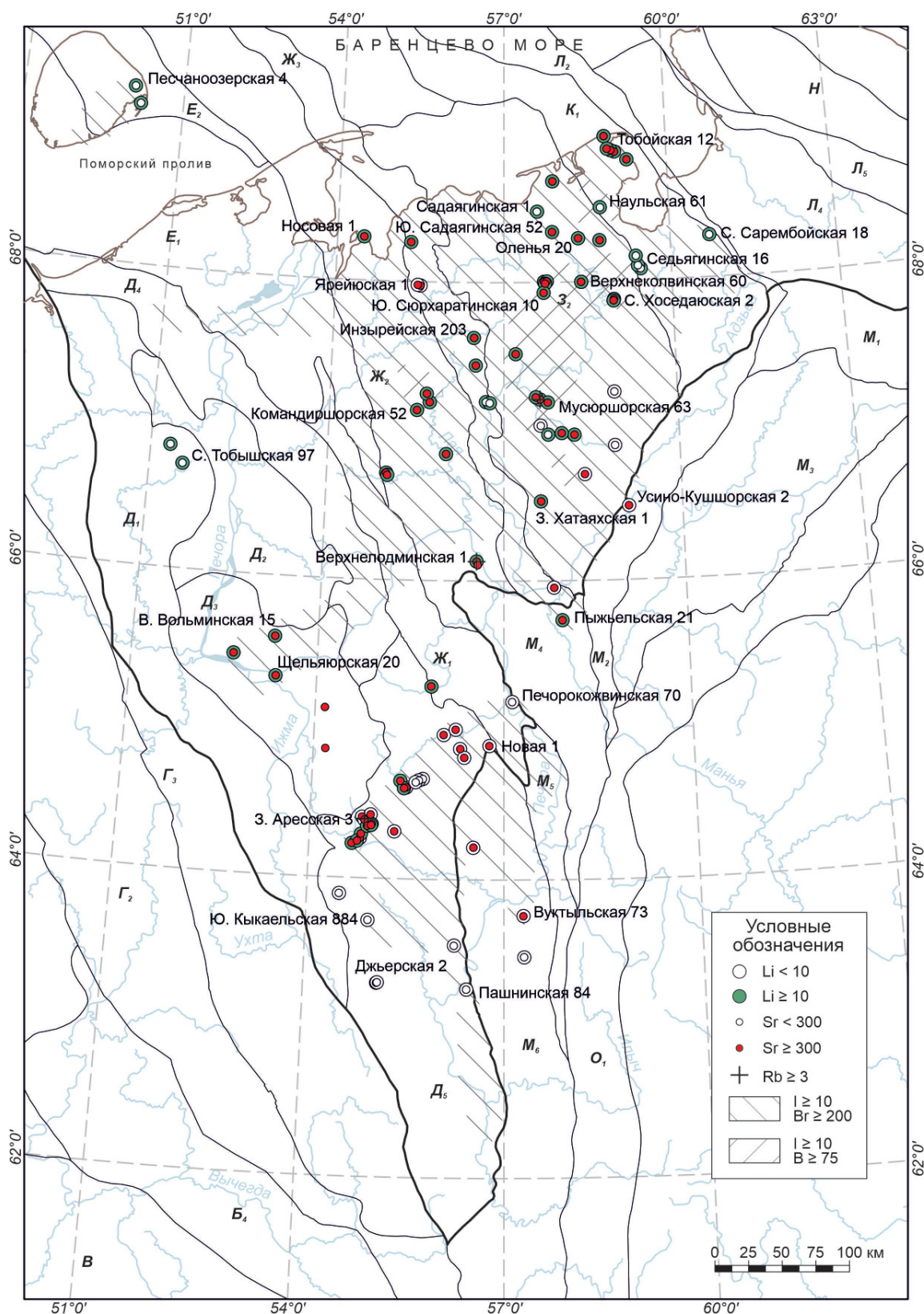


Рис. 5.18. Распределения концентраций лития, стронция и рубидия в рассолах верхнедевонско-нижнекаменноугольного водоносного комплекса. Градация содержаний элементов приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $\text{I} \geq 10$ и $\text{Br} \geq 200$; $\text{I} \geq 10$ и $\text{B} \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

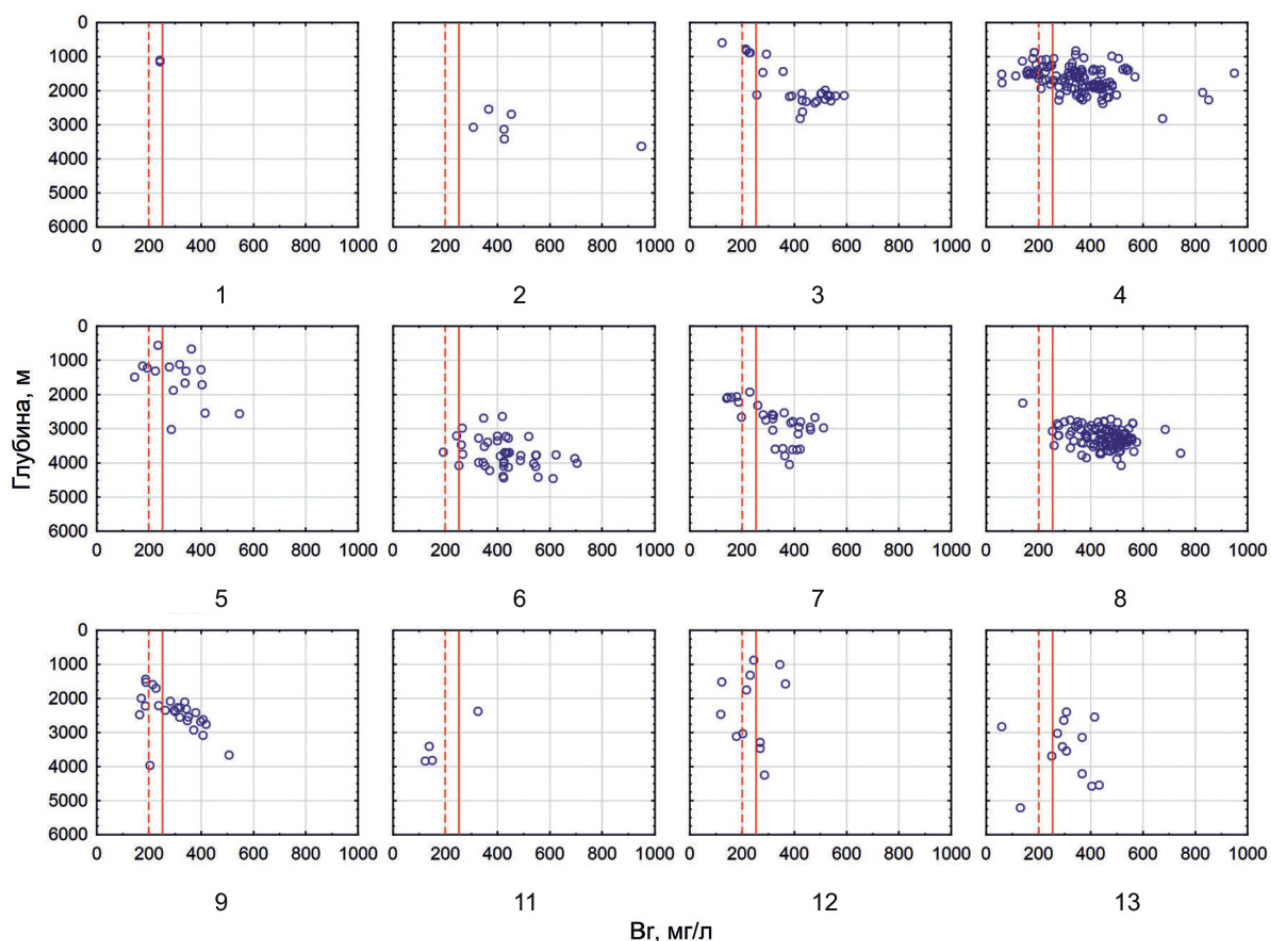


Рис. 5.19. Изменение концентраций брома в рассолах *верхнедевонско-нижнекаменноугольного* водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ.

1 — Тиманская гряда; 2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Отра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Хорейверская впадина; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации брома — 250 мг/л и при совместном с другими элементами извлечения — 200 мг/л.

преобразованности сапропелевого и гумусо-сапропелевого органического вещества, захороненного в породах, при которой йод накапливается в рассолах. Границы распространения йодо-бромных и бромных промышленных вод в карбонатном *верхнедевонско-нижнекаменноугольном* ВК практически идентичны (см. рис. 5.15).

Тип борных промышленных вод в отложениях *верхнедевонско-нижнекаменноугольного* ВК не выявлен, содержания бора не превосходят 159 мг/л (табл. 5.5). Накопление бора с увеличением глубины залегания отложений представлено на рис. 5.21. Ограниченное распространение *йодо-борных промышленных вод* (рис. 5.17) обусловлено не только малыми концентрациями бора, но также и отсутствием определений элемента при аналитических исследованиях в половине проб. По имеющимся данным йодо-борным сырьем могут служить рассолы центральной части Хорейверской впадины

Таблица 5.6. Подземные воды верхнедевонско-нижнекаменноугольного ВК, удовлетворяющие кондиционным требованиям к поликомпонентным литиеносным, стронциеносным йодо-бромным и йодо-борным, бромным и йодным промышленным водам

Площадь (скважина, её номер)	Интервал опробо- вания, м (от – до)	Минерали- зация, г/л	Содержание, мг/л								
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний	Руби- дий	Цезий
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3	0,5
Ижма-Печорская синеклиза											
Седухинская, 67	592–886	60.7–99.4	122.5–229.8	39.3–66.0	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	1289.0–2103.7	н. с.	н. с.
Ю. Жебольская	1460–2060	184.8–196.7	827.6–948.9	8.9–10.2	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	2435.0–2898.0	н. с.	н. с.
С. Аресская	1819–1865	214.4–214.8	481.00	15.00	25.00	10.00	381.00	1000.00	3283.00	н. с.	н. с.
Аресская, 21	1805–1808	218.13	437.00	13.00	23.00	11.00	441.00	940.00	2402.00	н. с.	н. с.
Нерцовская	1823–1857	202.9–207.3	399.0–446.0	11.0–12.0	12.0–16.0	11.3–12.0	416.0–442.0	960.0–1000.0	2432.0–2644.0	н. с.	н. с.
В. Сотчемьюская, 26	1998–2246	209.83	447.00	12.00	16.00	11.00	403.00	1270.00	2280.00	н. с.	н. с.
Ю. Низевая, 5	2068–2071.6	202.35	503.75	10.58	20.25	12.40	458.80	940.00	2146.24	н. с.	н. с.
Щельяюрская, 20	2142–2146	249.20	557.44	11.48	н. с.	16.90	562.50	н. с.	2918.40	н. с.	н. с.
Мичаюская, 24	2265–2270	231.14	850.18	7.62	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	3280.00	н. с.	н. с.

Денисовский прогиб											
Ю. Юрьяхинская	2610–3528	122.9–180.2	349.0–418.0	16.0–21.2	9.0–51.0	12.0–14.0	364.0–510.0	520.0–1440.0	973.0–1733.0	н. с.	н. с.
С. Командиршорская	3920–3960	141.8–158.1	424.2–487.2	23.3–29.6	85.0–101.3	22.4–32.0	539.00	1350.0–1410.0	1368.0–1398.4	1.5–2.3	0.03–0.04
Ламбейшорская, 1	3215–3325	194.75	327.80	15.86	52.20	15.20	546.50	1340.00	1824.00	1.80	0.07
Носовая, 1	3683–3723	156.34	431.20	29.60	60.00	33.00	322.00	н. с.	1719.00	н. с.	н. с.
Командиршорская, 18	3690–3700	144.58	426.43	23.79	69.50	18.80	484.00	1350.00	1216.00	2.40	0.04
Верхне-Лодминская, 1	4385–4447	135.26	554.21	10.57	159.00	20.00	575.00	н. с.	1264.64	4.00	н. с.

Окончание табл. 5.6

Площадь (скважина, её номер)	Интервал опробова- ния, м (от – до)	Минерали- зация, г/л	Содержание, мг/л								
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний	Руби- дий	Цезий
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3	0,5
Колвинский мегавал											
Хыльчюуская, 50	3022–3051	187.67	317.02	21.15	6.04	34.20	432.00	1250.00	1532.43	н. с.	н. с.
Среднехарьятинская, 27	3560–359	137.6–141.4	326.0–356.0	13.0–15.0	29.0–33.0	14.0–17.0	313.0–366.0	700.0–870.0	942.0–2371.0	н. с.	н. с.
Инзырейская, 203	4013–4070	160.62	380.95	19.03	5.43	34.00	312.00	975.48	1443.72	н. с.	н. с.
Хорейверская впадина											
Сандивейская	2998–3240	170.4–175.2	436.0–532.0	16.9–17.00	57.00	16.00	360.00	980.00	1822.5–2371.0	н. с.	н. с.
С. Хоседаюская	3217–3303	185.3–204.2	498.2–543.5	33.8–46.5	11.8–82.0	17.0–37.0	364.0–425.0	1660.0–1950.0	1925.00	н. с.	н. с.
Верхнеколвинская	3271–3552	188.0–194.0	499.5–514.0	25.4–52.8	7.3–74.0	23.0–43.0	395.0–496.0	1977.0–2318.0	1684.0–2121.0	н. с.	н. с.
Сюрхаратинская	3285–3559.6	189.0–201.7	431.6–517.0	24.0–24.5	26.7–102.2	16.2–19.0	465.0–501.9	1487.8–2102.8	1215.0–2552.0	н. с.	н. с.
Мусюршорская	3301–3339	166.7–183.2	447.0–541.5	12.0–18.0	109.0–123.0	17.50	500.0–550.0	1730.0–1770.0	1581.0–2188.8	2.5–3.0	н. с.
Шор–Сандивейская, 70	2968–3012	188.17	545.00	11.00	118.00	18.00	525.00	1670.00	1763.00	н. с.	н. с.
Ю. Сюрхаратинская, 10	3265–3275	194.57	556.78	22.67	6.47	21.46	562.90	2378.00	2673.00	н. с.	н. с.
В. Хорейверская, 12	3350–3386	170.79	472.00	25.00	58.00	35.00	402.00	2297.00	1925.00	н. с.	н. с.
3. Хатаяхская, 1	3375–3410	187.41	456.00	29.00	36.00	19.00	680.00	1140.00	1915.00	н. с.	н. с.
Оленья, 20	3480–3527	186.96	474.19	25.38	66.17	36.47	412.80	н. с.	1443.72	н. с.	н. с.
Ю. Садаятинская, 52	3627–3683	202.65	506.20	33.80	64.00	39.00	447.00	2645.00	2165.00	н. с.	н. с.
Варкнавтская, 5	3669–3700	178.12	436.90	22.16	56.92	18.37	420.00	1575.73	1215.00	н. с.	н. с.
Варандей–Адзъвинская структурно–тектоническая зона											
Тобойская	2057–2762	151.4–175.1	335.7–418.3	18.9–25.4	5.4–7.3	16.8–36.0	306.3–349.6	722.3–1033.0	1701.0–1944.4	н. с.	н. с.
Медынская	2645–3092	158.6–188.1	346.3–406.3	20.3–42.3	5.8–12.1	18.9–24.7	307.1–318.4	1100.0–1186.0	1885.7–2121.4	н. с.	н. с.
Мядсейская, 32	2600–2640	171.83	406.26	21.15	6.04	20.00	341.70	1070.00	2592.81	н. с.	н. с.
Большесынинская впадина											
Пыжьельская	3233–3474	133.1–133.5	268.00	17.00	41.0–51.8	12.0–13.5	325.0–365.0	1170.0–1250.0	1702.0–1915.0	н. с.	н. с.

Примечание. * Минимальные промышленные концентрации магния и калия приведены по (Методические рекомендации 2013).

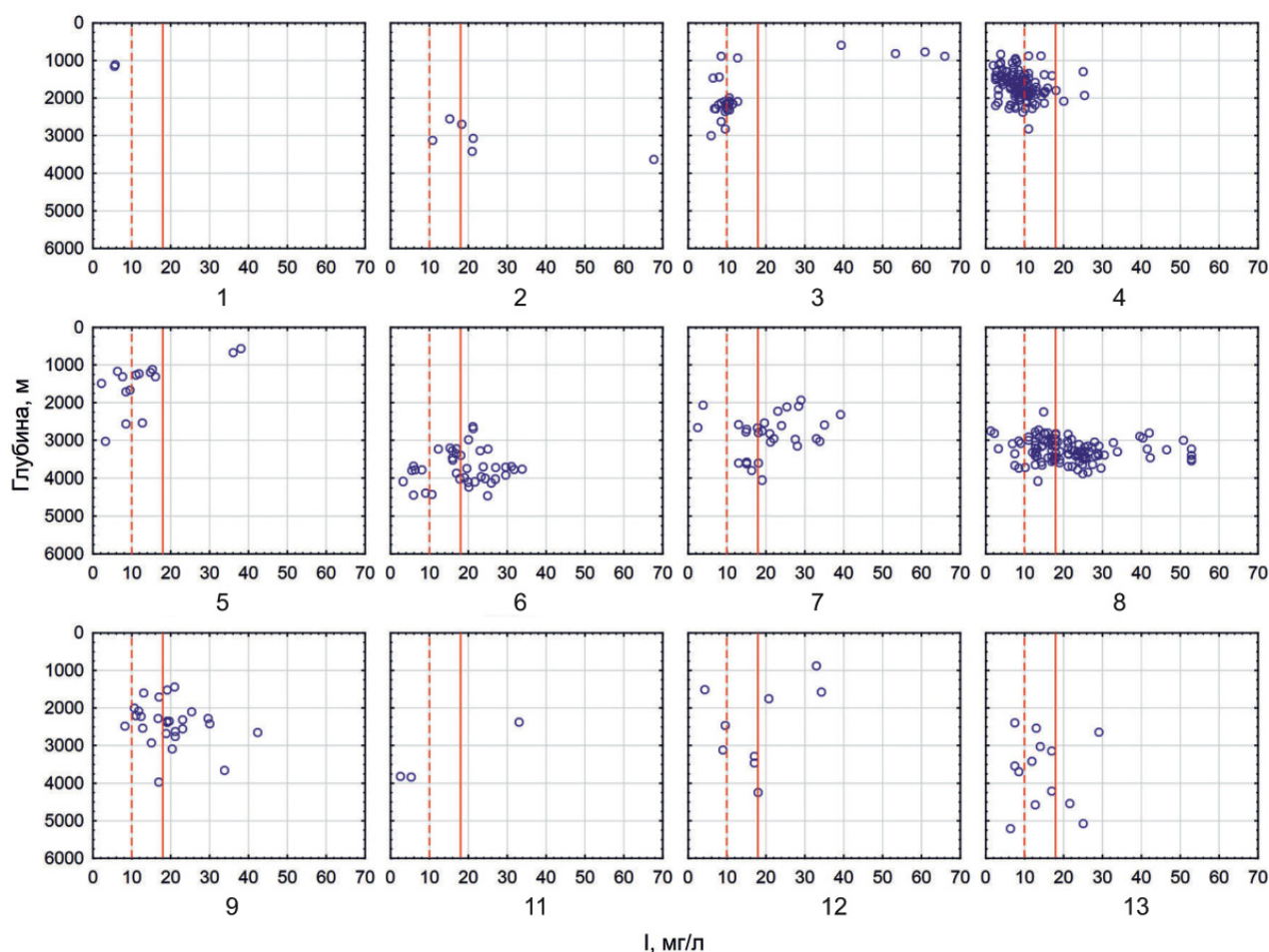


Рис. 5.20. Изменение концентраций йода в рассолах *верхнедевонско-нижнекаменноугольного* водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации — 18 мг/л и при совместном с другими элементами извлечении — 10 мг/л. Наименования структур см. рис. 5.19.

(содержания $I < 46.5$ мг/л, $B < 123$ мг/л), Денисовского прогиба ($I < 31$ мг/л, $B < 159$ мг/л) и вала Сорокина ($I 12.8–21.0$ мг/л, $B 77–83$ мг/л). Йодо-борные рассолы отдельных площадей указанных территорий являются также и йодо-бромными (табл. 5.6), что повышает их ценность.

При оценке перспектив комплекса на распространение редкометалльных *литиеносных промышленных вод* можно уверенно констатировать наличие благоприятных условий для накопления лития в рассолах карбонатных верхнедевонско-нижнекаменноугольных отложений (рис. 5.18, 5.22 а). Промышленные концентрации Li (более 10 мг/л) выявлены в 62 пробах, отобранных в различных структурных зонах региона, практически все эти рассолы относятся к типам бромных, йодо-бромных или йодо-борных промышленных. Наиболее перспективные площади литиеносных рассолов приведены в табл. 5.6. Максимально высокие (до 43 мг/л) значения лития выявлены в широком диапазоне глубин залегания водоносного комплекса в скважинах севера ТП СБ — в пределах Хорейверской впадины, Варандей-Адзвинской структурно-тектонической зоны, Денисовского прогиба, Колвинского мегавала (рис. 5.22а).

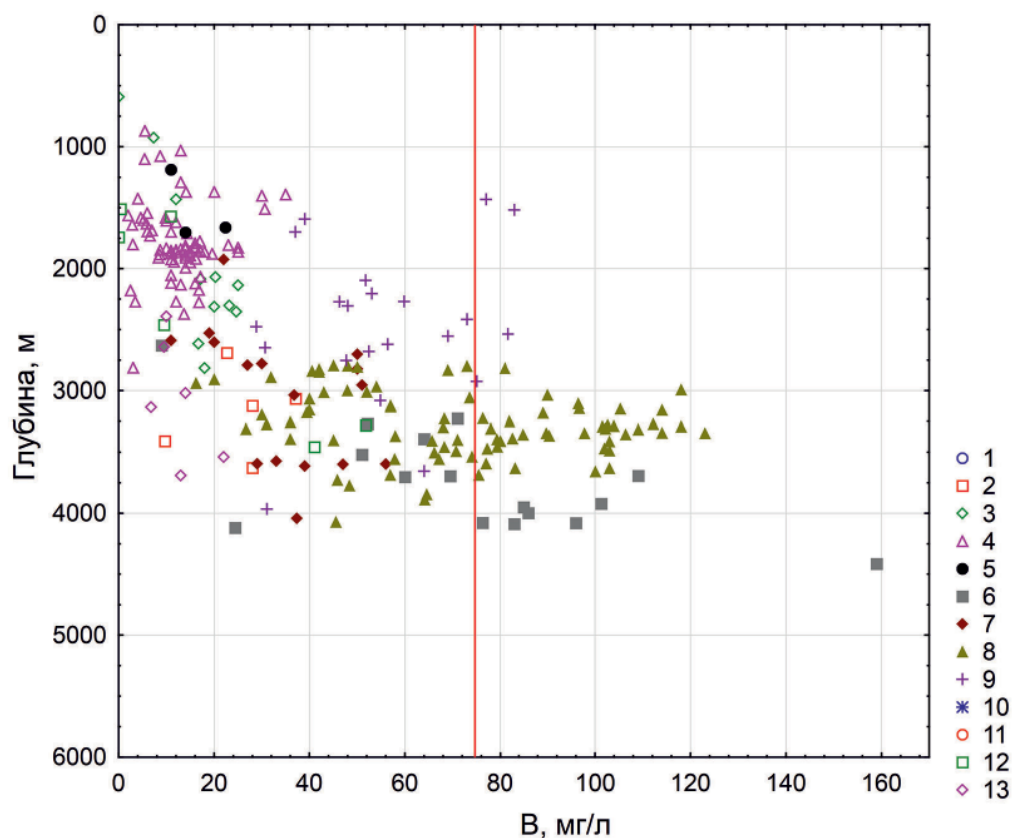


Рис. 5.21. Распределение содержаний бора в подземных рассолах *верхнедевонско-нижнекаменноугольного* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к выделенным структурам ТП СБ. Линия на графике показывает минимальные промышленные концентрации бора — 75 мг/л при совместном с другими элементами извлечения. Наименования структур см. рис. 5.19.

Отличительной особенностью данного карбонатного водоносного комплекса является высокая перспективность на развитие *промышленных стронциеносных вод*. В пределах контура распространения йодо-бромных промышленных вод условно можно выделить две площади (северную и южную) (рис. 5.18), где рассолы являются стронциеносными, а также большей частью литиеносными. Наибольшие содержания стронция зафиксированы в северной части осадочного бассейна в скважинах 1-Ярей-юская — 800 мг/л, 1-Западно-Хатаяхская — 680 мг/л. В пределах Ижма-Печорской синеклизы значения стронция в рассолах ВК не превышают 500 мг/л.

Особенности распределения промышленных вод, содержащих кондиционные концентрации $Rb \geq 3$ мг/л и $Cs \geq 0.5$ мг/л, установить невозможно. Всего имеется 21 определение рубидия. Только в рассолах скважин 3-Западно-Аресская (6.8 мг/л), 1-Верхнелодминская (4.0 мг/л) и на Мусюршорской площади (2.5—3.0 мг/л) выявлены содержания Rb , превышающие минимальные промышленные концентрации. Цезий определен всего в шести пробах рассолов, все они ниже кондиционных требований.

В рассолах *верхнедевонско-нижнекаменноугольного* ВК обнаружены высокие концентрации основных катионов (табл. 5.5). Обращают внимание высокие медиан-

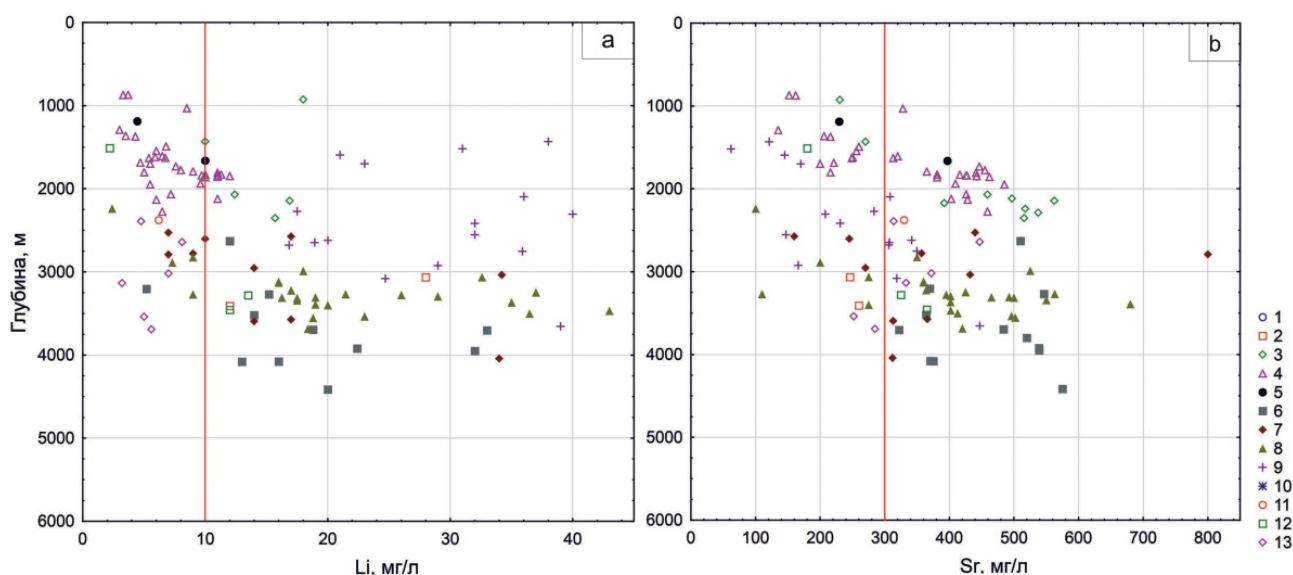


Рис. 5.22. Распределение содержаний лития (а) и стронция (б) в подземных рассолах *верхне-девонско-нижнекаменноугольного* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации при одновременном извлечении (мг/л): Li — 10, Sr — 300. Наименования структур см. рис. 5.19.

ные значения в данных рассолах натрия (50.7 г/л) — максимальные для рассолов ТП СБ. Медианные содержания калия (1.0 г/л) превышают его величину в смежных водоносных комплексах. Поскольку минимальные промышленные концентрации калия выше 1 г/л установлены в рассолах водоносного комплекса D_3-C_1 отложений, то в соответствии с (Методические рекомендации 2013) они могут быть оценены как промышленные калиеносные и попутно извлекаться при разработке месторождений углеводородного сырья.

5.4. Промышленные рассолы водоносного комплекса среднедевонско-нижнефранских терригенных отложений

Характер распределения промышленных вод данного водоносного комплекса существенно изменяется по сравнению со смежными ВК в связи с отсутствием терригенных отложений ВК на значительной площади ТП СБ (рис. 4.13, 5.23—5.25). Современное площадное развитие отложений комплекса имеет сложную конфигурацию, его стратиграфический объем и мощность в значительной мере предопределены условиями формирования в узких протяженных зонах (грабенах) и размывом толщ в раннефранское время. В связи с этим отсутствуют данные по Хорейверской, Косью-Роговской и Большесынинской впадинам, Пайхойско-Приюжноновоземельскому мегапрогибу, Воркутскому поперечному поднятию, гряде Чернышева. Рассолы хлоридного натриевого (натриево-кальциевого) состава опробованы в широком интервале глубин 286—4700 м (табл. 5.7). Залегающая в кровле ВК толща тиманского и саргаевского горизонтов франского яруса является региональным флюидоупором для данного, а в обла-

Таблица 5.7. Концентрации компонентов рассолов среднедевонско-нижнефранского водоносного комплекса

Параметры	Число наблюдений	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Интервал опробования, м	507	2328.00	286.00	4700.11	950.50	2782.00
Минерализация, г/л	507	148.05	35.86	268.55	122.52	196.50
I, мг/л	294	9.28	1.69	76.15	6.30	16.90
Br	333	485.00	56.00	1542.10	355.41	612.72
B	72	16.65	0.86	572.00	10.60	55.00
Li	42	6.42	1.25	30.00	3.56	12.00
Sr	43	327.90	72.60	750.00	218.00	480.00
Rb	14	0.54	0.15	1.80	0.30	1.00
Cs	2	0.08	0.06	0.10	0.06	0.10
Na, г/л	506	38.76	10.74	76.30	31.76	53.75
K	64	0.60	0.12	2.48	0.31	0.95
Mg	506	2.40	0.10	7.29	1.64	2.77
Ca	506	14.00	1.94	27.38	11.10	17.0

стях его отсутствия — для более древних водоносных комплексов. Тимано-саргаевский водоупор надежно защищает седиментационные морские воды нормальной солености и опресненные воды дельт среднедевонско-нижнефранского ВК от проникновения вод из вышележащих комплексов, сохраняет своеобразный химический состав рассолов в терригенных толщах.

Бромные промышленные воды среднедевонско-нижнефранского ВК имеют площадное распространение в центральной и южной частях ТП СБ (рис. 5.23, 5.26) в пределах тектонических структур: Тиманской гряды, Овра-Лыжской седловины, Печоро-Кожвинского межавала; в меньшей степени они установлены на Колвинском межавале, центральной части Денисовского прогиба, вале Сорокина, а также в отдельных скважинах Малоземельско-Колгуевской моноклинали, восточного борта Ижма-Печорской синеклизы.

В пластовых водах данного ВК зафиксированы самые высокие в регионе концентрации брома — до 1.54 г/л, медианная величина равна 485.0 мг/л (табл. 5.7). Содержания брома свыше 760 мг/л — кондиционного требования к месторождениям подземных вод для Тимано-Печорского бассейна промышленных вод по (Бондаренко и др. 1988) — выявлены в 46 т. н. (рис. 5.23, рис. 5.26), что доказывает высокую перспективность рассолов среднедевонско-нижнефранского ВК для использования их в качестве гидроминерального сырья. В пределах Овра-Лыжской седловины, отличающейся наибольшим количеством опробования рассолы имеют медианное содержание брома — 585.8 мг/л. Br более 1.0 г/л обнаружен на Пашнинской и Южно-Джебольской площадях в подземных водах с минерализацией 225—230 г/л (табл. 5.8).

Несмотря на максимально высокие содержания йода в рассолах терригенных отложений (до 76.15 мг/л), *промышленные воды йодного типа* распространены ограничено — на территориях южных частей Колвинского и Печоро-Кожвинского межава-

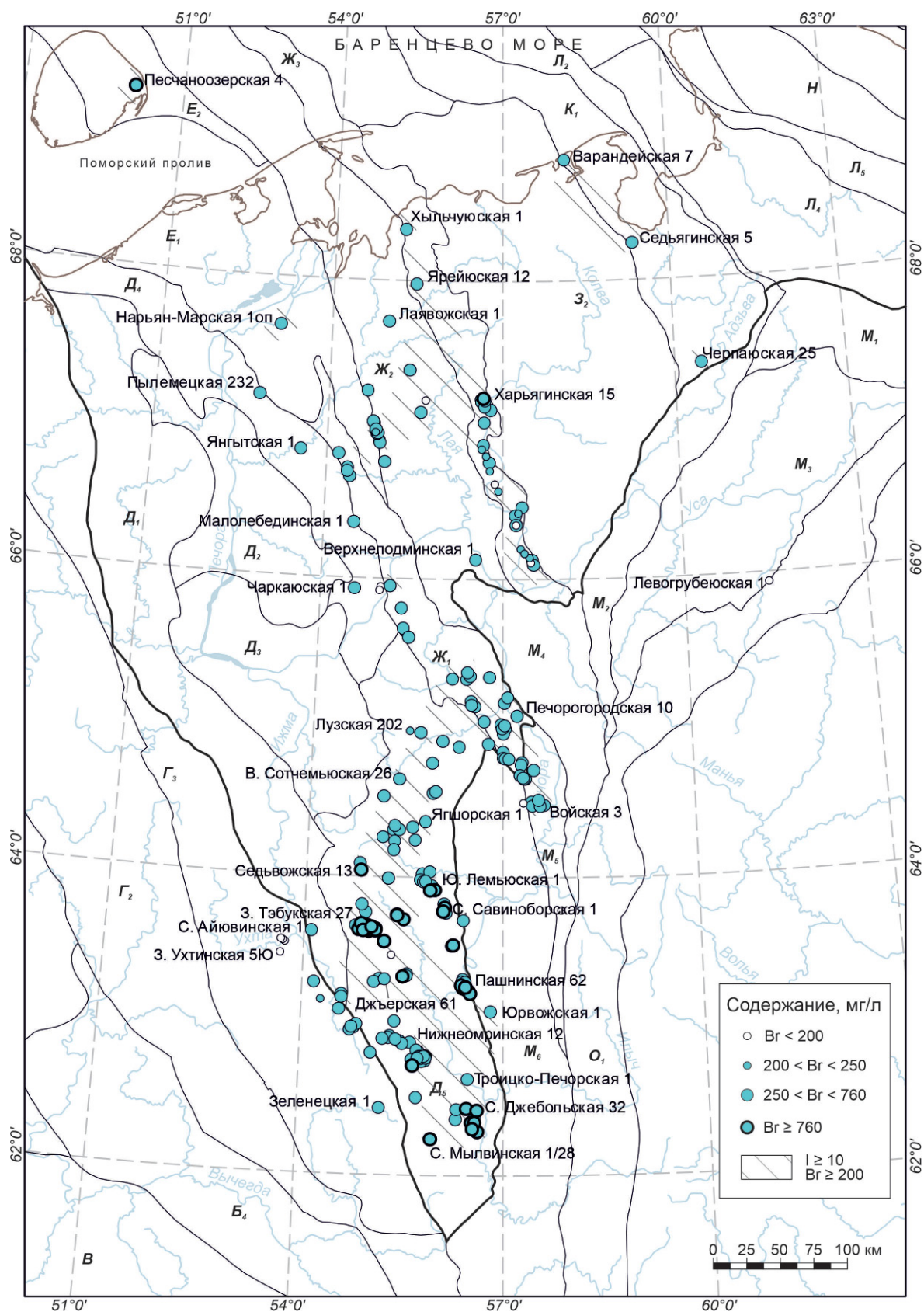


Рис. 5.23. Распределение концентраций брома в рассолах среднедевонско-нижнефранского водоносного комплекса. Градация содержаний брома приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

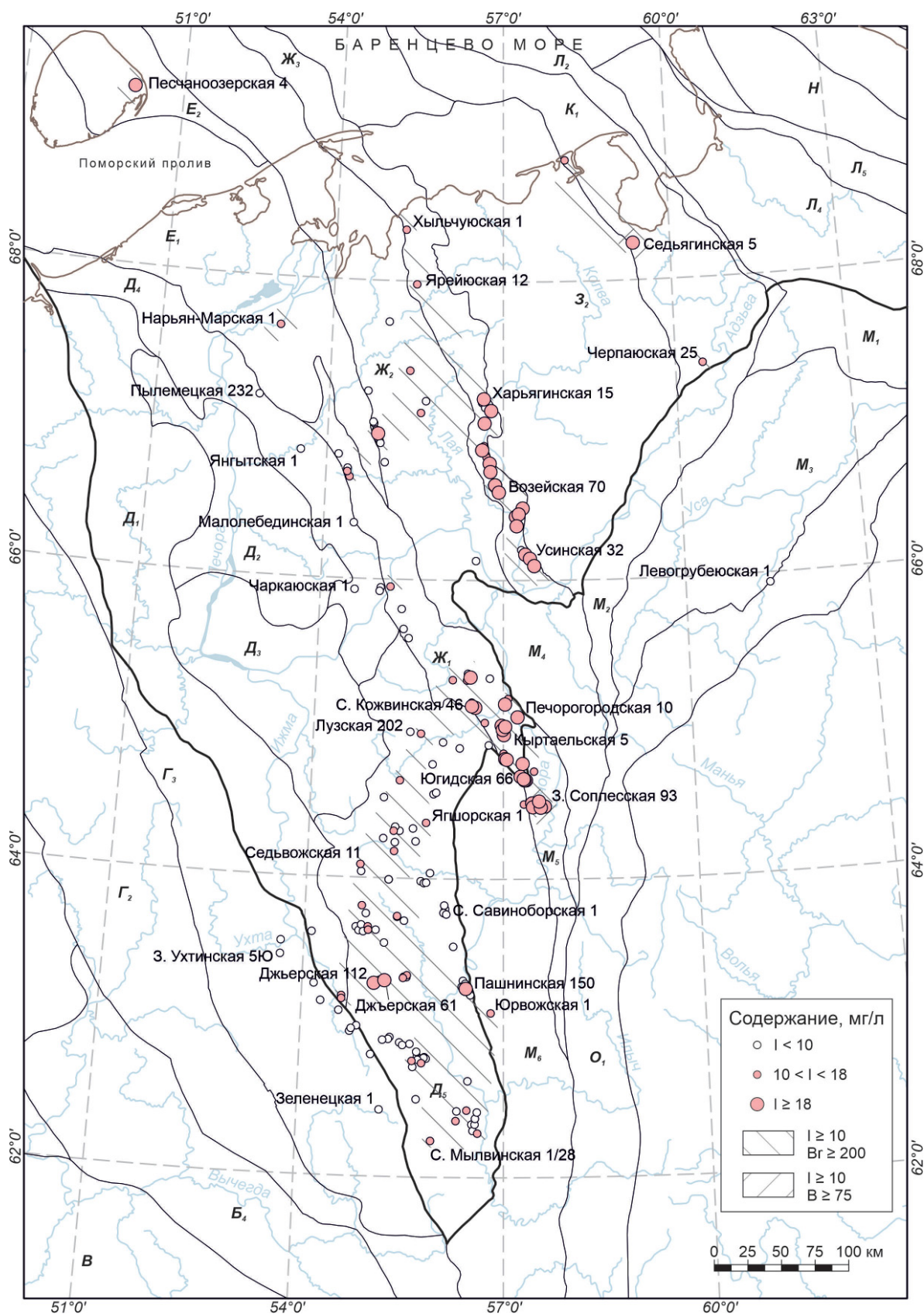


Рис. 5.24. Распределение концентраций йода в рассолах среднедевонско-нижнефранского водоносного комплекса. Градация содержаний йода приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$; $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

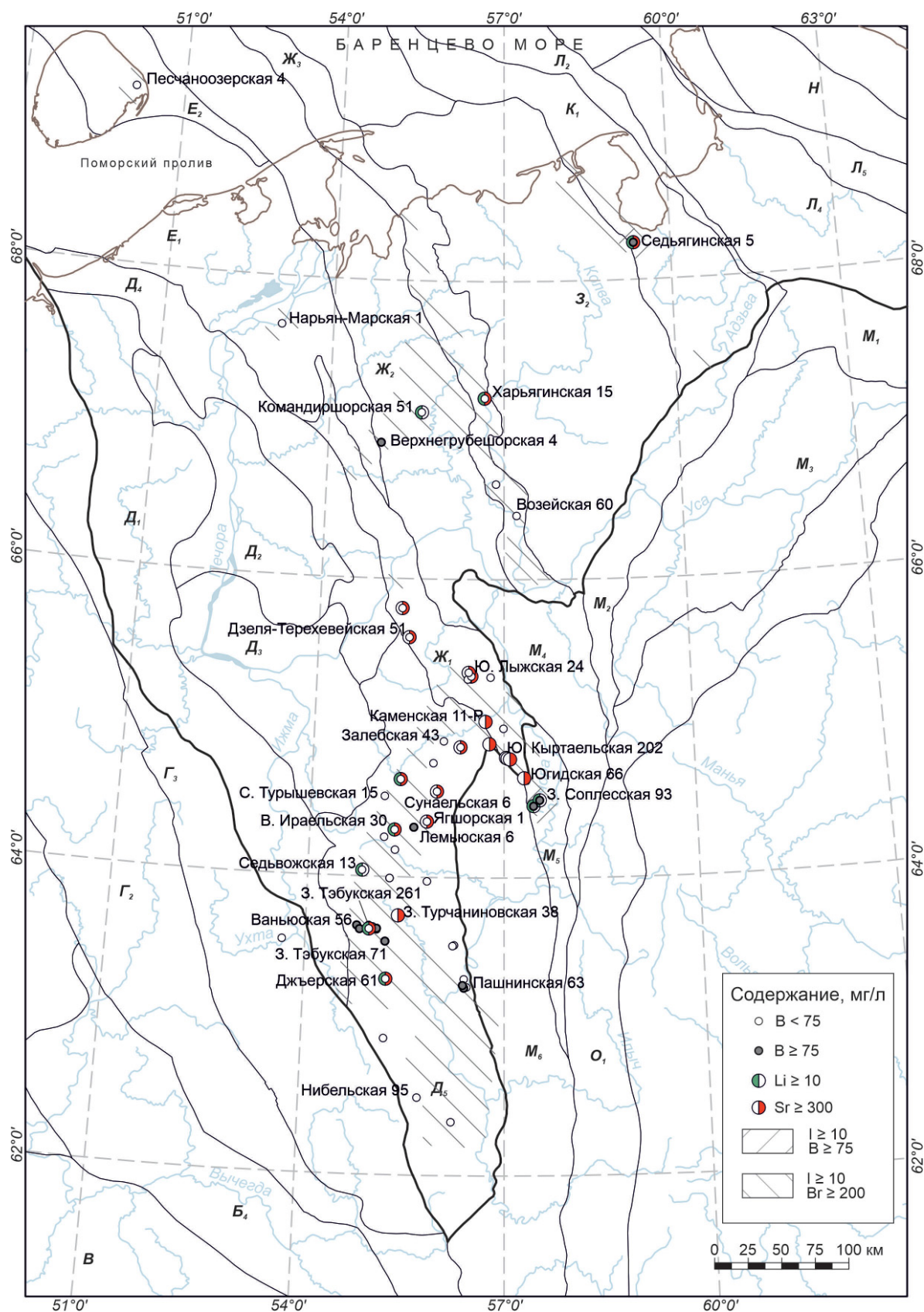


Рис. 5.25. Распределения концентраций бора, лития и стронция в рассолах *среднедевонско-нижнефранского* водоносного комплекса. Градация содержаний приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-борных промышленных вод, удовлетворяющих условиям при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

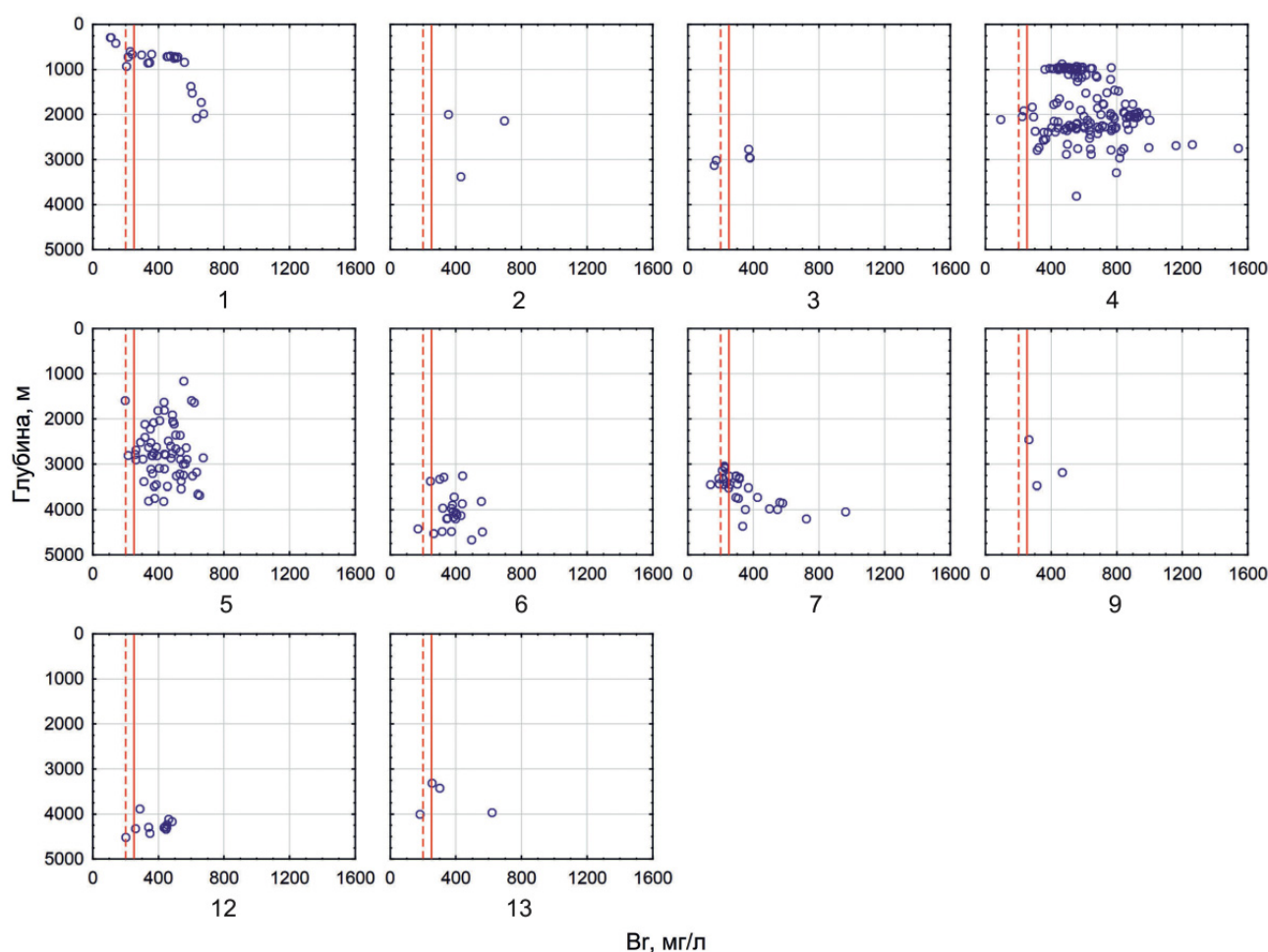


Рис. 5.26. Изменение концентраций брома в рассолах *среднедевонско-нижнефранского* водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

1 — Тиманская гряда; 2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Омра-Лыжская седловина; 5 — Печоро-Кожвинский мегавал; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 12 — Большесынинская впадина, Среднепечорское поперечное поднятие; 13 — Верхнепечорская впадина.

Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации брома — 250 мг/л и при совместном с другими элементами извлечения — 200 мг/л.

лов, северной части Среднепечорского поперечного поднятия (рис. 5.24), выявлены также в отдельных скважинах Омра-Лыжской седловины и других структур. Данные пластовые рассолы имеют преимущественно хлоридный натриево-кальциевый состав, различную минерализацию (от 61 до 237 г/л) и залегают в диапазоне глубин от 1.0 до 4.5 км (рис. 5.27). Наибольшие значения йода (более 40 мг/л) выявлены в рассолах ВК, находящихся в зоне сочленения Среднепечорского поперечного поднятия (Западно-Соплесская, Югидская и Северо-Югидская площади) и Печоро-Кожвинского мегавала (Кыртаельская, Печорогородская площади), а также — на Усинской и Возейской площадях, в скважинах: 4-Песчаноозерская (инт. 3620—3633 м), 61-Джьерская (инт. 1638—1642 м) и 150-Пашнинская (инт. 2750—2766 м).

Таблица 5.8. Подземные воды среднедевонско-нижнефранского ВК, удовлетворяющие кондиционным требованиям к поликомпонентным литиеносным, стронциеносным йодо-борным, йодо-бромным, бромным промышленным водам

Площадь (скважина, ее номер)	Интервал опробования, м (от – до)	Минерализация, г/л	Содержание, мг/л						Магний	Рубидий	Цезий
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий			
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3.0	0.5
Ижма-Печорская синеклиза											
Джьерская, 61	1638–1642	237.25	681.00	52.00	55.00	14.00	750.00	1250.00	3283.00	н. с.	н. с.
С. Жебольская	1758–2050	207.5–216.9	853.0–905.0	6.4–10.0	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	3024.0–3078.0	н. с.	н. с.
Джебольская	1978–2152	201.0–224.5	785.0–904.7	6.4–10.0	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	3196.2–4307.0	н. с.	н. с.
Ю. Жебольская, 1	2125–2129	224.94	1002.17	10.2	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	4788.00	н. с.	н. с.
Среднемывлинская, 11	1760–1780	211.35	719.79	10.15	11.00	12.00	270.00	н. с.	1548.00	н. с.	н. с.
Сосновская, 8	1766–1769	225.49	897.40	10.00	13.26	н. с.	н. с.	н. с.	3660.00	н. с.	н. с.
3. Тэбукская	1935–2079	182.9–241.8	761.9–981.7	8.9–15.0	16.5–140.16	12.0–14.0	450.0–480.0	750.0–1000.00	2432.0–8068.4	н. с.	н. с.
3. Турчаниновская	1980–2283	221.5–238.9	796.5–877.5	9.7–11.6	н. с.	6.75	654.40	н. с.	2736.0–2796.8	н. с.	н. с.
Вельюская	2013–2212	212.0–232.6	760.8–902.0	3.8–7.6	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	2707.1–3814.6	н. с.	н. с.
С. Савиноборская	2037–2973	213.0–226.4	779.3–818.2	3.8–7.1	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	2341.9–2683.2	н. с.	н. с.
Седьвожская, 13	2200–2208	222.44	861.06	7.40	13.00	20.0	260.00	900.00	3161.60	н. с.	н. с.
В. Ираельская, 30	2253–2261	236.04	602.00	11.00	16.00	11.00	525.00	1285.00	2554.00	н. с.	н. с.
Мичаюская	2310–2330	209.9–222.5	769.9–871.1	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.
Ягшорская, 1	2310–2330	221.81	554.00	11.00	17.00	6.50	525.00	800.00	2706.00	н. с.	н. с.
В. Сотчемьюская, 26	2329–2370	236.85	633.00	12.00	21.00	12.00	594.00	1200.00	2706.00	н. с.	н. с.
Пашинская	2665–3295	219.5–233.7	797.5–1542.1	2.5–49.1	137.5–179.9	н. с.	н. с.	н. с.	2428.0–4497.6	н. с.	н. с.

Окончание таблицы 5.8

Площадь (скважина, ее номер)	Интервал опробования, м (от – до)	Минерализация, г/л	Содержание, мг/л								
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний	Рубидий	Цезий
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3.0	0.5
Малоземельско-Колгуевская моноклинали											
Песчаноозерская, 4	3620–3633	184.13	950.00	68.00	30.00	н. с.	н. с.	958.0	2166.0	н. с.	н. с.
Печоро–Кожвинский мегавал											
Ю. Кыртаельская, 204	2107–2504	214.1–219.6	495.1–504.8	27.1–28.2	н. с.	3.4–3.6	501.8–629.5	698.0–1357.0	1732.8–2584.0	н. с.	н. с.
Каменская, 11-Р	2858–2864	234.82	672.09	12.69	н. с.	2.20	537.00	2478.00	2657.00	н. с.	н. с.
Ю. Лыжская, 24	2865–2926	197.63	534.00	24.30	17.70	6.70	444.00	500.00	2310.00	н. с.	н. с.
Югидская, 66	3220–3248	129.33	552.50	47.00	н. с.	5.03	415.40	326.00	2188.80	0.85	0.06
Денисовский прогиб											
Командиршорская, 51	4472–4482	87.69	315.11	15.23	21.25	11.90	156.20	442.00	182.40	1.00	0.10
Колвинский мегавал											
Харьягинская	3970–4051	143.9–194.2	497.2–962.0	16.9–31.7	16.0–64.0	14.0–30.0	260.0–330.0	200.0–460.0	1045.7–1381.0	н. с.	н. с.
Варандей-Адзьявинская структурно–тектоническая зона											
Седьягинская, 5	3183–3185.6	196.79	468.86	21.15	91.38	26.00	620.00	311.50	1886.07	н. с.	н. с.
Среднепечорское поперечное поднятие											
3. Соплесская	4126–4306	92.3–98.9	433.0–483.0	47.3–50.0	91.0–120.0	13.0–14.0	280.00	н. с.	1338.0–1520.0	н. с.	н. с.

Примечание. * Минимальные промышленные концентрации магния и калия приведены по (Методические рекомендации 2013).

Йодо-бромные промышленные воды распространены существенно шире, чем рассолы йодного типа, они охватывают также и центральную часть Денисовского прогиба, большую область в Омра-Лыжской седловине (рис. 5.24). Медианные значения йода и брома в рассолах ТП СБ равны 9.28 и 485 мг/л, свидетельствуют о преимущественном распространении в пределах терригенного D_2 - D_3f_1 водоносного комплекса бромных промышленных вод. Наиболее перспективные площади и скважины промышленных вод йодо-бромного типа, содержащих и другие ценные компоненты, приведены в табл. 5.8.

Рассолы среднедевонско-нижнефранского ВК Западно-Тэбукской, Пашнинской, Ваньюской и Лемъюской площадей Омра-Лыжской седловины, Западно-Соплесской площади и скважины 5-Седьягинская содержат повышенные концентрации бора (75—210 мг/л), но не достигающие промышленных значений (рис. 5.25, 5.28). В целом для рассолов терригенного ВК медианные содержания бора ниже в сравнении с карбонатными ВК. В единственной скважине 4-Верхнегубершорская (инт. 3890—3980 м) определены кондиционные количества бора 370—572 мг/л (однако считаем, что требует-

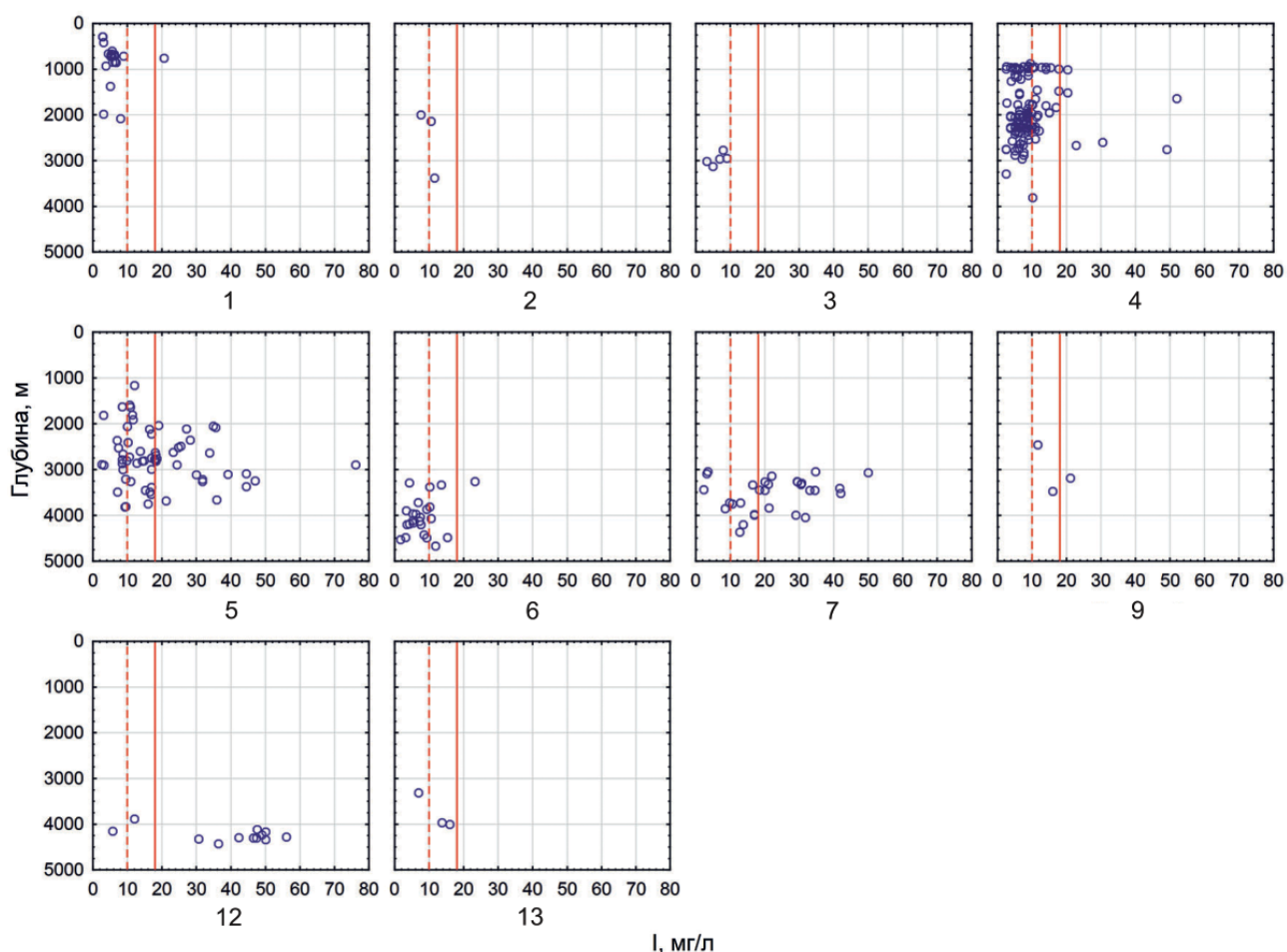


Рис. 5.27. Изменение концентраций йода в рассолах *среднедевонско-нижнефранского* водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации йода — 18 мг/л и при совместном с другими элементами извлечении — 10 мг/л. Наименования структур см. рис. 5.26.

ся подтверждение этих данных). К *йодо-борным промышленным водам* можно отнести только рассолы Западно-Соплесской площади и скважины 5-Седьягинская (табл. 5.8).

Установленные к настоящему времени в йодо-бромных и бромных рассолах среднедевонско-нижнефранского ВК концентрации лития, превышающие 10 мг/л и достигающие 30 мг/л (табл. 5.7), наблюдаются лишь в 13 т. н. (рис. 5.25, 5.29 а). Скважины, вскрывшие эти *литиеносные промышленные рассолы*, распространены ограниченно в пределах Омра-Лыжской седловины, Западно-Соплесской площади, а также в северной части ТП СБ, в скважинах 5-Седьягинская и 51-Командиршорская (табл. 5.8).

Пластовые рассолы хлоридного натриевого (натриево-кальциевого) составов данного ВК содержат стронций в количестве 72.6—750 мг/л (табл. 5.7, рис. 5.25, 5.29 б). Концентрации Sr ниже, чем в смежных карбонатных водоносных комплексах, не наблюдается связи с глубиной опробования. *Стронциеносные промышленные воды* имеют небольшую площадь распространения в пределах Печоро-Кожвинского мегавала, Среднепечорского поперечного поднятия и Омра-Лыжской седловины, а также выявлены в одиночных скважинах 15-Харьягинская и 5-Седьягинская.

Концентрации рубидия (0.15—1.8 мг/л) и цезия (0.06—0.1 мг/л) в рассолах ВК не достигают промышленных значений.

Водоносный комплекс терригенных среднедевонско-нижнефранских отложений характеризуется высокими содержаниями магния (табл. 5.7); медианное значение Mg и Ca равные 2.4 и 15.0 г/л — наибольшие среди всех ВК Тимано-Печорского бассейна.

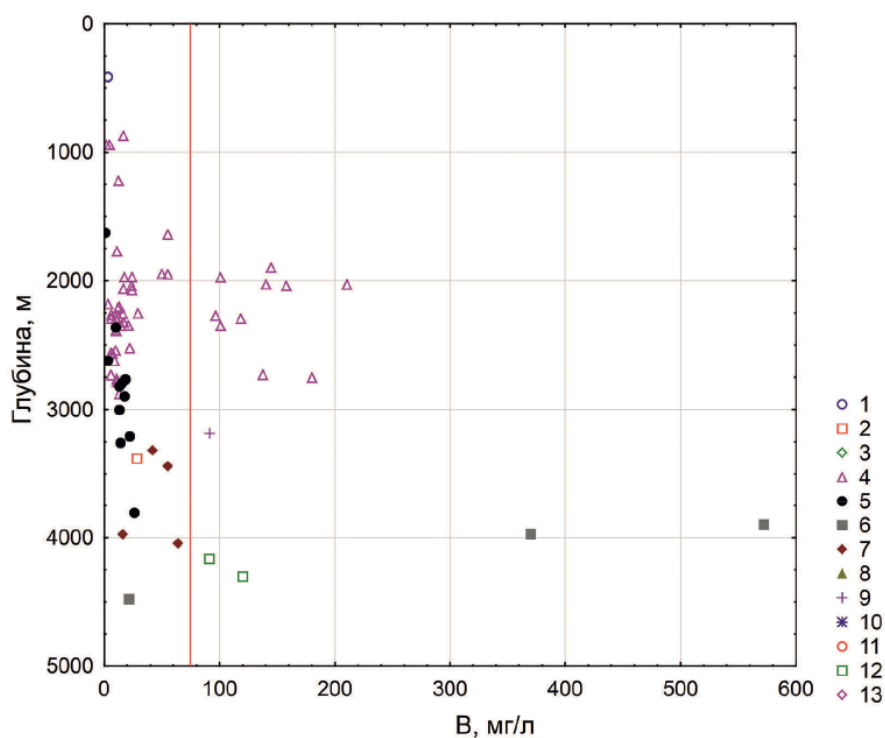


Рис. 5.28. Распределение содержаний бора в подземных рассолах *среднедевонско-нижнефранского* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линия на графике показывает минимальные промышленные концентрации бора при одновременном извлечении — 75 мг/л. Наименования структур см. рис. 5.26.

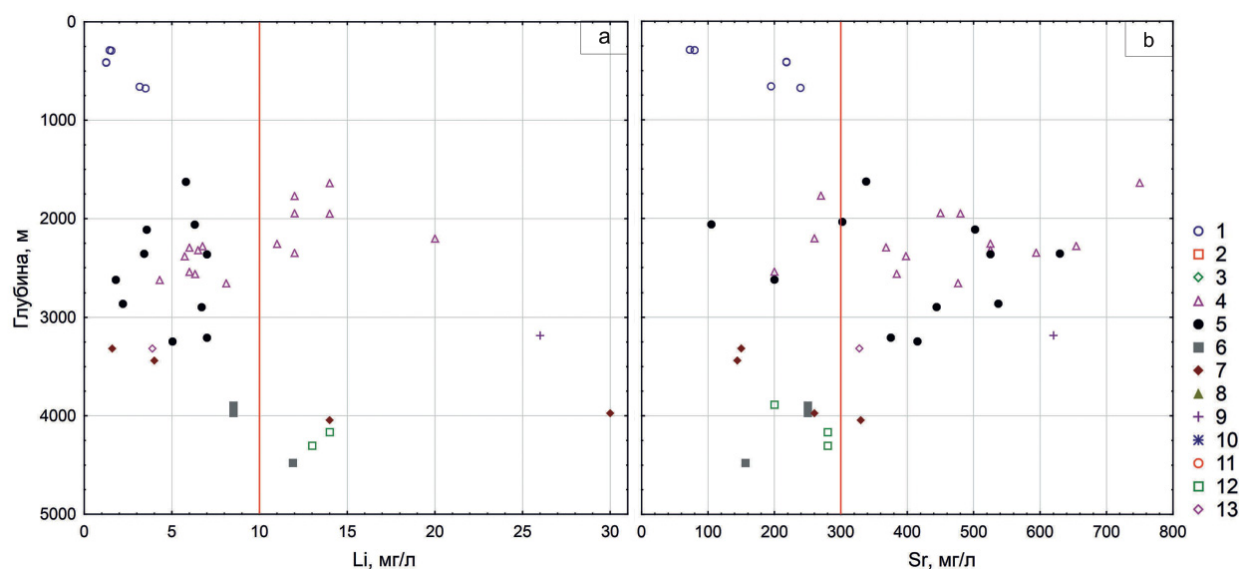


Рис. 5.29. Распределение содержаний лития (а) и стронция (б) в подземных рассолах *среднедевонско-нижнефранского* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации (мг/л): Li — 10, Sr — 300. Наименования структур см. рис. 5.26.

Хлоридные кальциево-натриевые бромные и йодо-бромные рассолы Омра-Лыжской седловины могут служить потенциальным сырьем для добычи щелочных металлов. При этом подчеркнем, что концентрации калия и магния не достигают минимальных промышленных концентраций для пластовых вод, попутно извлекаемых при разработке месторождений УВС по (Методические рекомендации 2013).

5.5. Промышленные рассолы водоносного комплекса среднеордовикско-нижнедевонских карбонатных отложений

Геолого-гидрогеологическая изученность ВК среднеордовикских, силурийских и нижнедевонских отложений на данный момент времени предопределяет в значительной степени границы распространения промышленных вод в пределах комплекса (рис. 5.30—5.33). Рассолы ВК исследованы в широком интервале глубин — от 900 до 6918 м, они имеют хлоридный натриевый или кальциево-натриевый состав с минерализацией 42—350 г/л (табл. 5.9), относятся к ClCa типу.

Промышленные бромные воды. Рассолы с промышленными кондиционными ($\text{Br} \geq 250$ мг/л) содержаниями брома распространены в основном в северной части ТП СБ (Хорейверская впадина и примыкающие к ней Колвинский мегавал и Варандей-Адзвинская структурная зона, гряда Чернышева и Косью-Роговская впадина, Малоземельско-Колгуевская моноклираль), и меньше в южной — в пределах Ижма-Печорской синеклизы и Верхнепечорской впадины. Рассолы комплекса характеризуются высокими концентрациями брома. Содержание брома — 1.11 г/л, выявлено в скважине Колвинская СГ (инт. 6911—6918 м); данной скважиной опробованы наибольшие в ТП СБ глубины залегания исследованных водоносных комплексов. В рассолах ряда скважин:

Таблица 5.9. Концентрации компонентов рассолов
среднеордовикско–нижнедевонского водоносного комплекса

Параметры	Число наблюдений	Медиа-на	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль
Интервал опробования, м	179	3420.00	900.00	6918.00	2667.00	3782.50
Минерализация, г/л	179	162.90	41.74	349.49	144.45	187.46
I, мг/л	170	11.05	0.85	49.00	6.34	17.00
Br	175	467.00	4.48	1113.79	389.00	581.30
B	84	53.21	2.86	1036.00	23.22	110.50
Li	65	12.00	4.50	480.00	9.00	17.75
Sr	66	426.50	6.50	6500.00	282.00	515.00
Rb	19	1.36	0.06	40.00	0.59	2.10
Cs	0	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.	н. с.
Na, г/л	179	48.49	7.25	85.11	41.37	54.35
K	129	1.40	0.25	12.00	0.98	1.93
Mg	179	1.85	0.12	4.38	1.37	2.30
Ca	179	10.80	1.52	44.70	8.15	14.50

6-Кочмесская, 12-Среднемакарихинская, 4-Песчаноозерская, 5-Прилукская, 1-Динъюская, 91-Хосолтинская, 95-С. Кабаньвожская, 1 и 14-3. Тэбукские (рис. 5.30, 5.34, табл. 5.10), установлены содержания брома, превышающие 760 мг/л (кондиционные требования к месторождениям подземных вод для Тимано-Печорского бассейна промышленных вод по Бондаренко и др. 1988). Следует упомянуть о пробе рассолов скважины 2–Воргамусюшорская, в которой была опробована соленосная толща малотавротинского горизонта, в интервале глубин 2075–2115 м (анализ отбракован, требуется подтверждение данных), где бром определен в количестве 2.58 г/л.

Промышленные воды йодного типа ($I \geq 18$ мг/л) также сосредоточены в северной части ТП СБ (Хорейверская впадина, Колвинский мегавал, Варандей-Адзьвинская структурная зона) и выявлены отдельными скважинами на гряде Чернышева, в Косью-Роговской впадине и Малоземельско-Колгуевской моноклинали (рис. 5.31, 5.35). Наибольшие значения йода установлены в рассолах скважин (табл. 5.10) (мг/л): 21-Надеюская — 49.0; 4-Песчаноозерская — 46.5; 1-Танюйская — 42.3; 5-Кочмесская — 42.0.

Йодо-бромные воды выявлены главным образом на севере ТП СБ: в южной части Хорейверской впадины, в Косью-Роговской впадине, в центральной части Колвинского мегавала, в Варандей-Адзьвинской структурной зоне и Малоземельско-Колгуевской моноклинали. Вследствие недостаточной гидрогеологической изученности, особенности распространения и больших глубин залегания отложений комплекса йодо-бромные рассолы в Ижма-Печорской синеклизе, Верхнепечорской впадине и других территориях установлены на ограниченной территории (рис. 5.30, 5.31). Перспективные для комплексного извлечения элементов йодо-бромные рассолы (площади и отдельные скважины) представлены в табл. 5.10.

Наличие *борных промышленных вод* в комплексе среднеордовикских, силурийских и нижнедевонских отложений отличает данный ВК от всех других пластовых вод ТП СБ

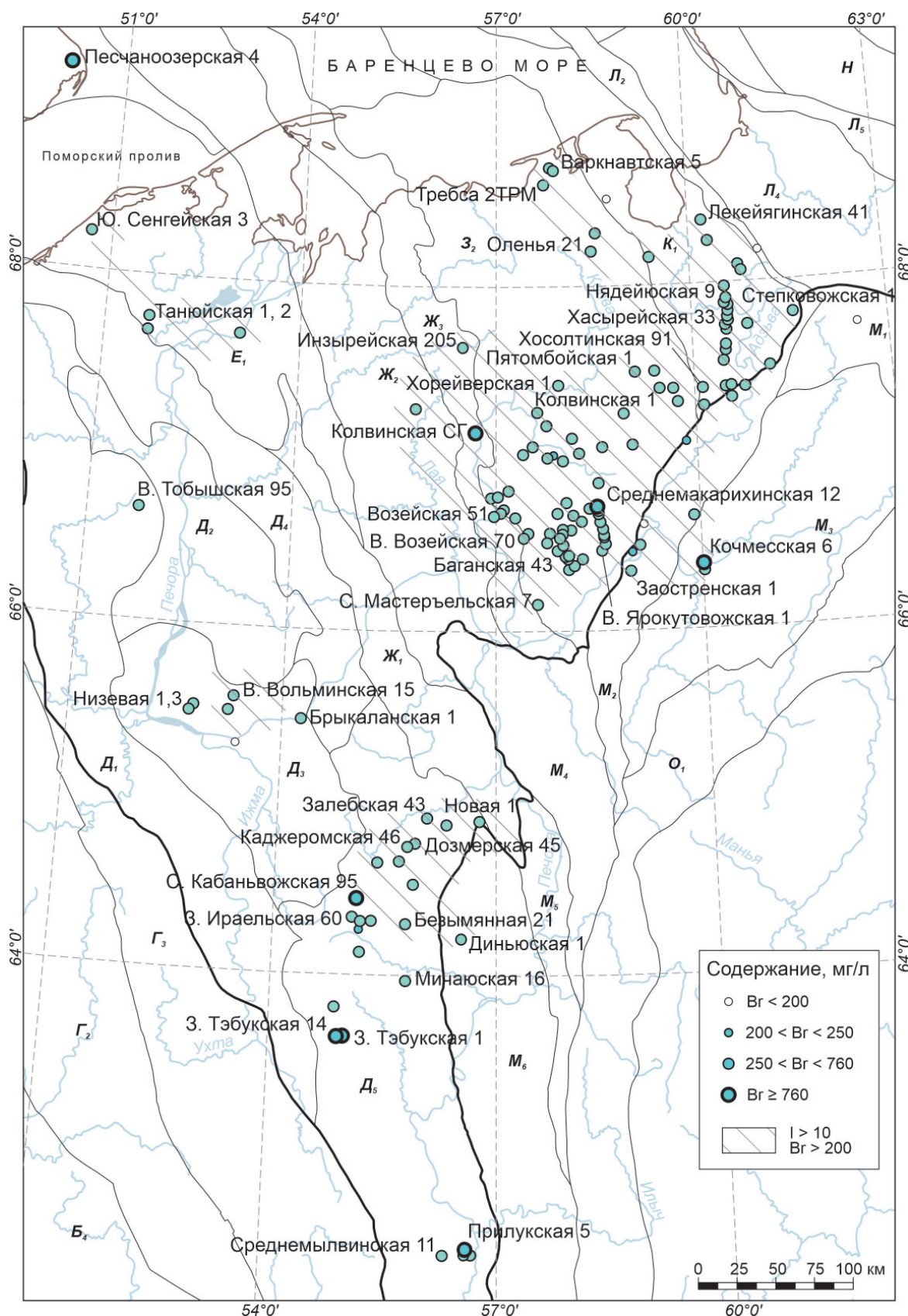


Рис. 5.30. Распределение концентраций брома в рассолах *среднеордовикско-нижнедевонского* водоносного комплекса. Градация содержаний брома приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных промышленных вод, удовлетворяющих условию при одновременном извлечении (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5. 1.

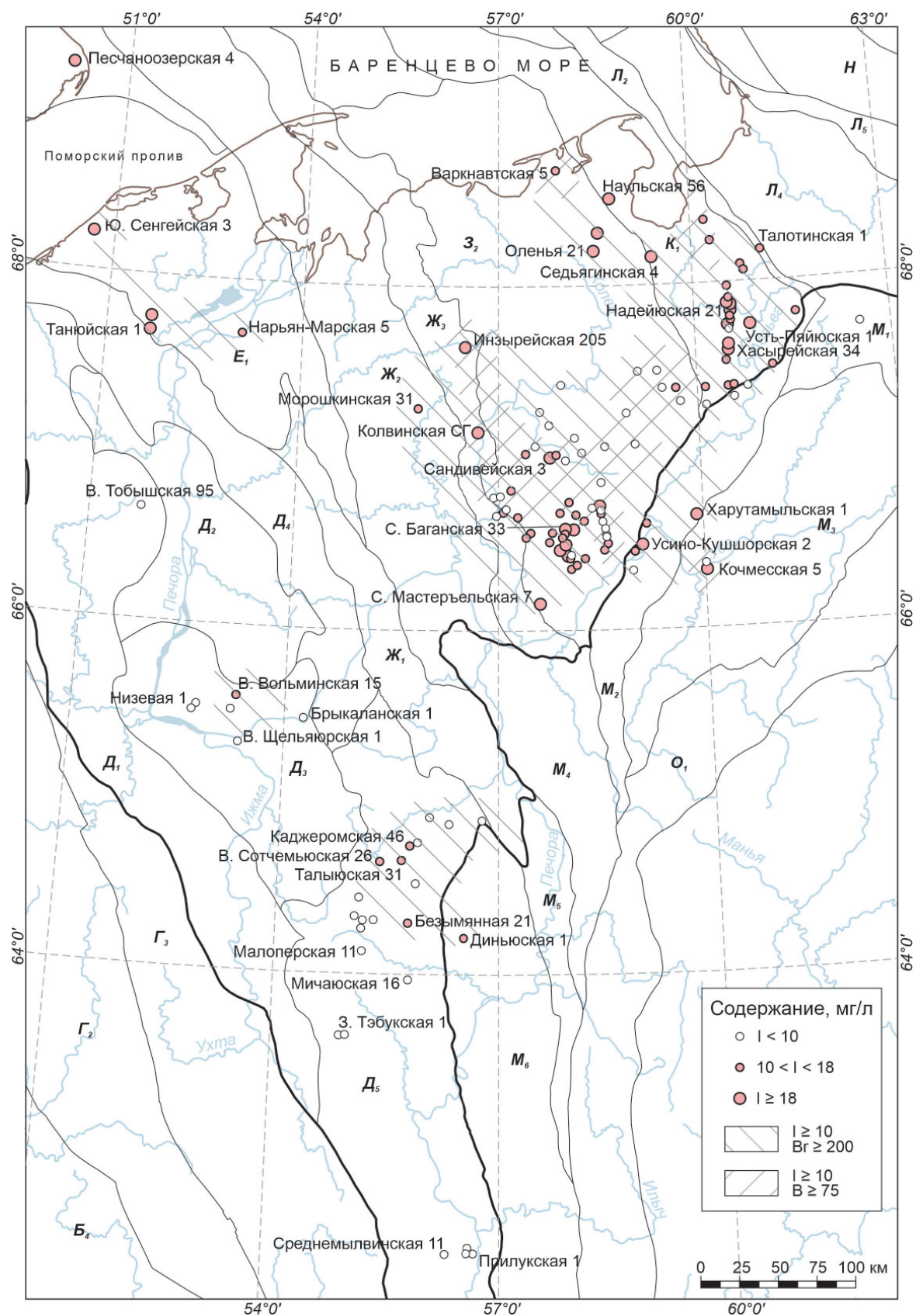


Рис. 5.31. Распределение концентраций йода в рассолах среднеордовикско-нижнедевонского водоносного комплекса. Градация содержаний йода приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод, при одновременном извлечении удовлетворяющих условиям (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$; $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5. 1.

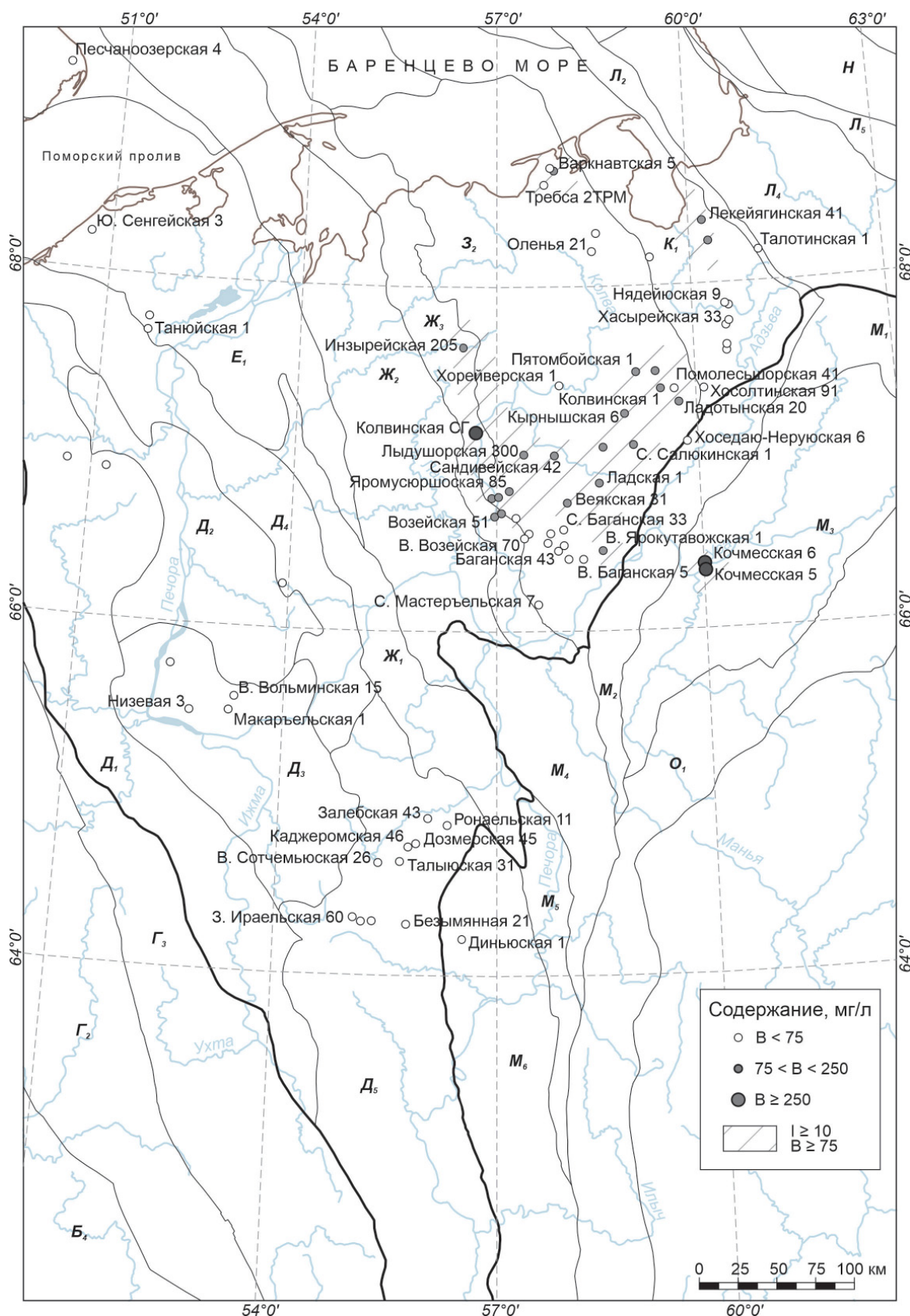


Рис. 5.32. Распределение концентраций бора в рассолах *среднеордовикско-нижнедевонского* водоносного комплекса. Градация содержаний бора приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодо-борных промышленных вод, при одновременном извлечении удовлетворяющих условию (мг/л): $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

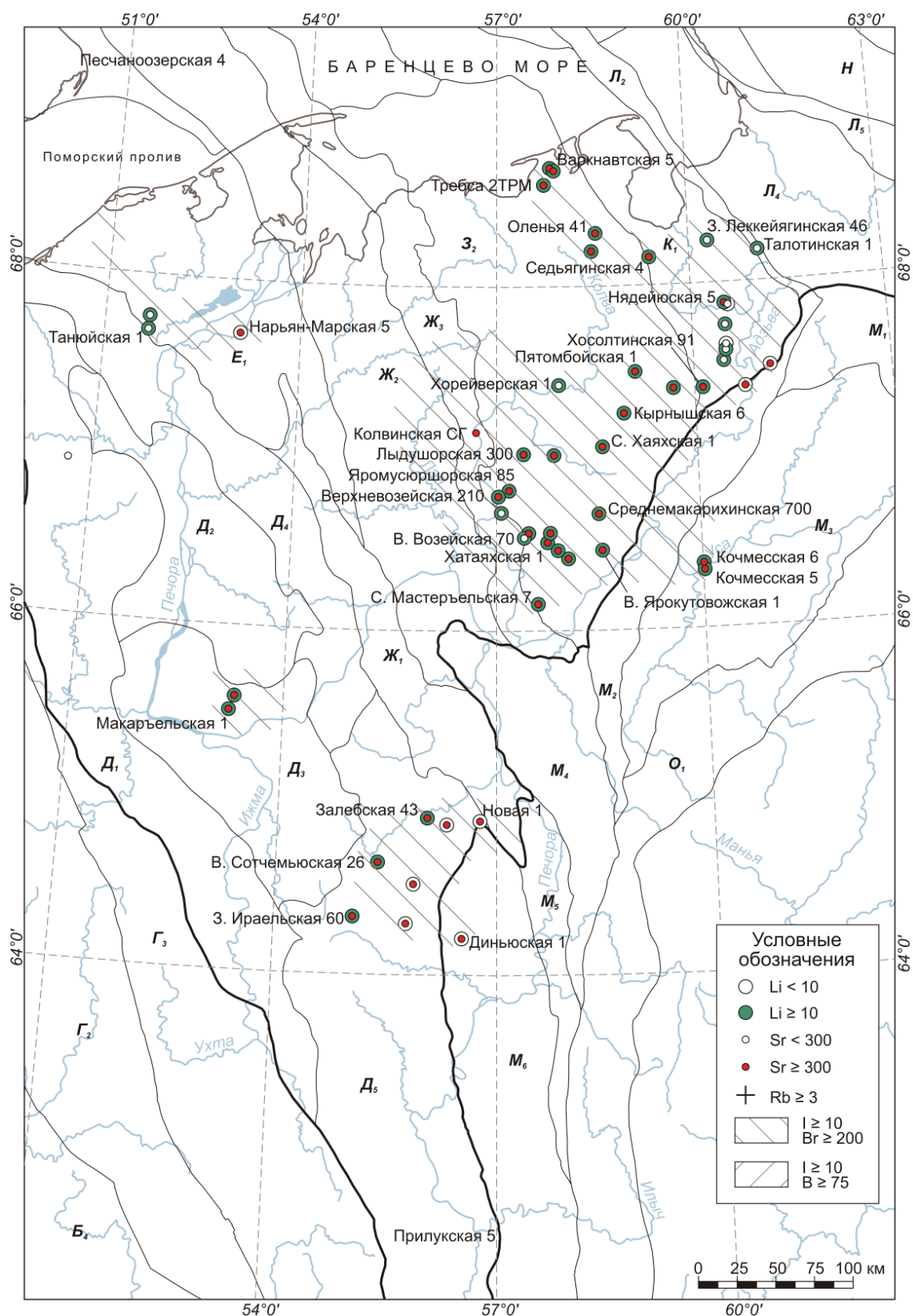


Рис. 5.33. Распределение концентраций стронция, лития и рубидия в рассолах *среднеордовикско-нижнедевонского* водоносного комплекса. Градация содержаний элементов приведена условными знаками по опробованным скважинам. Выделены площади распространения йодобромных и йодо-борных промышленных вод, при одновременном извлечении удовлетворяющих условиям (мг/л): $I \geq 10$ и $Br \geq 200$; $I \geq 10$ и $B \geq 75$. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

(рис. 5.32, 5.36). В скважинах Колвинская СГ, 5 и 6-Кочмесские бор выявлен в кондиционных содержаниях: 648.8, 1036.0 и 774.0 мг/л (табл. 5.10).

Йодо-борные воды имеют ограниченное распространение, они выявлены в Хорейверской впадине, центральной части Колвинского мегавала и на отдельных площадях Варандей-Адзвинской структурной зоны и Косью-Роговской впадины (рис. 5.32, 5.36). При данной стадии изученности водоносного комплекса в качестве кондиционного йодо-борного сырья могут рассматриваться рассолы 14 скважин этих территорий.

Области распространения йодо-бромных и йодо-борных промышленных вод характеризуются высокими перспективами на присутствие в них комплекса полезных компонентов: Sr, Li, Rb (рис. 5.33). Диапазон концентраций элементов приведен в табл. 5.9. Значения медиан лития (12.0 мг/л) и стронция (426.5 мг/л) выше кондиционных требований (10 и 300 соответственно), что указывает на высокий потенциал

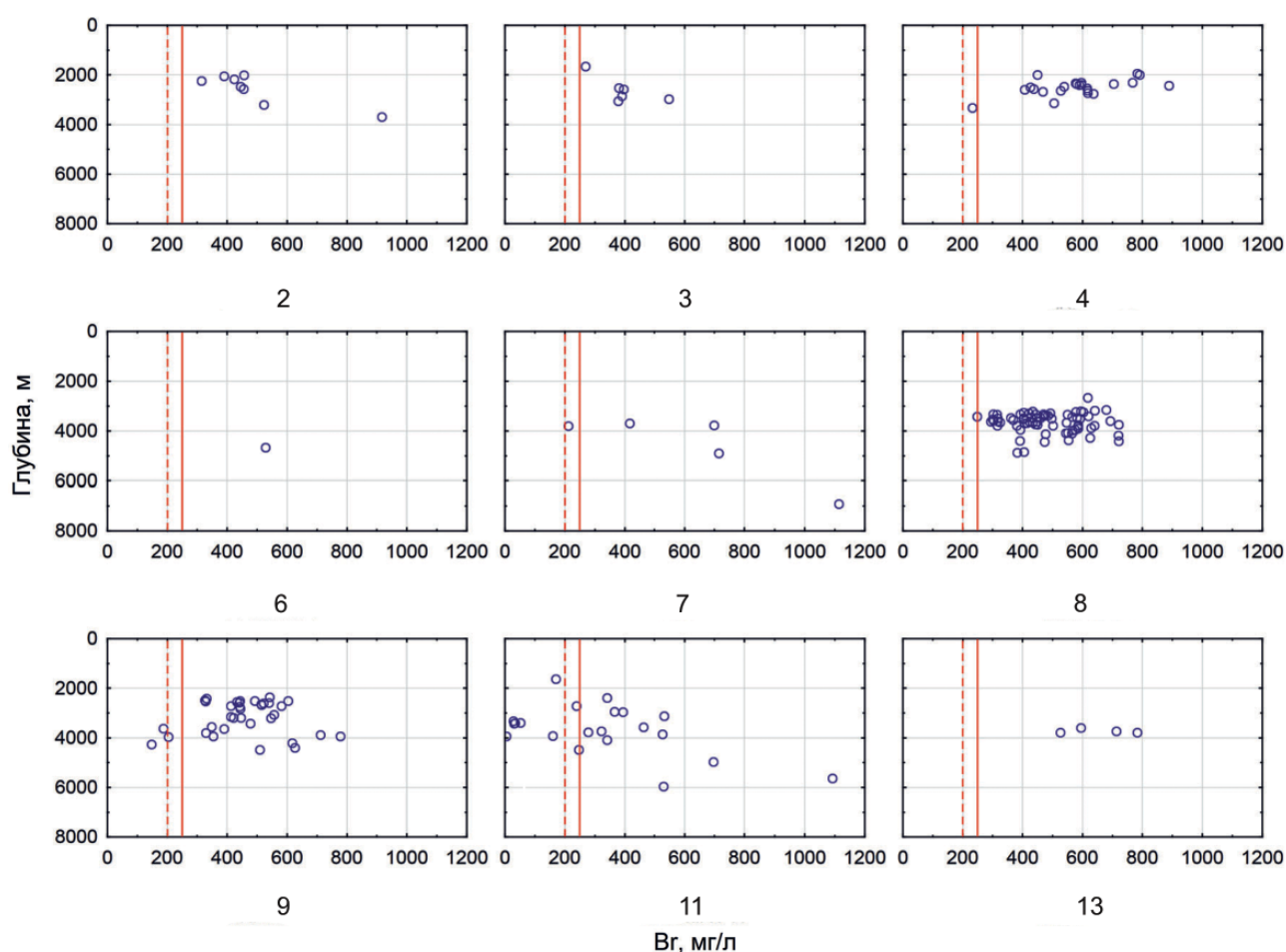


Рис. 5.34. Распределение содержаний брома в подземных рассолах *среднеордовикско-нижне-девонского* водоносного комплекса с глубиной опробования в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ:

2 — Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 3 — Нерицкая ступень, Ерсинская впадина, Ижемская ступень, Восточный борт Ижма-Печорской синеклизы; 4 — Омра-Лыжская седловина; 6 — Денисовский прогиб; 7 — Колвинский мегавал; 8 — Хорейверская впадина; 9 — Варандей-Адзвинская структурно-тектоническая зона; 11 — Воркутское поперечное поднятие, гряда Чернышева, Косью-Роговская впадина; 13 — Верхнепечорская впадина.

Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации брома — 250 мг/л и при совместном с другими элементами извлечении — 200 мг/л.

Таблица 5.10. Рассолы ВК среднеордовикско-нижнедевонских отложений, удовлетворяющие кондиционным требованиям к литиеносным, стронциеносным йодо-борным и йодо-борным промышленным водам

Площадь (скважина, ее номер)	Интервал опробо- вания, м (от – до)	Минерали- зация, г/л	Содержание, мг/л								
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний	Руби- дий	Цезий
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3	0.5
Ижма-Печорская синеклиза											
В. Согчемъюская, 26	2380–2432	230.09	589.00	12.70	19.00	11.00	586.00	1300.00	2827.00	н. с.	н. с.
Колвинский метавал											
Колвинская СГ	6911–6918	218.94	1113.79	31.73	648.77	н. с.	1122.50	н. с.	2307.17	14.60	н. с.
Хорейверская впадина											
Баганская	3279–3781	131.2–140.6	406.0–421.0	14.0–24.0	2.9–59.0	13.00	350.0–371.0	1120.00	1246.0–1611.2	2.00	н. с.
В. Возейская, 250	3528–3543	109.39	300.00	17.50	52.00	14.00	315.00	860.00	1064.00	н. с.	н. с.
В. Ярокутовожская, 1	3429–3375	178.12	619.00	10.00	136.00	22.00	563.00	2800.00	2523.00	н. с.	н. с.
Варкнавтская, 5	4103–4110	180.39	564.77	17.26	94.34	17.75	441.67	2482.85	1701.00	н. с.	н. с.
Льдущорская	3666–3708	135.3–144.3	414.0–443.0	15.0–18.0	75.0–87.0	17.0–18.6	471.0–509.0	1470.0–1560.0	1490.0–1520.0	н. с.	н. с.
Малохатояхская, 55	3268–3298	157.50	492.00	17.00	57.00	18.00	526.00	1050.00	1824.00	н. с.	н. с.
Оленья	3878–3955	197.7–200.0	586.1–575.4	19.6–22.5	45.8–52.4	13.0–13.3	473.3–480.0	1032.0–1487.8	850.5–1944.0	н. с.	н. с.
Помолесьшорская, 41	3851–3901	198.68	628.00	18.00	54.00	10.00	514.00	1960.00	1763.00	н. с.	н. с.
С. Мастерьельская, 7	4832–4868	171.72	404.00	28.00	42.00	12.80	420.00	860.00	1520.00	н. с.	н. с.
Среднемакарихинская, 700	3416–3778	193.60	692.40	13.04	н. с.	19.70	449.00	3200.00	2310.40	н. с.	н. с.
Сандивейская, 42	3416–3430	199.35	248.00	11.00	86.00	15.00	440.00	1710.00	3283.00	н. с.	н. с.
Хатаяхская, 1	3361–3374	162.45	475.00	18.00	37.00	16.00	515.00	868.00	1701.00	2.06	н. с.
Яромусюршорская	3647–3830	106.6–118.1	381.0–433.0	11.0–17.0	112.0–139.0	19.0–24.0	402.0–492.0	1420.0–1530.0	1094.0–1398.0	н. с.	н. с.

Окончание табл. 5.10

Площадь (скважина, ее номер)	Интервал опробо- вания, м (от – до)	Минерали- зация, г/л	Содержание, мг/л								
			Бром	Йод	Бор	Литий	Стронций	Калий	Магний	Руби- дий	Цезий
Минимальные промышленные концентрации элементов при одновременном извлечении, мг/л			200	10	75	10	300	1000*	100 000*	3	0.5
Варандей-Адзъвинская структурно – тектоническая зона											
Хосолтинская, 91	3860–4000	195.9–209.9	711.3–777.9	15.1–16.8	57.9–64.4	10.4–13.9	541.6–615.7	1977.0–2068.4	1701.0–2829.0	н. с.	н. с.
Седьягинская, 4	3168–3192	201.71	446.20	31.70	46.00	31.00	450.00	1512.00	2647.00	н. с.	н. с.
Надейюская, 5	3190–3204	169.77	546.00	19.00	66.00	10.00	324.00	1690.00	2280.00	н. с.	н. с.
Косью-Роговская впадина											
Кочмесская	3812–6115	238.7–342.2	696.0–1092.2	42.00	774.0–1036.0	400.0–480.0	6500	7440.0–12000.0	1824.0–2067.0	30.0–40.0	н. с.
Верхнепечорская впадина											
Динъюская, 1	3781–37966	238.69	783.00	12.70	33.00	8.00	499.00	1048.00	7830.00	н. с.	н. с.

Примечание. * Минимальные промышленные концентрации магния и калия приведены по (Методические рекомендации 2013).

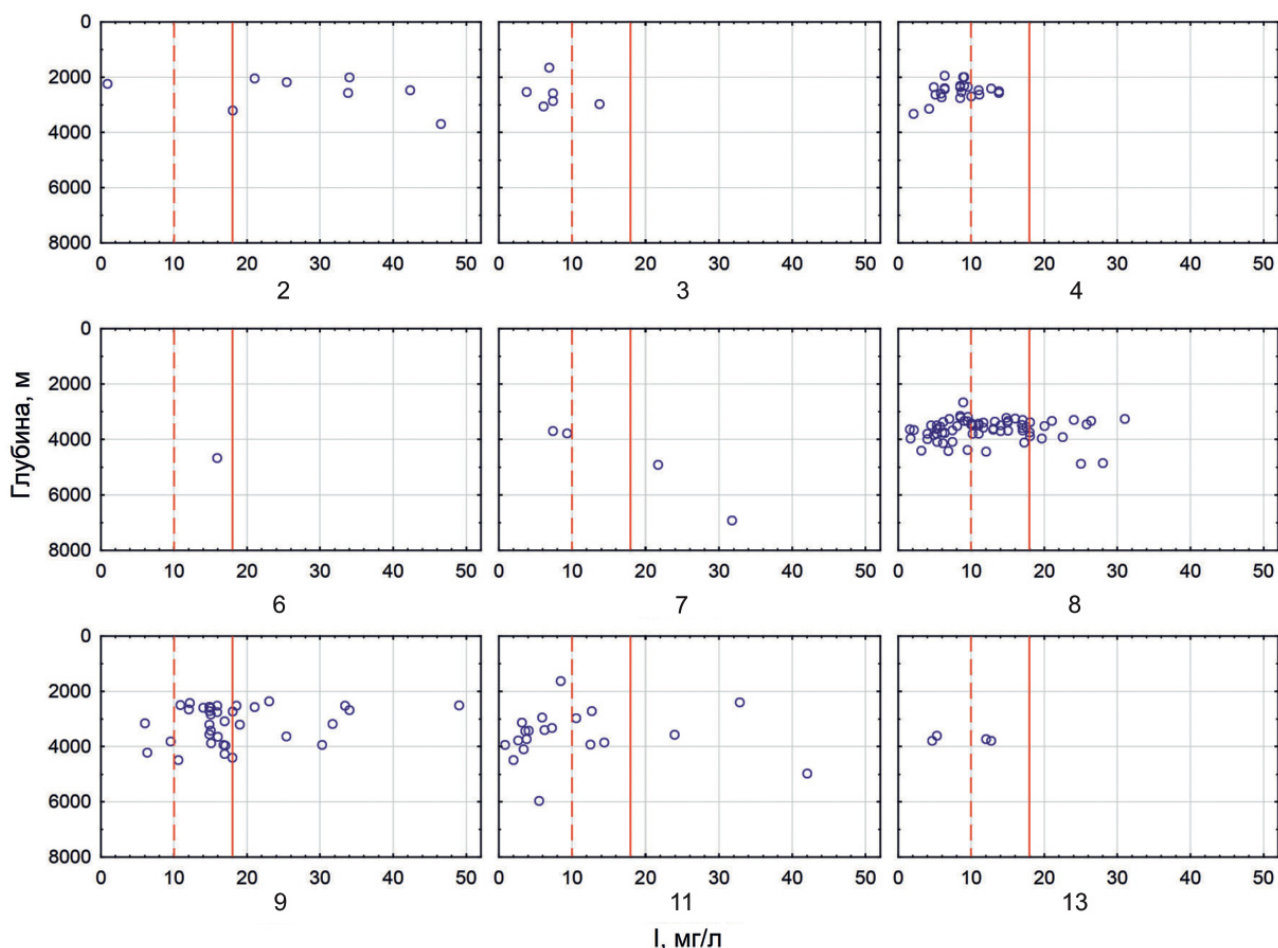


Рис. 5.35. Распределение содержаний йода в подземных рассолах *среднеордовикско-нижнедевонского* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации йода — 18 мг/л и при одновременном извлечении — 10 мг/л. Наименования структур см. рис. 5.34.

рассолов *среднеордовикско-нижнедевонского* комплекса. Рассолы с *промышленными* концентрациями лития зафиксированы в 47 исследованных точках наблюдения (рис. 5. 32, 5. 37 а). Максимальные значения лития (400—480 мг/л) находятся в крепких рассолах ордовикского возраста с минерализацией 306.9—349.5 г/л, вскрытых скважинами 5 и 6-Кочмесские в Косью-Роговской впадине.

Содержание Sr в карбонатном по составу водовмещающих толщ *среднеордовикско-нижнедевонском* водоносном комплексе варьирует в интервале 6.5—6500.0 мг/л (табл. 5. 9). *Стронциеносные воды* ($Sr \geq 300$ мг/л) выявлены в 48 т. н. (рис. 5. 33, 5. 37 б) в йодо-бромных и йодо-борных промышленных рассолах. В бромных хлоридных натриево-кальциевых рассолах скважин 5 и 6-Кочмесские на значительных глубинах, 5.5—6.0 км, определены самые высокие в ТП СБ содержания стронция — 6.5 г/л. Особо также выделяются хлоридно-натриевые поликомпонентные I-Br-V рассолы скважины Колвинская СГ с величиной стронция 1.12 г/л (табл. 5.10).

В рассолах *среднеордовикско-нижнедевонского* ВК (рис. 5.33) выявлено повышенное (до 40 мг/л) содержание рубидия, что является отличительной особенностью

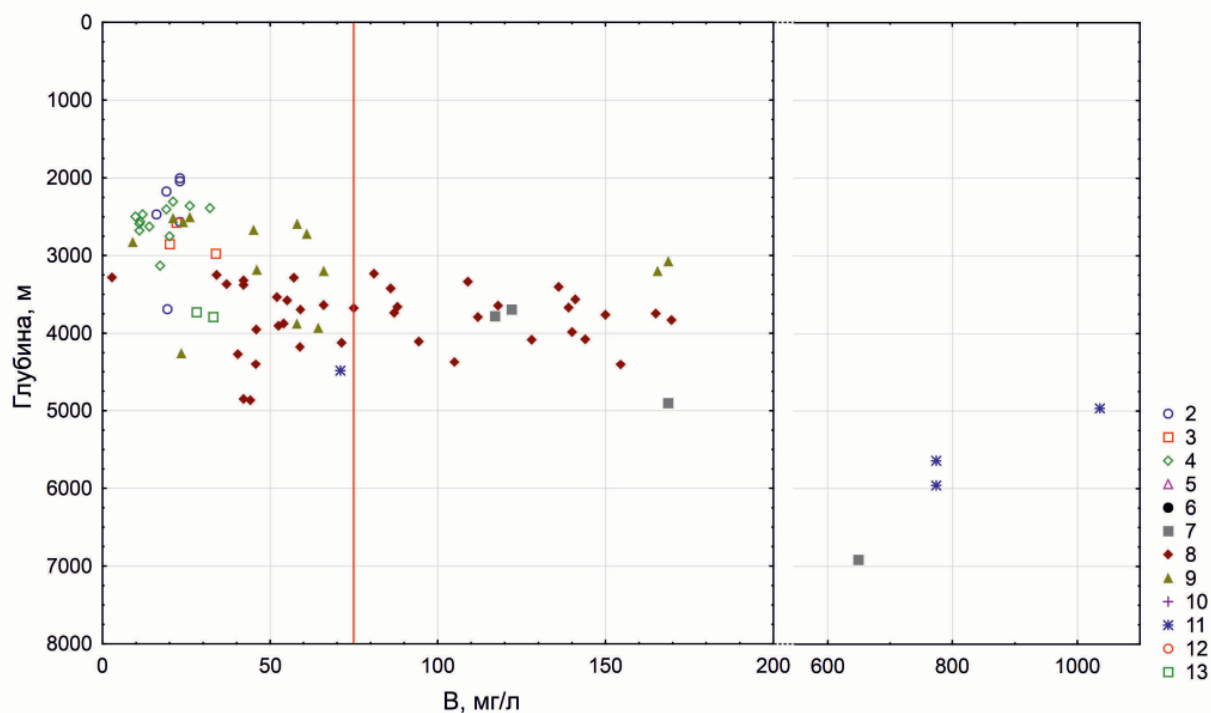


Рис. 5.36. Распределение содержаний бора в подземных рассолах *среднеордовикско-нижнедевонского* водоносного комплекса от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линия на графике показывает минимальные промышленные концентрации бора — 75 мг/л (при одновременном с другими компонентами извлечении). Наименования структур см. рис. 5.34.

подземных вод данного ВК. В крепких йодо-бромных рассолах Косью-Роговской впадины Rb присутствует в промышленных концентрациях — 30.0—40.0 мг/л, в йодо-бромных-борных рассолах скважины Колвинская СГ — 14.6 мг/л (табл. 5.10). Цезий в подземных водах не был определен.

Карбонатный среднеордовикско-нижнедевонский ВК характеризуется высокими содержаниями основных макрокомпонентов воды (Na, K, Ca, Mg) и наибольшими среди всех рассолов ТП СБ содержаниями калия — 12.00 г/л (табл. 5.9). Калий в рассолах данного ВК имеют высокую медианную величину — 1.40 г/л, превышающую 1.0 г/л — минимальные кондиционные значения, что позволяет квалифицировать их (Методические рекомендации 2013) как попутно извлекаемые промышленные рассолы.

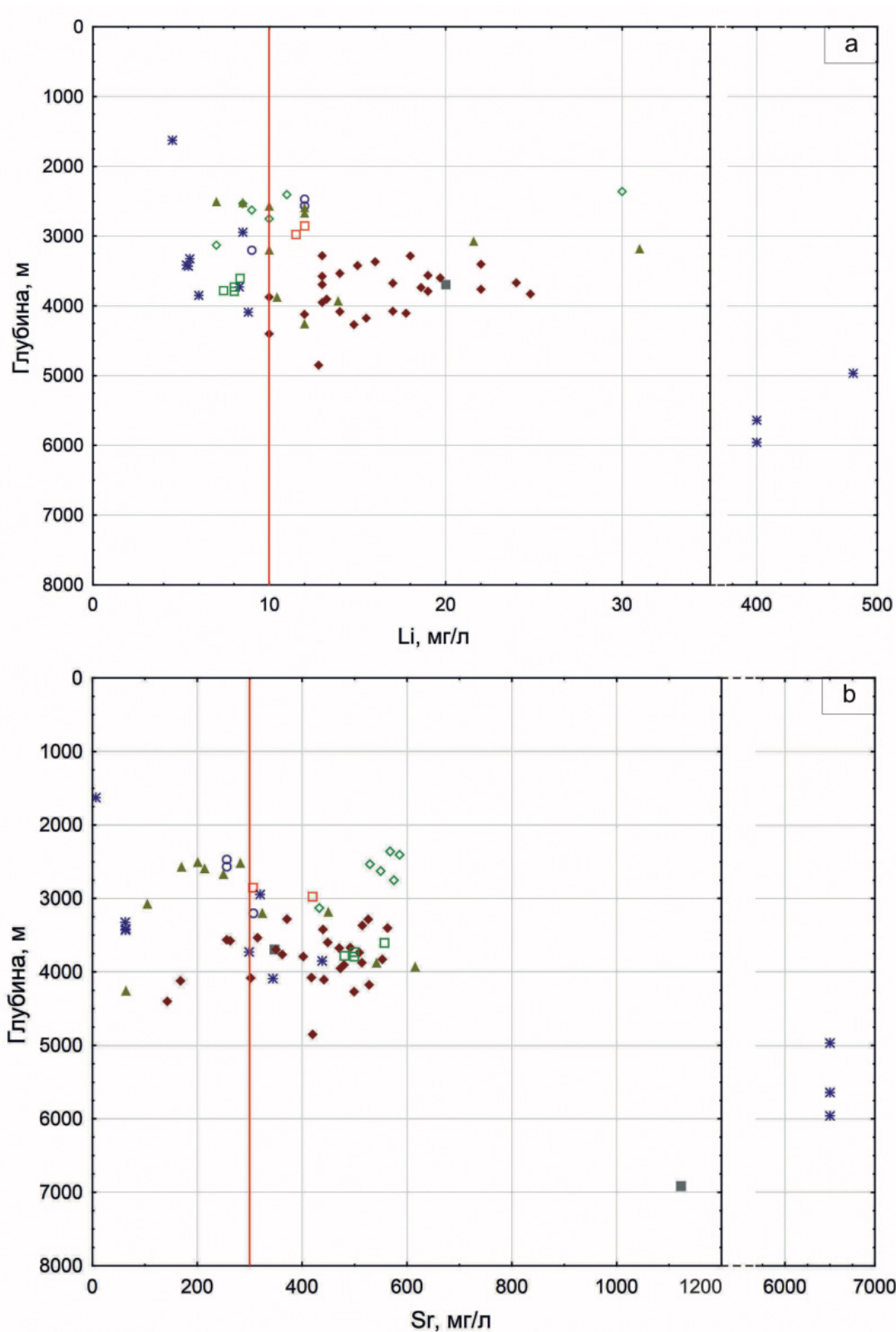


Рис. 5.37. Распределение содержаний лития (а) и стронция (б) в подземных рассолах *среднеордовикско-нижнедевонского* водоносного комплекса в зависимости от приуроченности к отдельным тектоническим структурам ТП СБ. Линии на графиках показывают минимальные промышленные концентрации при одновременном с другими компонентами извлечении (мг/л): Li — 10, Sr — 300. Наименования структур см. рис. 5.34.

6. Основные особенности распространения промышленных вод Тимано-Печорского седиментационного бассейна

Проведенный анализ гидрохимических параметров, полученных для каждого водоносного комплекса Тимано-Печорского седиментационного бассейна, позволил значительно уточнить концентрации полезных компонентов в различных типах промышленных вод, выявить закономерности распространения промышленных подземных рассолов по площади ТП СБ и в геологическом разрезе осадочного чехла, выделить перспективные площади. Обобщенные результаты исследований, характеризующие потенциал промышленных рассолов седиментационного бассейна в целом, приведены в табл. 6.1, 6.2 и на рис. 6.1.

Подземные рассолы ТП СБ, приуроченные к различным структурно-тектоническим элементам, отличаются литолого-фациальными особенностями водовмещающих отложений, глубиной залегания и концентрациями макро- и микрокомпонентов. Общая мощность распространения промышленных вод в разрезе осадочного чехла различных тектонических структур ТП СБ достигает 3–5 км и более. Максимальная минерализация подземных вод региона — 350 г/л. Химический состав всех рассолов хлоридный натриевый или кальциево-натриевый, по классификации Курнакова-Валаяшко подземные рассолы относятся к хлоридному типу или хлоркальциевому типу по Сулину.

В табл. 6.1 приведены обобщенные данные (максимальные и медианные значения) для водоносных комплексов осадочного чехла Тимано-Печорской плиты и Предуральского прогиба, которые позволяют показать отличия по содержаниям полезных компонентов в промышленных рассолах этих надпорядковых структур ТП СБ. Выполненное разделение обусловлено не только пространственным расположением, но и различными условиями формирования солевого состава подземных рассолов. В формировании химического состава пластовых вод осадочного чехла Тимано-Печор-

Таблица 6.1. Концентрации ценных компонентов в рассолах осадочного чехла Тимано-Печорской плиты и Предуральского краевого прогиба

Тип подземных вод	Глубина залегания, м	Минерализация, г/л	Максимальные/медианные концентрации компонентов, мг/л						
			I	Br	B	Li	Sr	Rb	Cs
Пластовые седиментационные воды Тимано-Печорской плиты	165–6918	35.4–277.1	<u>82.0</u> 11.0	<u>1542.1</u> 297.0	<u>648.8</u> 30.0	<u>106.0</u> 11.0	<u>1200.0</u> 306.2	<u>14.6</u> 0.97	<u>0.1</u> 0.04
Пластовые седиментационные воды, насыщенные рассолы, рассолы выщелачивания структур Предуральского прогиба	370–6115	41.5–349.5	<u>177.7</u> 10.6	<u>1092.2</u> 234.3	<u>1036.0</u> 17.5	<u>480.0</u> 6.4	<u>6500.0</u> 325.0	<u>40.0</u> 0.8	н. с.

Примечание. н. с. — нет сведений.

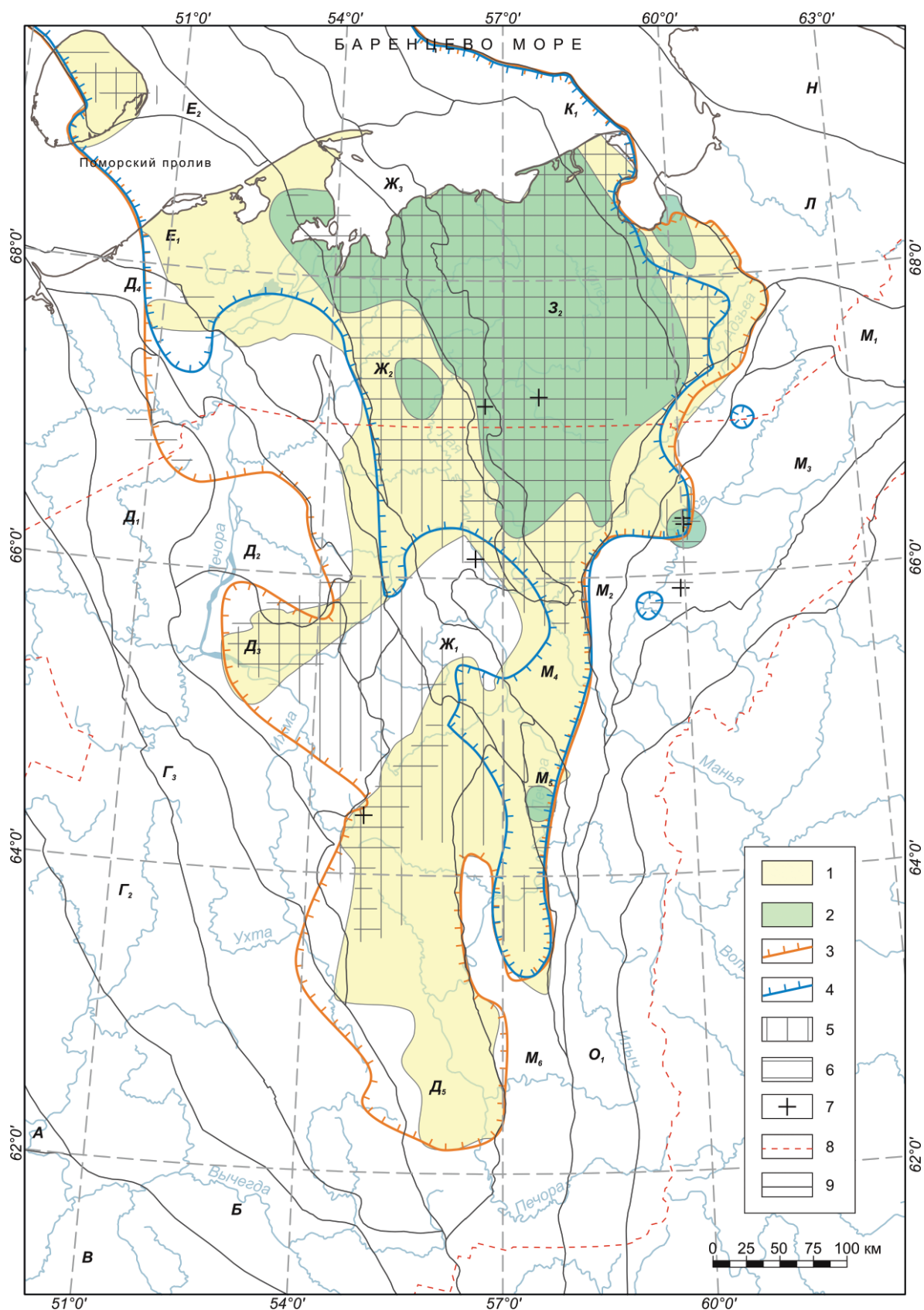


Рис. 6.1. Сводная карта гидроминеральных ресурсов Тимано-Печорского седиментационного бассейна.

1—6 — типы промышленных вод: 1 — йодо-бромные, 2 — йодо-борные, 3 — бромные, 4 — йодные, 5 — стронциеносные, 6 — литиеносные; 7 — скважины с промышленными концентрациями рубидия в рассолах, 8 — административные границы Республики Коми; 9 — границы тектонических структур. Наименования тектонических структур ТП СБ см. рис. 5.1.

Таблица 6.2. Концентрации ценных компонентов (мг/л) и основных катионов (г/л) в рассолах исследованных водоносных комплексов Тимано-Печорского седиментационного бассейна

Индекс геологического возраста водоносного комплекса	Глубина интервала опробования, м,	Минерализация, г/л	Концентрации полезных компонентов, мг/л от–до (медиана)							Концентрации основных катионов, г/л от–до (медиана)				
			I	Br	B	Li	Sr	Rb	Cs	Na	K	Ca	Mg	
Минимальные промышленные концентрации элементов при совместном извлечении			10	200	75	10	300	3.0	0.5	–	1.0*	–	100.0*	
	P ₁ г–Г	336–2858	35.9–129.8	1.1– 82.0 (8.5)	11.7– 362.0 (121.4)	0.3– 111.1 (12.0)	0.06– 23.0 (1.9)	42.0– 600.0 (244.5)	0.06–0.8 (0.1)	н. с.	8.6–39.9 (15.8)	0.01– 2.2 (0.09)	1.7–11.4 (5.4)	0.03–4.4 (1.0)
	C–P ₁	325–4600	35.4–265.6	0.4– 177.7 (13.1)	7.1– 559.0 (229.3)	0.6– 201.0 (39.5)	0.8– 106.0 (12.7)	45.0– 1200.0 (268.2)	0.08– 3.0 (0.8)	0.01–0.08 (0.03)	7.5–99.1 (34.6)	0.06– 1.9 (0.6)	0.7–20.0 (6.8)	0.07–9.8 (1.9)
	D ₃ –C ₁	558–5446	46.8–262.6	1.3– 67.7 (13.2)	58.6– 949.7 (389.6)	0.01– 159.0 (36.0)	2.2– 43.0 (13.0)	62.0– 800.0 (364.5)	0.05– 6.8 (1.0)	0.01–0.07 (0.04)	13.6–93.8 (50.7)	0.1– 4.2 (1.0)	1.7–25.4 (10.6)	0.05–4.6 (1.9)
D ₂ –D ₃ f ₁	286–4700	35.9–268.6	1.7– 76.2 (9.3)	56.0– 1542.1 (485.0)	0.9– 572.0 (16.7)	1.3– 30.0 (6.4)	72.6– 750.0 (327.9)	0.15–1.8 (0.5)	0.06–0.1	10.7–76.3 (38.8)	0.1– 2.5 (0.6)	1.9–27.4 (14.0)	0.1–7.3 (2.4)	
O ₂ –D ₁	735–6918	41.7–349.5	0.9– 49.0 (11.1)	4.5– 1113.8 (467.0)	2.9– 1036.0 (53.2)	4.5– 480.0 (12.0)	6.5– 6500.0 (426.5)	0.06– 40.0 (1.4)	н. с.	7.3–85.1 (48.5)	0.3– 12.0 (1.4)	1.5–44.7 (10.8)	0.1–4.4 (1.8)	

Примечание. * Минимальные промышленные концентрации магния и калия приведены по (Методические рекомендации 2013).
н. с. — нет сведений.

ской плиты ведущая роль принадлежит процессам, происходящим в преимущественно морских седиментационных бассейнах. Дальнейшие количественные и качественные преобразования состава подземных вод происходили при увеличении глубины залегания, изменении Р–Т условий в зонах затрудненного и весьма затрудненного водообмена. Содержания компонентов в подземных водах Предуральского прогиба обусловлены рядом факторов. Первоначально накопленные осадки и захороненные воды бассейнов седиментации (преимущественно морские, на отдельных площадях в пермское и ордовикское время солеродных бассейнов) испытывали при значительной глубине залегания большую степень метаморфизации относительно осадочных толщ Тимано-Печорской плиты. При перестройке структурного плана Уральского орогена с образованием складчато-надвиговой системы Предуральского прогиба осадочные породы были вовлечены в зону активных процессов растворения и выщелачивания толщ, содержащих легкорастворимые соли. Существенное значение в формировании состава подземных вод Предуральского прогиба также имеют миграционное перераспределение вод различного состава и солёности по вертикали в разрезе толщ осадочного чехла, разбавление рассолов в зонах глубинных тектонических нарушений.

Концентрации элементов в водоносных комплексах этих двух надпорядковых структур имеют отличия в максимальных значениях, но медианные величины некоторых полезных компонентов (I, Sr, Rb) близки (табл. 6.1). Ценные компоненты рассолов по содержаниям образуют ряды элементов: анионогенные рассеянные $\text{Br} > \text{V} > \text{I}$ и катионогенные редкие $\text{Sr} > \text{Li} > \text{Rb} > \text{Cs}$. Наибольшие количества стронция, лития и бора связаны с маточными рассолами ордовикского солеродного бассейна, опробованными в Косью-Роговской впадине Предуральского краевого прогиба, но такие пробы единичны. Существенная разница в величине медиан, с превышением в пластовых водах осадочных пород Тимано-Печорской плиты, видна для брома, бора и лития. Только стронций по медианному значению в рассолах Предуральского прогиба содержится в большем количестве. Рассматривая территории в качестве источника гидроминерального сырья, можем уверенно констатировать, что наибольшее значение и перспективы для организации промышленного извлечения комплекса редких и рассеянных элементов (и солей металлов Na, K, Mg, Ca) имеют более изученные промышленные рассолы, сосредоточенные во всех водоносных комплексах палеозоя осадочного чехла Тимано-Печорской плиты.

При сопоставлении с промышленными водами других регионов страны (Подземные воды 1996) очевидно, что концентрации йода и лития (по средним значениям) в рассолах ТП СБ близки водоносным комплексам девонско-позднепермского возраста Северо-Двинского, Восточно-Русского и Среднерусского артезианских бассейнов Восточно-Европейского артезианской области (см. табл. 1.2). Однако средние содержания брома, бора, стронция и рубидия в рассолах ТП СБ меньше. Показатели ценных компонентов в рассолах нашего региона значительно ниже в сравнении с рассолами (средняя минерализация — 92—310.6 г/л) верхнекембрийского и среднекембрийско-вендского водоносных комплексов Оленёкского артезианского бассейна Сибирской плат-

формы (Алексеева, Алексеев 2018). Средние содержания элементов в них составляют: брома — 1.0—3.9 г/л, лития — 33.3—138.4 мг/л, стронция — 311—1032 мг/л, рубидия — 1.2—14.6 мг/л. Установлено (Вожов 2006), что в целом рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого составов богатейшей Лено-Тунгусской провинции углеводородного и гидроминерального сырья (гидроминеральной провинции Сибирской платформы) характеризуются средними значениями: Br (2.4—5.7 г/л), I (7.7—18.7 мг/л), B (59—310 мг/л), Sr (0.5—3.5 г/л), Li (54—300 мг/л), Rb (3.7—41 мг/л). Следовательно, концентрации брома, бора, стронция, лития и рубидия в 5—30 раз превышают средние значения элементов в рассолах ТП СБ, исключением является йод.

Каждый из водоносных комплексов ТП СБ характеризуется преобладающими типами промышленных вод. Наиболее широко в Тимано-Печорском артезианском бассейне промышленных вод распространены бромные и йодо-бромные рассолы, содержащие типоморфные элементы — стронций или в сочетании литий-стронций.

Бромные промышленные воды встречаются во всех водоносных комплексах карбонатных и терригенных отложений палеозоя. Данный тип промышленных вод охватывает большую часть ТП СБ. Можно сказать, что именно границы бромных вод оконтуривают общую площадь Тимано-Печорского бассейна промышленных вод (рис. 6.1). Существенное расширение границ распространения бромных вод в дальнейшем может быть осуществлено за счет малоизученных площадей Ижма-Печорской синеклизы и Предуральяского прогиба. Максимальные значения брома (1.54 г/л) установлены в хлоридных натриевых или кальциево-натриевых рассолах терригенного среднедевонско-нижнефранского ВК (табл. 6.2). На высокий потенциал рассолов бромного типа в регионе указывают медианные значения концентраций брома, превышающие 250 мг/л в нижних водоносных комплексах осадочного чехла: O-D₁, D₂-D_{3f1} и D₃-C₁. В бромных рассолах типоморфными являются ценные компоненты Sr и Li в промышленных концентрациях.

По рассчитанным значениям степени концентрирования (Кк) брома относительно океанической воды (67 мг/л — по Bruland, Lohan 2004) выявлено, что рассолы ТП СБ обогащены бромом до 23-кратного количества. Бром отличается высокой растворимостью в воде (бромиды растворимы до 95 %) и в процессе галогенеза происходит накопление Br в рассолах. Источником брома в подземных рассолах служат морские и океанические воды бассейнов седиментации и захороненные остатки организмов в осадочных породах. Аккумуляция биогенного брома в пластовых водах происходит в процессе постседиментационного разложения органического вещества при увеличении глубины залегания пород под влиянием высоких значений температуры и давления (Валяшко и др. 1965; Красинцева 1968 и др.). В этой связи бром накапливается в водах нефтяных месторождений, обнаружена связь Br с битумоидным веществом и масляными компонентами нефти (Беркутова и др. 1975).

В результате выполненного и приведенного в табл. 6.3 корреляционного анализа выявлены связи между компонентами пластовых вод. Для брома установлены корреляционные связи разной силы и направления с большинством анализируемых

гидрохимических параметров: сильные ($|r_s| \geq 0.7$) положительные — с минерализацией, Na, K, Ca, Cl; заметные ($0.5 \leq |r_s| < 0.7$) положительные — с глубиной залегания рассолов, температурой, Mg, Sr, Rb; умеренные ($0.3 \leq |r_s| < 0.5$) положительные — с B и Li. Факторный анализ, ранее выполненный с целью изучения закономерностей формирования поликомпонентных подземных вод Тимано-Печорского бассейна (Митюшева, Амосова 2013, 2017), свидетельствует, что накопление большинства компонентов в рассолах, в том числе и брома, происходит в первую очередь именно благодаря постседиментационному концентрированию морских (океанических) вод, обогащенных этими элементами, в обстановке гидрогеологической закрытости недр.

Йодные промышленные воды. В зону распространения данного типа рассолов входят большая часть севера ТП СБ и отдельные структуры Предуральского прогиба (части Косью-Роговской, Большесынинской и Верхнепечорской впадин, Среднепечорского поперечного поднятия). Йодные воды приурочены ко всем терригенным и карбонатным водоносным комплексам, но наибольшее развитие они получили в С-Р₁ и D₃-C₁ карбонатных отложениях. Наибольшие содержания йода (160—178 мг/л) установлены в хлоридно-натриевых рассолах с минерализацией 213—253 г/л каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса на глубинах 3.4—3.5 км, в районе Вуктыльского газового месторождения в Верхнепечорской впадине. Обобщенные данные (табл. 6.2) по подземным рассолам ТП СБ свидетельствуют, что именно к карбонатным комплексам, сформированным в морских условиях и обогащенным органическим веществом, присущи наибольшие медианные значения йода.

Коэффициент концентрирования йода в подземных рассолах ТП СБ по отношению к океанической воде (0.571 мг/л) имеет величину 22 для наиболее обогащенных по медианным величинам йода С-Р₁ и D₃-C₁ водоносных комплексов. Для рассолов каменноугольно-нижнепермского ВК Вуктыльской площади Кк йода достигает более 300. Для йода не выявлено сильных или заметных связей ни с одним из параметров, отметим только положительную умеренную ($r_s = 0.45$) с бором. Главным источником йода являются захороненные в осадочных толщах обогащенные йодом морские организмы и водоросли, в том числе сорбированные глинистыми частицами ила (Виноградов 1939 и др.). Процесс перехода элемента в воды осуществляется в основном в ходе эпигенеза при повышении температуры (и давления) (Кудельский 1976 и др.). Оптимальной для высвобождения органических форм йода из органоминерального комплекса пород считается температура 100 ÷ 150 °С, при более высокой температуре высвобождаются минеральные формы (Геохимия 2004). Подземные воды многих нефтяных месторождений ТП СБ имеют высокие концентрации йода; содержания йода свыше 20 мг/л свидетельствуют о весьма благоприятных условиях для нефтегазонакопления (Зытнер, Чибисова 2013). В ряде районов ТПП отмечена связь йода с газовыми залежами, накопление биогенного йода обусловлено переходом из органических веществ гумусового происхождения, и в водах газоконденсатных залежей — вымыванием йода из нефтяных отторочек, обогащенных ароматическими углеводородами (Гидрогеологические критерии 1983).

Таблица 6.3. Матрица коэффициентов корреляции между параметрами для рассолов осадочного чехла Тимано-Печорской плиты

Пара- метры	Коэффициенты корреляции Спирмена																		
	Глу- бина	Темпе- ратура	Мине- рали- зация	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Br	I	B	Li	Sr	Rb	Cs	rNa/ rCl	Cl/ Br
Глубина, м	1.00																		
Температура, °C	0.91 (484)	1.00																	
Минерализа- ция, г/л	0.41 (1883)	0.46 (485)	1.00																
Na, мг/л	0.46 (1881)	0.48 (483)	0.98 (1887)	1.00															
K	0.72 (786)	0.58 (186)	0.72 (790)	0.73 (790)	1.00														
Mg	-0.13 (1876)	-0.06 (481)	0.57 (1882)	0.50 (1882)	0.31 (788)	1.00													
Ca	0.21 (1881)	0.40 (483)	0.84 (1887)	0.74 (1887)	0.60 (790)	0.54 (1882)	1.00												
Cl	0.39 (1881)	0.45 (483)	1.00 (1887)	0.97 (1887)	0.72 (790)	0.59 (1882)	0.85 (1887)	1.00											
SO ₄	0.44 (1858)	0.33 (476)	0.22 (1860)	0.31 (1860)	0.39 (781)	-0.09 (1855)	-0.06 (1860)	0.19 (1860)	1.00										
HCO ₃	0.47 (1842)	0.25 (466)	-0.01 (1847)	0.06 (1847)	0.28 (774)	-0.16 (1843)	-0.24 (1847)	-0.03 (1847)	0.46 (1824)	1.00									
Br	0.51 (1665)	0.54 (474)	0.88 (1670)	0.84 (1668)	0.79 (779)	0.51 (1663)	0.85 (1668)	0.89 (1668)	0.14 (1649)	0.01 (1631)	1.00								
I	0.43 (1575)	0.19 (457)	0.18 (1576)	0.20 (1574)	0.39 (771)	0.07 (1569)	0.09 (1574)	0.18 (1574)	0.06 (1561)	0.20 (1539)	0.22 (1566)	1.00							
B	0.65 (680)	0.47 (215)	0.19 (681)	0.18 (680)	0.64 (540)	0.02 (679)	0.15 (680)	0.19 (680)	0.15 (676)	0.35 (662)	0.39 (680)	0.45 (665)	1.00						
Li	0.58 (364)	0.48 (114)	0.36 (364)	0.35 (364)	0.63 (314)	0.23 (363)	0.25 (364)	0.35 (364)	0.33 (363)	0.41 (360)	0.46 (362)	0.43 (360)	0.77 (325)	1.00					

Окончание табл. 6.3

Пара- метры	Коэффициенты корреляции Спирмена																		
	Глу- бина	Темпе- ратура	Минерали- зация	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Br	I	B	Li	Sr	Rb	Cs	rNa/ rCl	Cl/ Br
Sr	0.43 (374)	0.35 (118)	0.57 (374)	0.54 (374)	0.44 (314)	0.39 (373)	0.59 (374)	0.57 (374)	-0.18 (373)	-0.04 (369)	0.59 (373)	0.26 (370)	0.26 (326)	0.25 (362)	1.00				
Rb	0.51 (65)	0.75 (35)	0.44 (65)	0.42 (65)	0.77 (47)	-0.03 (64)	0.40 (65)	0.43 (65)	0.08 (65)	0.18 (65)	0.53 (65)	0.31 (61)	0.60 (48)	0.58 (63)	0.42 (65)	1.00			
Cs	0.62 (14)	0.48 (7)	0.08 (14)	-0.05 (14)	0.09 (12)	-0.37 (14)	0.46 (14)	0.05 (14)	0.22 (14)	0.06 (14)	0.18 (14)	-0.21 (13)	0.19 (13)	0.11 (14)	0.20 (14)	0.28 (14)	1.00		
rNa/rCl	0.41 (1881)	0.32 (483)	0.18 (1887)	0.34 (1887)	0.41 (790)	-0.22 (1882)	-0.27 (1887)	0.15 (1887)	0.63 (1860)	0.43 (1847)	0.08 (1668)	0.15 (1574)	0.13 (680)	0.24 (364)	-0.09 (374)	0.06 (65)	-0.04 (14)	1.00	
Cl/Br	-0.39 (1663)	-0.42 (472)	-0.31 (1668)	-0.25 (1668)	-0.48 (779)	-0.11 (1663)	-0.40 (1668)	-0.31 (1668)	0.07 (1649)	-0.02 (1631)	-0.68 (1668)	-0.21 (1564)	-0.50 (679)	-0.32 (362)	-0.26 (373)	-0.28 (65)	0.02 (14)	0.12 (1668)	1.00

Примечание. Жирным шрифтом выделены сильные связи, курсивом — статистически значимые, в скобках указано количество пар данных гидрохимических признаков, по которым вычислялся коэффициент корреляции Спирмена.

Промышленные борные воды как самостоятельный тип не имеют площадного распространения в пределах ТП СБ. Промышленные концентрации бора установлены в рассолах среднеордовикско-нижнедевонских отложений (скважины Колвинская СГ, 5 и 6-Кочмесские), содержащих ангидрит-доломитовые и галитовые прослои, формирование которых происходило в осолоненных и соленых лагунных условиях. Поскольку бороносность отложений тесно связана с соленостью вод бассейна седиментации (Валяшко и др. 1965; Геохимия 2004), то наибольшие величины бора закономерно высоки в рассолах галогенных отложений ордовика Кочмесской площади Косью-Роговской впадины Предуральяского прогиба.

Степень концентрирования бора относительно океанической воды (4.5 мг/л — по K. W. Bruland, M. C. Lohan 2004) высока, достигает 230, но по медианным значениям — всего 12. Согласно данным табл. 6.3, имеются сильная положительная корреляционная связь B-Li ($r_s = 0.77$), заметные положительные связи: B-K, B-Rb, бор — глубина залегания опробованных ВК. Ранее проведенный факторный анализ подтвердил связь накопления бора и лития с процессами геохимических взаимодействий в хлоридной системе вода–порода–газ–органическое вещество и установленные (Красинцева 1968; Геохимия 2004) геохимические закономерности перехода бора из пород в хлоридные натриевые (кальциево-натриевые) воды при преобразовании преимущественно мелкодисперсных фракций глинистых пород, обогащенных бором (10–160 ppm (мг/кг) (Романюк, Ткачев 2010; Ishikawa, Nakamura 1993 и ссылки там) и органическим веществом на больших глубинах в зоне катагенеза. В результате разрушения металлоорганических комплексов, кристаллохимических перестроек глинистых минералов бор переходит из связанного состояния в подвижное и скапливается в пластовых водах. Наличие агрессивных растворенных газов (CO_2 и H_2S) создает благоприятную среду для перехода бора из твердой фазы и органических веществ в воды (Щербаков 1961). Поскольку бор относится к летучим элементам, часть его может теряться в длительном периоде геологического развития территории при отсутствии экранирующих толщ. Наблюдаемые высокие концентрации бора в ВК среднеордовикско-нижнедевонских отложений частично можно объяснить залеганием пластовых вод комплекса под региональной тиманско-саргаевской глинистой флюидоупорной толщей. Она не только предотвращает «улетучивание» бора, но и обогащает рассолы ВК Хорейверской впадины и сопредельных территорий отжимающимися в зоне катагенеза элизионными водами из глинистых пород тиманско-саргаевского возраста.

Йодо-борные промышленные воды развиты в северной части бассейна, установлены в основном в пределах Хорейверской впадины и сопредельных структур Колвинского мегавала, Денисовской впадины, Варандей-Адзъвинской структурно-тектонической зоны и отдельных площадей (Кочмесской, Западно-Соплесской) Предуральского краевого прогиба. Йодо-борный тип промышленных вод связан главным образом с пластовыми рассолами $\text{O}_2\text{-D}_1$, $\text{D}_3\text{-C}_1$, C-P_1 карбонатных отложений.

Йодо-бромные промышленные воды являются вторым (после бромных) преобладающим типом в ТП СБ (рис. 6.1) и одним из наиболее ценных. Каждый из водоносных

комплексов палеозоя может служить продуктивным горизонтом для извлечения йодо-бромных вод. Большей частью эти рассолы являются поликомпонентными, содержат ценные также элементы: бор, литий, стронций и рубидий по отдельности или в комплексе. Опираясь на ориентировочные кондиционные требования к месторождениям подземных йодо-бромных вод ($I > 14$ и $Br > 760$ мг/л) для Тимано-Печорского бассейна по (Бондаренко и др. 1988), определены скважины, рассолы которых соответствуют этим нормам. Это рассолы двух наиболее древних по возрасту водоносных комплексов: O_2-D_1 и $D_2-D_3f_1$. В карбонатном среднеордовикско-нижнедевонском ВК к месторождениям подземных йодо-бромных вод следует отнести рассолы скважин: 4-Песчаноозерская, Колвинская СГ, 12-Среднемакарихинская, 91-Хосолтинская; глубины опробованных интервалов — 3689—6918 м. В терригенном среднедевонско-нижнефранском ВК йодо-бромными месторождениями могут считаться рассолы на глубинах 1475—4051 м ряда скважин: 4-Песчаноозерская, 136 и 150-Пашнинские, 15-Харьягинская, 1/28-С. Мылвинская, 261 и 284-З. Тэбукские. Результаты их опробования представлены в табл. 5.8 и 5.10.

В Тимано-Печорском осадочном бассейне *промышленные редкометалльные литиеносные* воды приурочены главным образом к Колвинскому мегавалу, Денисовской и Хорейверской впадинам, Варандей-Адъзвинской зоне, Малоземельско-Колгуевской моноклинали, а также — к разрозненным площадям Ижма-Печорской синеклизы и Предуральского краевого прогиба (рис. 6.1). Следует подчеркнуть, что в пределах этих тектонических структур установлены повышенные (>10 мг/л) медианные концентрации лития в карбонатных водоносных комплексах: O_2-D_1 , D_3-C_1 , $C-P_1$. Максимальные значения $Li = 400—480$ мг/л (как и других щелочных металлов) связаны с крепкими рассолами (минерализация — 342—350 г/л) галогенно-карбонатных толщ верхнего ордовика Кочмесской площади (Косью-Роговская впадина), залегающих на глубине свыше 5.5 км. Это обусловлено тем, что литий способен концентрироваться в рассолах до эвтоники, вследствие высокой растворимости соединений щелочных металлов с хлором, а рубидий и цезий соосаждаются с калийными солями при минерализации более 320 г/кг на сильвинитовой и карналлитовой стадиях (Геохимия 2004).

Статистический анализ рассолов ТП СБ выявил сильную корреляционную связь лития с бором ($r_s > 0.7$), заметные положительные связи его с глубиной (0.58), калием (0.63) и рубидием (0.58). Источником лития в рассолах служат морские воды бассейна седиментации и водовмещающие породы, содержащие глинистые минералы, слюды, глауконит, вулканические стекла и др. (Солодов и др. 1980). Коэффициент концентрирования лития в рассолах карбонатных водоносных комплексов ТП СБ относительно океанической воды (0.18 мг/л по K. W. Bruland, M. C. Lohan 2004) превышает 72 (по значениям медиан) и достигает 2600 — для максимальных величин лития в пробах внутрисолевых рассолов Кочмесской площади. Дополнительно к концентрированию морских вод, причиной накопления редких щелочных элементов (Li, Rb, Cs) в глубокозалегающих пластовых водах артезианских бассейнов, является (Геохимия 2004) массоперенос в системе вода–порода (растворение, выщелачивание, ионный обмен), высокая степень катагенетических пре-

образований. Содержания лития в современных морских осадках достигают в глинах 0.3—118 ppm (мг/кг), в карбонатах — 0.2—3.3 ppm (Романюк, Ткачев 2010 и ссылки там). Н. А. Солодов и др. (1980) отмечают, что рубидий и цезий, обладающие большими размерами ионов сорбируются глинистыми минералами, тогда как литий не имеет такой способности, благодаря чему за период геологической истории происходит обогащение им пластовых рассолов. На рис. 6.1 показаны территории с промышленными концентрациями лития, они охватывают большие площади в контуре распространения йодо-бромных и бромных рассолов. Учитывая выявленную связь лития и бора, полагаем, что йодо-борные промышленные воды большей частью литиеносны.

Стронций как ценный компонент промышленных вод характерен для подземных вод Тимано-Печорского бассейна и Восточно-Европейской платформенной гидрогеологической области (Подземные воды 1996). Благоприятные условия для накопления стронция выявлены в рассолах всех водоносных комплексов во всех структурно-тектонических зонах ТП СБ, на что указывают максимальные значения элемента представленные в табл. 6.2. Для карбонатных (O_2-D_1 , D_3-C_1) и терригенного ($D_2-D_3f_1$) водоносных комплексов медианные величины стронция превышают 300 мг/л, что свидетельствует об их исключительной перспективности. Бромные и йодо-бромные промышленные рассолы практически повсеместно по площади развития содержат стронций в промышленных концентрациях. Наибольшее площадное распространение Sr и его максимальная величина, достигающая 6.5 г/л, выявлены в рассолах среднеордовикско-нижнедевонского ВК.

Накопление стронция в подземных водах обусловлено тем, что он является геохимическим аналогом кальция и тесно связан с морскими карбонатными и сульфатными отложениями. Поскольку Sr имеет большую, чем кальций и магний, способность к сорбционным и ионообменным процессам (Геохимия 2004), он лучше сорбируется глинистыми образованиями в условиях седиментации и способен в ходе дальнейших постседиментационных преобразований выделяться в пластовые воды. Согласно проведенным нами исследованиям (табл. 6.3), для Sr выявлены только положительные средней силы корреляционные связи с минерализацией, кальцием, натрием, хлором и бромом. Следовательно, формирование стронциеносных вод ТП СБ, концентрирование Sr в рассолах происходят с повышением степени катагенеза отложений, образованных в преимущественно нормально морских или лагунных условиях седиментации, где он изоморфно замещает кальций или содержится в собственных растворимых минералах (целестин $SrSO_4$, стронцианит $SrCO_3$). Степень накопления Sr, рассчитанная для наиболее перспективного среднеордовикско-нижнедевонского ВК относительно среднего содержания в морской воде (7.88 мг/л по данным K. W. Bruland, M. C. Lohan 2004) по медианному значению равна 54 и максимальна ($K_{Sr} > 800$) для крепких рассолов Кочмесской площади.

Концентрации *рубидия* более 3 мг/л, позволяющие отнести воды к типу промышленных, выявлены только в семи точках опробования рассолов различного возраста (рис. 6.1). Необходимо выделить рассолы среднеордовикско-нижнедевонского ВК Кочмесской площади в Косью-Роговской впадине с наибольшими — до 40 мг/л — значе-

ниями рубидия. Полагаясь на выявленные сильные положительные корреляционные связи Rb–температура, Rb–K, а также заметные положительные связи, обнаруженные между рубидием с ценными элементами Br, B, Li и глубиной (табл. 6.3), можем предположить более широкое (чем представлено на рис. 6.1) распространение рассолов с высокими концентрациями рубидия. Что может быть подтверждено при проведении дальнейших исследований рассолов ТП СБ.

Малое число определений *цезия* при аналитических исследованиях рассолов не позволяет сделать выводы о региональной перспективности рассолов ТП СБ на наличие этого редкого элемента. На настоящий момент промышленные концентрации цезия не установлены. Определение германия, входящего в перечень ценных компонентов промышленных вод, в рассолах ТП СБ не производилось.

При комплексном извлечении элементов представляют интерес высокие содержания основных катионов (натрия, калия, магния, кальция) в рассолах всех водоносных комплексов палеозоя ТП СБ. Высокими значениями калия и натрия характеризуются пластовые рассолы карбонатных среднеордовикско-нижнедевонского и верхнедевонско-нижнекаменноугольного водоносных комплексов. Содержания калия более 1.0 г/л — величины, указанной по (Методические рекомендации 2013), перспективны для его извлечения из попутных рассолов на месторождениях углеводородного сырья. В качестве наиболее перспективных для комплексного извлечения элементов рекомендуются рассолы Хорейверской впадины и прилегающих к ней территорий. Потенциальным сырьем для добычи магния и кальция являются хлоридные кальциево-натриевые бромные и йодо-бромные рассолы терригенного среднедевонско-нижнефтанского ВК Омра-Лыжской седловины.

Оценивая пространственную приуроченность промышленных вод к структурам первого порядка осадочного чехла ТП СБ (рис. 6.1), следует отметить высокий потенциал на наличие поликомпонентных бромных, йодо-бромных и йодо-борных рассолов с промышленными концентрациями Li и Sr в разновозрастных (O_2 - D_1 , D_3 - C_1 , C - P_1) карбонатных отложениях Хорейверской впадины и прилегающих к ней территорий Колвинского мегавала и Денисовской впадины, Варандей-Адзвинской структурно-тектонической зоны. Второй перспективный район находится в Омра-Лыжской седловине Ижма-Печорской синеклизы, где наибольшее распространение имеют бромные и йодо-бромные промышленные рассолы терригенных D_2 - D_3f_1 и карбонатных O_2 - D_1 и D_3 - C_1 отложений. Рассолы обоих выделенных районов могут служить при одновременном извлечении источником лития и стронция, а также калия, магния, кальция и натрия.

По двум территориям ТП СБ — Хорейверской впадине и Омра-Лыжской седловине, имеющим хорошие возможности для получения гидроминерального сырья, проведено сравнение медианных содержаний элементов, представляющих интерес при комплексной переработке пластовых и попутных рассолов: Br, I, B, Li, Sr, Rb, Na, K, Mg, Ca. Приведенные графики (рис. 6.2) наглядно демонстрируют доминирование определенных типов промышленных рассолов в водоносных комплексах и отражают геохимические особенности подземных вод в пределах этих двух тектонических структур.

Рассолы Омра-Лыжской седловины нижнепалеозойских комплексов (O_2-D_1 , $D_2-D_3f_1$, D_3-C_1), как уже и ранее указывалось, обогащены бромом и стронцием, а также основными катионами: магнием, натрием и кальцием (рис. 6.2). Здесь в качестве гидроминерального сырья большие перспективы для комплексного извлечения имеют йодобромные и бромные стронциеносные рассолы. Общая мощность продуктивного интервала бромных и йодо-бромных промышленных вод достигает 3 км. Оценивая данную территорию с учетом ориентировочных кондиционных требований к месторождениям подземных йодо-бромных вод (йод > 14 и бром > 760 мг/л по (Бондаренко и др. 1988), рассолы терригенного среднедевонско-нижнефтанского водоносного комплекса Пашнинской, З. Тэбукской, З. Турчаниновской, Сосновской, Джебольской и Ю. Джебольской, С. Мылвинской площадей могут считаться месторождениями промышленных йодо-бромных вод. В йодо-бромных рассолах Западно-Тэбукской площади на глубинах 1.9—2.1 км в промышленных концентрациях установлены литий и стронций. Надо отметить, что на перспективность добычи пластовых вод и комплексной переработки на этой старой нефтедобычной территории указывалось еще в 80—90-е гг. XX в. (см. главу 2): разрабатывалось создание комплекса по утилизации и комплексной переработке попутных и пластовых вод нефтяных месторождений в районе Ярега-Вой-Вож (К вопросу об организации 1993).

Рассолы Хорейверской впадины обладают оптимальными в ТП СБ показателями для комплексного извлечения ценных компонентов. Мощность зоны промышленных вод охватывает разрез от среднеордовикских до нижнепермских отложений (водоносные комплексы O_2-D_1 , D_3-C_1 , $C-P_1$) и достигает 1.5—3.5 км. Указанная величина зоны промышленных вод определяется в значительной мере изученностью территории Хорейверской впадины (северная часть недостаточно изучена бурением) и также отражает геологические особенности — отсутствие отложений среднедевонско-нижнефранского ВК, размытых в пределах Большеземельского палеосвода. Полезные компоненты (Br, I, B, Li, Sr) в кондиционных содержаниях установлены в выделенных водоносных комплексах палеозоя (табл. 6.1, рис. 6.1, 6.2). Подземные воды Хорейверской впадины перспективны как многокомпонентный источник гидроминерального сырья и представлены типами промышленных рассолов: *I-Li-Sr*, *I-B-Li-Sr*, *I-Br-Li-Sr*, *I-Br-B-Li-Sr*. Эти рассолы также могут служить источником для извлечения калия, одновременно и натрия, магния, кальция при комплексной их переработке.

Исследователи ранее уже выделяли отдельные площади Хорейверской впадины как обладающие очень перспективными гидроминеральными ресурсами. С. Б. Руфов и В. М. Мильков (Подземные воды 1989; Руфов, Мильков 1991) рекомендовали для проведения детальной разведки Хорейверский участок: Баганское и Сандивейское месторождения йодо-бромных вод каменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса с повышенными содержаниями лития и стронция, а также Мусюршорскую площадь. Рассолы в районе Баганского нефтяного месторождения рассматривались (Цехмейструк, Литвиненко 1997) как одно из наиболее перспективных гидроминеральных месторождений и по результатам исследований Института ПечорНИПИнефть.

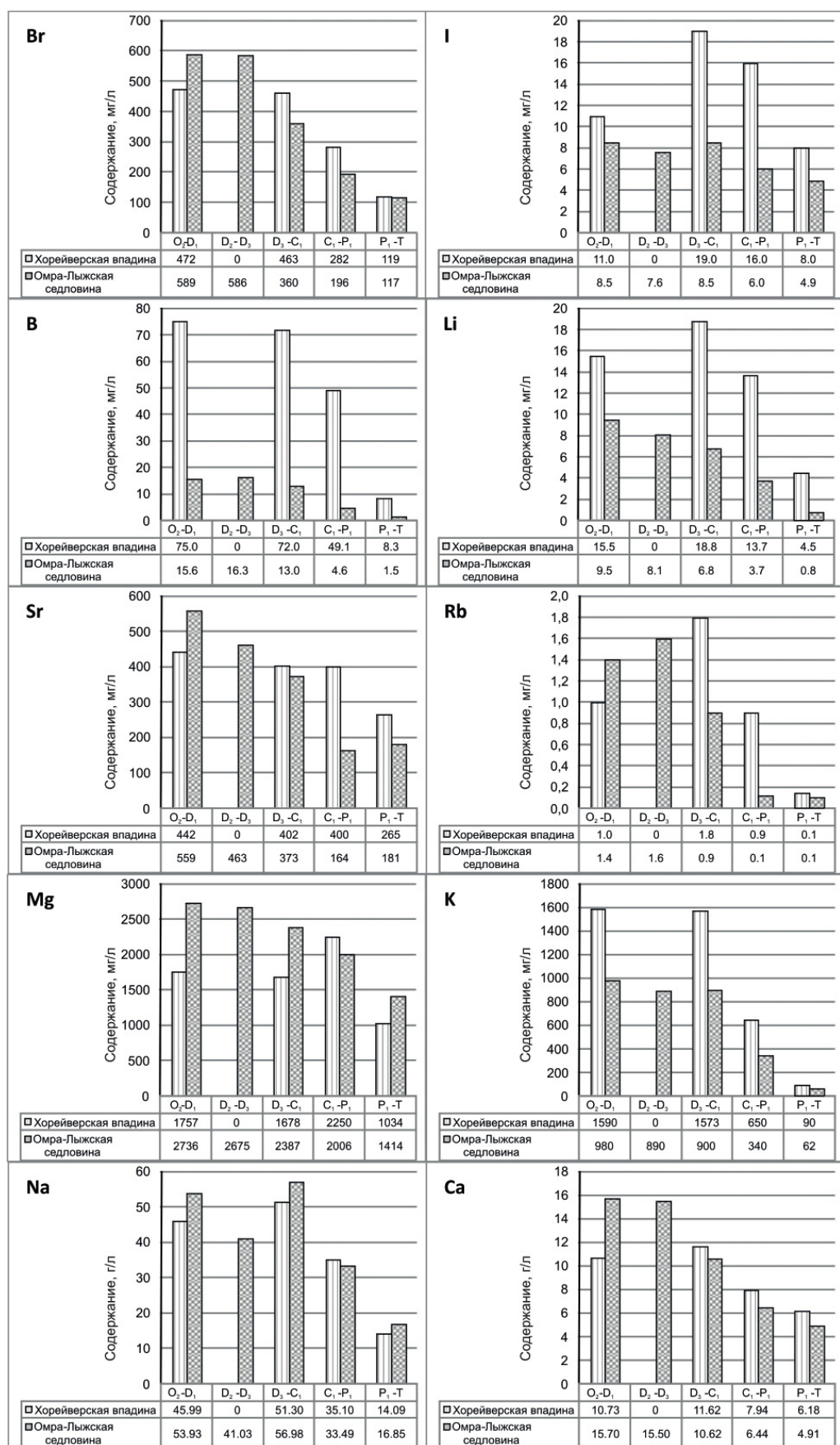


Рис. 6.2. Сопоставление медианных значений концентраций ценных компонентов и основных катионов в промышленных рассолах Хорейверской впадины и Омра-Лыжской седловины в основных водоносных комплексах Тимано-Печорского седиментационного бассейна.

В результате анализа современной гидрогеологической изученности Хорейверской впадины к перечню уже перечисленных здесь перспективных площадей следует добавить рассолы верхнедевонско-нижнекаменноугольного ВК (Сюрхаратинской и Ю. Сюрхаратинской, Верхнеколвинской, С. Хоседаюской площадей) и каменноугольно-нижнепермского ВК (Малохатаыхской, Ошкотынской, Колвависовской площадей), как поликомпонентные йодо-борно-бромные литие- и стронциеносные. Значения ценных компонентов в рассолах этих площадей, обладающих высоким потенциалом, приведены в табл. 5.4 и 5.6.

В целом необходимо отметить, что ранее выделенный (Бондаренко и др. 1988; Подземные воды 1989; Подземные воды 1996) Тимано-Печорский артезианский бассейн промышленных бромных и йодо-бромных стронциеносных вод с возрастом продуктивного горизонта C_3-P_1 следует значительно дополнить (расширить) на основании новых данных, полученных при геолого-гидрогеологических исследованиях последних десятилетий как по площади распространения, так и по мощности зоны развития промышленных вод. Проведенные нами исследования показали существенное расширение сырьевой гидроминеральной базы ТП СБ, перспективность рассолов водоносных комплексов палеозоя на наличие комплекса ценных компонентов (Br, I, B, Li, Sr) и солей Na, K, Mg, Ca. Дальнейшее изучение гидрогеологического разреза седиментационного бассейна, возможное в основном при разведке месторождений углеводородов, позволит увеличить площадь распространения промышленных вод. При этом необходимо включать в аналитические исследования пластовых вод полный комплекс ценных элементов.

Заключение

Представленное в работе распределение различных типов промышленных подземных вод по отдельным водоносным горизонтам и тектоническим структурам Тимано-Печорского седиментационного бассейна представляет собой информационную базу по распространению ценных компонентов, которая может быть использована при необходимости для обеспечения нужд промышленности и при оценке перспектив комплексного освоения территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

На основании многолетнего сбора, обобщения и анализа фактического материала по опробованию скважин, изучения гидрохимических параметров с помощью статистического анализа полно и объективно охарактеризованы геохимические закономерности распространения промышленных вод в регионе. Приведенные в данной работе новые сведения существенно дополняют выполненные ранее (в 60–90-х гг. XX в.) обобщения по промышленным водам региона. Представленный в монографии большой объем гидрогеохимических данных (таблицы, графики) и картографических построений расширил представление о потенциальных возможностях подземных рассолов ТП СБ в качестве гидроминерального сырья. В подземных водах Тимано-Печорского бассейна промышленное значение имеют ценные компоненты: йод, бром, стронций, литий, в меньшей степени — бор и рубидий.

Карбонатные и терригенные водоносные комплексы ТП СБ значительно отличаются по глубинам залегания, величине минерализации, составу макрокомпонентов и ценных элементов. В то же время все исследованные подземные рассолы имеют хлоридный натриевый или кальциево-натриевый состав, относятся к хлоридному типу по классификации Курнакова-Валяшко. В формировании химического состава рассолов водоносных комплексов основное значение имеют процессы концентрирования седиментационных вод преимущественно морского генезиса и последующие катагенетические преобразования в системе взаимодействий вода–порода–газ–органическое вещество на больших глубинах, приводящие к накоплению в подземных водах полезных компонентов. Исследованные подземные рассолы с промышленными концентрациями полезных неорганических компонентов Предуральского краевого прогиба частично генетически связаны с рассолами сульфатного и хлоридного галогенеза ордовикского, верхнедевонского, пермского возрастов, а также с рассолами выщелачивания, перетеканием (миграцией) по разломным зонам.

Проведенные гидрогеохимические исследования подтвердили достаточность сырьевой базы промышленных вод ТП СБ пригодных для освоения, уточнили концентрации важных для экономики страны редких и рассеянных элементов (Br, I, B, Li, Sr, Rb). Рассолы с промышленной концентрацией компонентов занимают площадь несколько сотен тысяч квадратных километров. Общая мощность зоны распространения промышленных вод на данной стадии изучения гидрохимических параметров достигает 5 км и более. Уточнены границы распространения каждого типа промышленных вод Тимано-Печорского артезианского бассейна промышленных вод. Наибольшее про-

странственное распространение получили бромные и йодо-бромные промышленные рассолы, типоморфными для которых являются литий и стронций. Йодный и йодо-борный типы промышленных вод в комплексе с литием и стронцием по отдельности или совместно приурочены к северной части седиментационного бассейна. Для каждого типа промышленных вод во всех водоносных комплексах определены площади наиболее перспективные для дальнейшего изучения, выявления месторождений поликомпонентных промышленных рассолов с последующей оценкой запасов.

Установлены гидрогеохимические различия в распространении промышленных вод различных типов, обусловленные стратиграфической и литолого-фациальной приуроченностью водовмещающих пород. Это выражается в преимущественном распространении в карбонатных ВК (O_2-D_1 , D_3-C_1 и $C-P_1$) йодного, бромного, йодо-бромного и йодо-борного типов промышленных рассолов в комплексе с литием и стронцием (отдельно или совместно), а также поликомпонентных I-Br-B-Li-Sr рассолов. С терригенным среднедевонско-нижнефранским ВК связаны преимущественно бромные и йодо-бромные стронциеносные (иногда с литием) промышленные воды. В более молодых терригенных отложениях нижнепермско-триасового ВК установлены йодные промышленные рассолы.

Для постановки детального изучения с целью комплексного извлечения полезных компонентов рекомендуются рассолы Хорейверской впадины и сопредельных площадей Колвинского мегавала и Денисовской впадины, обладающие многокомпонентностью и высокими содержаниями элементов. Зона промышленных вод охватывает геологический разрез отложений от ордовикского до пермского возрастов и достигает 3.5 км. В кондиционных содержаниях установлено присутствие изученных рассеянных и редких элементов Br, I, B, Li, Sr и Rb, а также высокие ($n \cdot 0.1 - n \cdot 10$ г/л) концентрации металлов — основных макроэлементов подземных рассолов: Na, K, Mg, Ca. Перспективны как при самостоятельном извлечении из пластовых рассолов, так и при комплексной переработке пластовых и попутных вод нефтяных месторождений йодо-бромные рассолы Омра-Лыжской седловины, обогащенные стронцием, магнием, натрием и кальцием, особенно воды терригенного среднедевонско-нижнефранского водоносного комплекса.

Поскольку обеспечение внутренних потребностей страны в литиевом сырье актуальнейшая на данный момент времени задача, особо выделим перспективы использования литиеносных рассолов Тимано-Печорского бассейна промышленных вод. Литий включен в перечень стратегических видов минерального сырья (Перечень основных 2022) и дефицитных видов твердых полезных ископаемых (Перечень дефицитных 2024). Увеличение запасов лития и других редких металлов в РФ связывают с переходом от добычи твердых руд к использованию нетрадиционного минерального сырья, с развитием технологий его извлечения из подземных промышленных рассолов, геотермальных вод, литиеносной рапы озер и из попутных подземных вод, в качестве попутного компонента на месторождениях углеводородов и калийных солей (Литий России 2026).

В России по данным Министерства природных ресурсов на 1 января 2025 г. литий содержится в рудах 17 месторождений, на 14 из них подтвержденные запасы составляют 3.5 млн т. Li_2O (Литий России 2026). Основная часть балансовых запасов лития России (около 68.8 %) заключена в семи литиевых месторождениях редкометалльных пегматитов со сподуменом: Колмозёрское, Гольцовое, Урикское, Полмостундровское, Завитинское, Белореченское, Тастыгское. Согласно «Стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2030 года» три крупных месторождения лития — Колмозерское и Полмостундровское в Мурманской области, Завитинское в Забайкальском крае, должны быть введены в эксплуатацию для получения важного для инновационной экономики элемента. Особо важно, что получение лития предполагается также при промышленной добыче лития из гидроминеральных рассолов на участках Ковыктинского и Ярактинского месторождений, расположенных в Иркутской области. По предварительной оценке ресурсного потенциала Li , из рассолов Ковыктинского месторождения может быть получено Li_2CO_3 до 3 736 т/год, Ярактинского — 127—713 (Кузьменко и др. 2023). Разработка этих месторождений позволит в значительной степени обеспечить внутренние потребности страны в стратегическом литиевом сырье.

Необходимо подчеркнуть, что литиеносны почти все глубокозалегающие пластовые подземные воды артезианских областей промышленных вод РФ. Потенциальные ресурсы лития в подземных промышленных рассолах по состоянию на 1997 г. составляли 8071.3 т/год (Бондаренко и др. 1988; Подземные воды 1996). В результате проведенных за последние 30 лет исследований уточнены содержания лития в подземных водах и выявлено увеличение ресурсов. Например, в рассолах Восточно-Сибирской гидрогеологической области ресурсный потенциал лития многократно увеличился и составил 4—5 млн т Li (категория P_3) (Кузьменко и др. 2023).

В пределах Тимано-Печорского бассейна промышленных вод выявлены обширные площади распространения литиеносных вод (содержания Li достигают 480 мг/л), главным образом в карбонатных водоносных комплексах ($\text{O}_2\text{-D}_1$, $\text{D}_3\text{-C}_1$ и C-P_1), которые могут рассматриваться как источник лития и других редких металлов. Литиеносны преимущественно бромные, йодо-бромные и йодо-борные промышленные рассолы в границах тектонических структур: Колвинский мегавал, Денисовская и Хорейверская впадины, Варандей-Адъзвинская зона и Малоземельско-Колгуевская моноклинал, а также — на разрозненных площадях Ижма-Печорской синеклизы и Предуральского краевого прогиба. Ранее, в 1980—2000 гг. (Цехмейстрюк, Литвиненко 1997; Литвиненко 1999; Ланина и др. 2006 и др.), были разработаны технологические схемы и проведены испытания промышленных установок (комплексов) для извлечения лития и других ценных компонентов из попутных и пластовых вод нефтяных месторождений Тимано-Печорской провинции, которые могут быть актуализированы. Из попутных вод Баганского нефтяного месторождения, которое рассматривалось как перспективное месторождение гидроминерального сырья, при содержании Li в рассолах 17.9 г/л, предполагалось получение 31.2 т/год карбоната лития.

Для освоения гидроминерального сырья Тимано-Печорского бассейна промышленных вод в Республике Коми требуется проведение целенаправленных гидрогеологических работ для оценки запасов месторождений промышленных рассолов (уточнение качественного состава и фильтрационных свойств водоносных горизонтов, дебита скважин, технологических возможностей извлечения ценных компонентов и последующей утилизации рассолов и др.) на конкретных наиболее перспективных выделенных площадях. Организация промышленного извлечения ценных компонентов из подземных рассолов ТП СБ осложнена большими глубинами залегания отложений водоносных комплексов палеозоя, в связи с этим целесообразно и комплексное освоение месторождений углеводородного и гидроминерального сырья. Для многих разведанных месторождений нефти и газа имеется достаточно хорошая гидрогеологическая изученность, в том числе содержаний ценных компонентов в пластовых водах. Современные разработки и технологические прорывы в методах извлечения химических элементов, новейшие эффективные способы производства могут способствовать активизации и развитию нового этапа в использовании гидроминерального сырья ТП СБ как нетрадиционного полезного ископаемого.

Литература

1. Алексеева, Алексеев 2018 — *Алексеева, Л. П.* Промышленные подземные воды Оленёкского артезианского бассейна: геохимия и перспективы использования / Л. П. Алексеева, Л. П. Алексеев // Водные ресурсы. 2018. Т. 45, № 1. С. 42—51. DOI: 10.7868/S0321059618010029.
2. Беркутова и др. 1975 — *Беркутова, И. Д.* О соединении брома в нефтях / И. Д. Беркутова, А. А. Карцев, К. И. Якубсон // Микроэлементы и прогнозирование нефтегазоносности. Минск: Наука и техника, 1975. С. 33—35.
3. Богоявленский 1928 — *Богоявленский, Л. Н.* Ухтинское месторождение радия / Л. Н. Богоявленский // Доклады Академии Наук СССР. Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1928. С. 268.
4. Бондаренко и др. 1988 — *Бондаренко, С. С.* Геолого-экономическая оценка месторождений подземных промышленных вод / С. С. Бондаренко, Л. А. Лубенский, Г. В. Куликов. М.: Недра, 1988. 203 с.
5. Бондаренко, Комин 1998 — *Бондаренко, С. С.* Гидроминеральные сырьевые ресурсы России — перспективный источник редких металлов в XXI веке / С. С. Бондаренко, М. Ф. Комин // Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов России в XXI веке: тез. докл. междунар. симпоз. М.: Изд-во ВИМС МПР, 1998. С. 40—42.
6. Бондаренко, Куликов 1984 — *Бондаренко, С. С.* Подземные промышленные воды / С. С. Бондаренко, Г. В. Куликов М.: Недра, 1984. 358 с.
7. Бондаренко, Мелентьев 2008 — *Бондаренко, С. С.* Перспективы ускоренного вовлечения в промышленное использование природных и техногенных гидроминеральных ресурсов России / С. С. Бондаренко, Г. Б. Мелентьев // Техногенные ресурсы и инновации в техноэкологии. М.: ОИВТ РАН, 2008. С. 120—132.
8. Бураков и др. 2000 — *Бураков, Ю. Г.* О нетрадиционном подходе к обоснованию возможности создания опытного гидроминерального производства на Вуктыльском месторождении / Ю. Г. Бураков, О. И. Леухина, Г. П. Лысенин [и др.] // Геология, разработка, эксплуатация месторождений Тимано-Печорской провинции: Транспорт газа: Проблемы, решения, перспективы: науч.-техн. сб. [в 4-х кн.] / отв. ред. Р. М. Тер-Саркисов. Кн. 1: Разработка и эксплуатация месторождений. Комплексные исследования пластов и скважин. Ухта, 2000. С. 191—207.
9. Бураков и др. 1998 — *Бураков, Ю. Г.* Южный купол Вуктыльского месторождения — нетрадиционный источник энергетических ресурсов, углеводородного и гидроминерального сырья / Ю. Г. Бураков, Г. П. Лысенин [и др.] // Геология и разработка газовых месторождений: сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения профессора В. М. Сенюкова (Ухта, 1997 г.). Ухта: ИРЦ Газпром, 1998. С. 172—179.
10. Бююль, Цёфель 2005 — *Бююль, А.* SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей / А. Бююль, П. Цёфель. СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2005. 608 с.
11. Валяшко и др. 1965 — *Геохимия и генезис рассолов Иркутского амфитеатра / М. Г. Валяшко, А. И. Поливанова, И. К. Жеребцова [и др.].* М.: Наука, 1965. 160 с.
12. Вахромеев 2014 — *Вахромеев, А. Г.* Месторождения промышленных поликомпонентных рассолов глубоких горизонтов гидроминеральной провинции Сибирской платформы

/ А. Г. Вахромеев // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 9 (92). С. 73—78.

13. Виноградов 1939 — *Виноградов, А. П.* Йод в морских илах: О происхождении иод-бромных вод нефтеносных районов / А. П. Виноградов // Тр. Биогеохим. лабор. АН СССР. 1939. Т. 5. С. 19—46.

14. Вожов 2006 — *Вожов, В. И.* Подземные воды и гидроминеральное сырье Лено-Тунгусской нефтегазовой провинции / В. И. Вожов. Новосибирск: Изд-во СНИИГИМС, 2006. 209 с.

15. Геологическое строение 2000 — Геологическое строение и нефтегазоносность глубоко-залегающих отложений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (по результатам исследования Тимано-Печорской глубокой опорной и Колвинской параметрической скважин) / Ю. А. Ехлаков, В. И. Горбачев, Т. В. Карасева [и др.]. Пермь: КамНИИКИГС, 2000. 330 с.

16. Гидрогеологические критерии 1983 — Гидрогеологические критерии нефтегазоносности (на примере Тимано-Печорского бассейна). М.: Наука, 1983. 104 с.

17. Гидрогеология СССР 1970 — Гидрогеология СССР. Т. XLII: Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области РСФСР / под ред.: В. Г. Черного, К. К. Воллосовича. М.: Недра, 1970. 288 с.

18. Данилевский и др. 2001 — *Данилевский, С. А.* Геофлюидальные системы Тимано-Печорской провинции. Т. 2: Атлас карт / С. А. Данилевский, З. П. Склорова, Ю. М. Трифачев. Ухта: Минприроды РК, ТП НИЦ, 2001. 59 с.

19. Данилевский и др. 2003 — *Данилевский, С. А.* Геофлюидальные системы Тимано-Печорской провинции / С. А. Данилевский, З. П. Склорова, Ю. М. Трифачев. Ухта: Минприроды РК, ТП НИЦ, 2003. 298 с.

20. Данилевский, Гуляев 2003 — *Данилевский, С. А.* Закономерности распространения микроэлементов в подземных водах Тимано-Печорской провинции / С. А. Данилевский, В. Г. Гуляев // Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья: тез. доклад. III Всерос. совещ. Ухта: УТГУ, 2003. С. 21—23.

21. Добыча и производство 2025 — Добыча и производство йода в России [Электронный ресурс] // Добывающая промышленность. Электронная версия. 10.09.2025. URL: <https://dprom.online/mining/dobicha-ee-proeezvodstvo-yioda-v-rosseeee/> (дата обращения: 24.11.2025).

22. Зытнер и др. 1989 — *Зытнер, Ю. И.* Гидрогеологическое районирование территории Европейского севера СССР / Ю. И. Зытнер, В. А. Дедеев, Л. В. Мигунов // Геология и ресурсы горючих полезных ископаемых Европейского Севера СССР. Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО АН СССР. Вып. 69. Сыктывкар, 1989. С. 94—107.

23. Зытнер, Чибисова 2013 — *Зытнер Ю. И.* Гидрогеологические критерии прогноза нефтегазоносности северных районов Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции / Ю. И. Зытнер, В. С. Чибисова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2013. Т. 8. № 3. URL: https://www.ngtp/rub/4/35_2013.pdf.

24. Извлечение микрокомпонентов 1991 — Извлечение микрокомпонентов из попутно добываемых вод нефтяных месторождений (на примере южной части Тимано-Печорской не-

фтегазоносной провинции) // Нефтяное хозяйство / В. И. Литвиненко, Т. Д. Ланина, А. И. Овчинников [и др.]. 1991. № 3. С. 15—17.

25. Информационный бюллетень 2019 — Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2018 г. Вып. 42. Тверь: Талан Групп, 2019. 294 с. (Раздел 1. 4. Промышленные подземные воды).

26. Информационный бюллетень 2025 — Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2024 г. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2025. Вып. 48. 440 с. (Часть 1. Подземные воды).

27. К вопросу об организации 1993 — К вопросу об организации производства комплексной переработки гидроминерального сырья // Народное хозяйство Республики Коми / О. А. Морозов, Е. М. Гурленов, Г. П. Лысенин [и др.]. 1993. Т. 2, № 1. С. 87—92.

28. Капченко 1990 — *Капченко, Л. Н.* Процессы и закономерности накопления микроэлементов в подземных рассолах палеозоя Тимано-Печорской провинции / Л. Н. Капченко // Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья: материалы Всесоюзн. совещ. Ухта, 1990. С. 3—5.

29. Карцев и др. 1969 — *Карцев, А. А.* Палеогидрогеология / А. А. Карцев, С. Б. Вагин, Е. А. Басков М.: Недра, 1969. 152 с.

30. Классификации запасов 2011 — Классификации запасов и прогнозных ресурсов теплоэнергетических и промышленных подземных вод. Приказ Минприроды РФ от 01.09.2011 № 718 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 21.10.2011 № 22103). URL: <https://minjust.consultant.ru/files/445>.

31. Крайнов и др. 2004 — *Крайнов, С. Р.* Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С. Р. Крайнов, Б. Н. Рыженко, В. М. Швец. М.: Наука, 2004. 677 с.

32. Красинцева 1968 — *Красинцева, В. В.* Гидрогеохимия хлора и брома / В. В. Красинцева. М.: Наука, 1968. 195 с.

33. Кудельский 1976 — *Кудельский, А. В.* Гидрогеология и гидрогеохимия йода / А. В. Кудельский. Минск: Наука и техника, 1976. 216 с.

34. Кузьменко и др. 2023 — *Кузьменко* Условия формирования и закономерности размещения литиеносных рассолов на территории РФ / П. С. Кузьменко, В. С. Чмерев, Е. Д. Михеева // Разведка и охрана недр. 2023. № 7. С. 33—46.

35. Ланина 2003 — *Ланина, Т. Д.* Комплексная технологическая схема переработки пластовых вод газоконденсатных месторождений / Т. Д. Ланина // Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья: тез. докл. III Всерос. совещ. Ухта: УТГУ, 2003. С. 45—47.

36. Ланина, Литвиненко 1990 — *Ланина, Т. Д.* Использование попутных вод нефтяных месторождений в качестве гидроминерального сырья / Т. Д. Ланина, В. И. Литвиненко // Материалы одиннадцатой Коми республиканской молодежной науч. конф. Сыктывкар, 1990. С. 45—53.

37. Ланина, Литвиненко, Варфоломеев 2006 — *Ланина, Т. Д.* Процессы переработки пластовых вод месторождений углеводородов / Т. Д. Ланина, В. И. Литвиненко, Б. Г. Варфоломеев. Ухта: Ухтин. гос. техн. ун-т, 2006. 172 с.
38. Леухина, Гуревич 1992 — *Леухина, О. И.* Прогноз концентраций ценных компонентов в подземных водах Тимано-Печорского региона / О. И. Леухина, С. В. Гуревич // Народное хозяйство Республики Коми. 1992. Т. 1, № 2. С. 329—332.
39. Линок и др. 1992 — *Линок, Н. Г.* Попутные воды нефтяных и газовых месторождений юга Тимано-Печорской провинции как гидроминеральное сырье / Н. Г. Линок, Г. П. Лысенин, Е. Ф. Карпюк // Народное хозяйство Республики Коми. 1992. Т. 1, № 2. С. 245—246.
40. Литвиненко 1990 — *Литвиненко, В. И.* Комплексное использование попутно добываемых и пластовых вод Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции как гидроминерального сырья / В. И. Литвиненко // Нефтяное хозяйство. 1990. № 11. С. 72—74.
41. Литвиненко 2003 — *Литвиненко, В. И.* Организация производства брома на базе отработанных промыслов НГДУ «Войвожнефть» / В. И. Литвиненко // Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья: тез. докл. III Всерос. совещ. Ухта: УТГУ, 2003. С. 31—34.
42. Литвиненко 2004 — *Литвиненко, В. И.* Состояние изученности гидроминерального сырья Тимано-Печорской провинции / В. И. Литвиненко // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: материалы XIV Геологического съезда Республики Коми. Т. IV. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 144—148.
43. Литвиненко, Павленко 1990 — *Литвиненко, В. И.* Перспективы использования попутных вод НГДУ Тэбукнефть / В. И. Литвиненко, Г. К. Павленко // Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья: материалы Всесоюзн. совещ. Ухта, 1990. С. 12—14.
44. Литий России 2026 — Литий России — Рейтинги — НедраДВ, сетевое издание [Электронный ресурс]. URL: <https://nedradv.ru/nedradv/ru/ratings?rubric=10bf605261c2320b59dda400e8a644e6> (дата обращения: 24.01.2026).
45. Лысенин 1973 — *Лысенин, Г. П.* Особенности распространения брома и йода в подземных водах Тимано-Печорской провинции / Г. П. Лысенин // Тр. VII геол. конф. Коми АССР. 1973. С. 139—143.
46. Лысенин и др. 2003 — *Лысенин, Г. П.* Перспективы освоения гидроминеральных ресурсов юга Тимано-Печорской провинции / Г. П. Лысенин, Е. Ф. Карпюк, О. И. Леухина // Комплексное использование попутных и пластовых вод нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в качестве гидроминерального сырья: тез. доклад. III Всерос. совещ. Ухта: УТГУ, 2003. С. 9—11.
47. Методические рекомендации 2007 — Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых от 03.04.2007 №11—17/0044-пр. М.: МПР РФ, 2007. 15 с.

48. Методические рекомендации 2013 — Методические рекомендации по применению классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов от 01.11.2013 № 477 (утв. Распоряжением Минприроды России от 01.02.2013 № 3–р). М.: МПР РФ, 2013. 30 с.
49. Методические рекомендации 2023 — Методические рекомендации по оценке запасов и прогнозных ресурсов промышленных подземных вод, попутно извлекаемых при разработке месторождений углеводородного сырья / Б. В. Боровский, С. С. Палкин, А. Л. Язвин. М.: АО «ГИ-ДЭК», 2023. 44 с.
50. Мильков и др. 1993 — Мильков, В. М. Гидрогеологические условия Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции / В. М. Мильков, С. Б. Руфов, В. С. Коваленко. СПб.: Недра, 1993. 176 с.
51. Митюшева 2011 — Митюшева, Т. П. Минеральные подземные воды. Карта «Минеральные подземные воды». Масштаб 1:4 000 000 / Т. П. Митюшева // Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011. С. 72—75.
52. Митюшева 2022 — Митюшева, Т. П. Исторический очерк о соляных трубах (скважинах) Сереговского солеваренного завода (XVII–XIX века) / Т. П. Митюшева // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». 2022. № 2 (54). С. 84—93. DOI: 10.19110/1994-5655-2022-2-84-93
53. Митюшева, Амосова 2013 — Митюшева Т. П., Амосова О. Е. Применение факторного анализа при изучении подземных промышленных йодобромных вод Тимано-Североуральского региона / Т. П. Митюшева, О. Е. Амосова // Вода: химия и экология. 2013. № 9. С. 78—86.
54. Митюшева, Амосова 2017 — Митюшева, Т. П. Поликомпонентные рассолы Хорейверской впадины — перспективный источник гидроминерального сырья / Т. П. Митюшева, О. Е. Амосова // Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления: матер. Всерос. науч. конф. с межд. участ. Сыктывкар, 2017. С. 124—126.
55. Митюшева, Амосова 2021 — Митюшева, Т. П. Промышленные воды Хорейверской впадины Печорской плиты / Т. П. Митюшева, О. Е. Амосова // Вестник геонаук. 2021. № 8(320). С.27—45. DOI: 10.19110/geov.2021.8.3.
56. Новые данные 1998 — Новые данные об изученности промышленных вод Тимано-Печорской провинции // Геология и экономика минерального сырья Тимано-Печорской провинции / В. М. Мильков, С. Б. Руфов, Л. П. Белонина [и др.] Л.: Наука, 1998. С. 43—45.
57. Новые представления 2011 — Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика / О. М. Прищепа, В. И. Богацкий, В. Н. Макаревич [и др.]. 2011. Т. 6. № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf.
58. Об извлечении полезных 1992 — Об извлечении полезных компонентов из пластовых вод // Народное хозяйство Республики Коми / В. З. Леонидов, В. П. Филиппов, А. А. Якимов, В. И. Литвиненко. 1992. Т. 1, № 1. С. 73—78.
59. Основы гидрогеологии 1982 — Основы гидрогеологии. Гидрохимия. Новосибирск: Наука, 1982. 288 с.

60. Первухина 1940 — *Первухина, А. Е.* Соленые источники Северного Края как основа для поисков каменной соли / А. Е. Первухина // Тр. Сев. Базы. Вып. 5. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 76 с.
61. Перечень дефицитных 2024 — Перечень дефицитных твердых полезных ископаемых. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2024 г. № 939-р. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202404190023>.
62. Перечень основных 2022 — Перечень основных видов стратегического минерального сырья. Распоряжение Правительства РФ от 30.08.2022 г. № 2473-р. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/view/0001202208310002>.
63. Плотникова, Лукьянчиков 2010 — *Плотникова, Р. И.* Ресурсная база промышленных подземных вод и проблемы ее освоения / Р. И. Плотникова, В. М. Лукьянчиков // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 5. С. 2—7.
64. Подземные воды 1989 — Подземные воды Европейского Северо-Востока СССР / В. А. Дедеев, Ю. И. Зытнер, Н. Г. Оберман [и др.]. Сыктывкар: Ин-т геологии Коми НЦ УрО АН СССР, 1989. 160 с.
65. Подземные воды 1996 — Подземные воды России: проблемы изучения, использования, охраны и освоения / Г. С. Вартанян, В. Д. Гродзенский, Р. И. Плотникова [и др.]. М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. 96 с.
66. Природные резервуары 1993 — Природные резервуары в терригенных формациях Печорского нефтегазоносного бассейна / Е. О. Малышева, З. В. Ларионова, Н. Н. Рябинкина [и др.]. Сыктывкар, 1993. 154 с.
67. Природные резервуары 2011 — Природные резервуары нефтегазоносных комплексов Тимано-Печорской провинции / Е. Л. Теплов, П. К. Косыгова, З. В. Ларионова [и др.]. СПб: ООО «Реноме», 2011. 286 с.
68. Романюк, Ткачев 2010 — *Романюк, Т. В.* Геодинамический сценарий формирования крупнейших мировых неоген-четвертичных бор-литиеносных провинций / Т. В. Романюк, А. В. Ткачев. М.: Светоч Плюс. 2010. 304 с.
69. Руфов, Мильков 1991 — *Руфов, С. Б.* Прогнозная оценка промышленных вод Хорейверской впадины / С. Б. Руфов, В. М. Мильков // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Европейского северо-востока: природные углеводороды: тр. XI геолог. конфер. Коми АССР. Сыктывкар, 1991. С. 226—229.
70. Скробов, Смирнов 1939 — *Скробов, А. А.* Природные минеральные воды Северного Края / А. А. Скробов, В. А. Смирнов // Тр. Сев. Геол. Упр. Вып. 4. 1939. 89 с.
71. Солодов и др. 1980 — *Солодов, Н. А.* Геохимия лития, рубидия и цезия / Н. А. Солодов, Л. С. Балашев, А. А. Кременецкий. М., 1980. 233 с.
72. Сравнительный анализ 1999 — Сравнительный анализ онтогенеза углеводородов в Печорском и других осадочных бассейнах мира / В. Н. Данилов, Н. А. Малышев, В. А. Скоробогатов [и др.]. М.: Изд-во Академии горных наук, 1999. 400 с.
73. Стратегии развития 2022 — Стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от

28 декабря 2022 г. № 4260-р (с изменениями на 21 октября 2024 года) [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300433836> (дата обращения: 24.01.2026).

74. Структура платформенного 1982 — Структура платформенного чехла Европейского Севера СССР / под ред. В. А. Дедеева. Л.: Наука, 1982. 200 с.

75. Таскаев, Кичигин 2002 — *Таскаев, А. И.* Водный промысел: производство радия в Республике Коми / А. И. Таскаев, А. И. Кичигин. Сыктывкар, 2002 г. (Научные доклады / Коми НЦ УрО РАН. Вып. 452). 32 с.

76. Тектоника Тимано-Печорской 1989 — Тектоника Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции: Объяснительная записка к структурно-тектонической карте Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. М-б 1:1000 000 / В. А. Дедеев, В. В. Юдин, В. И. Богацкий [и др.]. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1989. 28 с.

77. Тимано-Печорский седиментационный 2000 — Тимано-Печорский седиментационный бассейн. Атлас геологических карт (литолого-фациальных, структурных и палеогеологических) / Н. И. Никонов, В. И. Богацкий, А. В. Матрынов [и др.]. Ухта: Изд-во ТП НИЦ, 2000. 67 с.

78. Тимано-Печорский седиментационный 2002 — Тимано-Печорский седиментационный бассейн. Объяснительная записка к Атласу геологических карт / З. В. Ларионова, В. И. Богацкий, Е. Г. Довжикова [и др.]. Ухта: Изд-во ТП НИЦ, 2002. 122 с.

79. Торопов 1933 — *Торопов, Ф. А.* Геохимия Ухтинских радиоактивных вод / Ф. А. Торопов // Недра Советского Союза (Чибью: Управление Ухто-Печорского треста). № 1. 1933. С. 15—26.

80. Цехмейстрюк, Литвиненко 1997 — *Цехмейстрюк, А. К.* Задачи Института «ПечорНИ-ПИНЕФТЬ» в свете государственной научно-технической политики в Республике Коми / А. К. Цехмейстрюк, В. И. Литвиненко // Республика Коми: научно-техническая политика: материалы науч.-аналитич. конф. Сыктывкар: Изд-во КЕПС при Главе Республике Коми, 1997. С. 89—93.

81. Черепенников 1928 — *Черепенников, А. А.* Проявление радиоактивности в Ухтинском районе / А. А. Черепенников // Вестн. Геол. Ком. 1928. № 4. С. 18—23.

82. Щербаков 1961 — *Щербаков, А. В.* Гидрогеохимические исследования при поисках и разведке подземных бороносных вод / А. В. Щербаков. М.: Госгеолтехиздат, 1961. 128 с.

83. Bruland, Lohan 2004 — *Bruland K. W., Lohan M. C.* Controls of trace metals in sea water // The oceans and marine geochemistry. Vol. 6: Treatise of geochemistry / Eds. H.D. Holland, K.K. Turekian. Amsterdam: Elsevier, 2004. P. 23—47.

84. Chaddock 1925 — *Chaddock R. E.* Principles and methods of statistics. Boston, New York [etc.]: Houghton Mifflin, 1925. 471 p.

Оглавление

Введение.....	3
1. Краткая характеристика подземных промышленных вод России: терминология, классификация, районирование, месторождения	5
2. История изученности промышленных вод региона	11
3. Методика проведения работ	20
4. Гидрогеологические особенности строения Тимано-Печорского седиментационного бассейна	25
5. Промышленные рассолы Тимано-Печорского седиментационного бассейна.....	49
5.1. Промышленные рассолы водоносного комплекса нижнепермско-триасовых терригенных отложений	49
5.2. Промышленные рассолы водоносного комплекса каменноугольно-нижнепермских карбонатных отложений	57
5.3. Промышленные рассолы водоносного комплекса верхнедевонско-нижнекаменноугольных карбонатных отложений	67
5.4. Промышленные рассолы водоносного комплекса среднедевонско-нижнефранских терригенных отложений	78
5.5. Промышленные рассолы водоносного комплекса среднеордовикско-нижнедевонских карбонатных отложений.....	88
6. Основные особенности распространения промышленных вод Тимано-Печорского седиментационного бассейна	100
Заключение	115
Литература	119

Научное издание

Татьяна Павловна Митюшева
Ольга Евгеньевна Амосова
Илья Олегович Машин

**Промышленные воды
Тимано-Печорского
седиментационного
бассейна**

Печатается по решению Ученого совета Института геологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (выписка из протокола № 4 от 17 марта 2026 г.)

Редактор: О. А. Гросу
Оригинал-макет, макет обложки: Р. А. Шуктомов
Корректura английского текста: Е. С. Кузьмина

Лицензия № 0047 от 10.01.99.
Подписано в печать 10.08.2026. Формат 60 × 84 1/8.
Уч.-изд. л. 10.0. Тираж 500. Заказ № 38.

Редакционно-издательский центр ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.
167982, ГСП-2, Российская Федерация, Республика Коми,
г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24.