

УДК 553.98:556.3 (571.1/5)

Новиков Д.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук» (ФГБУН ИНГГ СО РАН), Новосибирск, Россия, NovikovDA@ipgg.nsc.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГИБА

Впервые за последние 35 лет обобщены все имеющиеся гидрогеологические материалы по западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба. Методологически исследование основано на применении необходимых приемов, начиная от геолого-стратиграфических, заканчивая построением гидрогеологических моделей месторождений углеводородов. Впервые составлена схема гидрогеологической стратификации изучаемого района. Уточнены гидрогеологические условия водоносных комплексов нижнего гидрогеологического этажа (ниже турон-олигоценевого регионального водоупора). Показано, что в пределах исследуемого района развиты разные типы вертикальной термобарической и гидрогеохимической зональности.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеологический комплекс, гидрогеологическая стратификация, термобарическая и гидрогеохимическая зональность.

ВВЕДЕНИЕ

С начала поисково-разведочных работ на нефть и газ в Западной Сибири накоплен огромный фактический материал, отражающий химический и газовый состав подземных вод нефтегазоносных отложений. Общие сведения по гидрогеологии Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) приведены в работах Н.М. Кругликова и др., В.М. Матусевича, А.А. Розина [Карцев и др., 1986; Конторович, Зимин, 1968; Конторович и др., 1975; Курчиков, 1992; Назаров, 2004; Шварцев, Новиков, 2004; Ставицкий и др., 2004]. С 1950-х гг. в свет вышел целый ряд сводных публикаций по бассейну (Е.А. Барс, А.Э. Конторович и др., Б.Ф. Маврицкий, В.М. Матусевич, А.А. Розин, В.Б. Торгованова и др.) [Кругликов, 1964; Ростовцев, Равдоникас, 1958]. Следует также отметить многотомную монографию «Гидрогеология СССР» и том XVI, посвященный Западной Сибири [Нуднер, 1970].

Гидрогеологические исследования нефтегазоносных бассейнов ведутся во многих регионах мира. Решаются различные вопросы по генезису и условиям формирования подземных вод, особенностям структуры гидродинамического поля и геотермического режима недр, разработке нефтегазопоисковых критериев и т.д. [Домрочева, Новиков, 2009; Новиков, Шварцев, 2009; Ставицкий и др., 2004; Шварцев, Новиков, 2004; Bachu, Unterschultz, 1993; Cao и др., 2011; Ferguson и др., 2007; Fowler, Grasby, 2006; Hujunao и др., 2009; Kreitler, 1989; Patz, Jordan, 1980; Powley, 1990; Toth, 1987a, б; Vugrinovich, 1988].

Территория исследований в гидрогеологическом отношении приурочена к переходной области от Западно-Сибирской геосинеклизы к западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба (ЕХРП) или Хатангского артезианского бассейна (ХАБ) Восточно-Сибирской артезианской области (рис. 1). В тектоническом отношении район исследований охватывает структуры Внешнего пояса: Предтаймырскую мегамоноклизу, Предъенисейскую мегамоноклизу; Ямало-Карской депрессии: Южно-Таймырскую мегамоноклинал, Северо-Мессояхскую мегамоноклинал, Долганскую мезоноклинал, Восточно-Газовскую мезоноклинал; Обской ступени: Красноселькупскую моноклизу, Южно-Карскую мегаседловину и Северо-Часельскую седловину. В гидрогеологическом плане район освещался во многих работах Г.А. Ивановой и др. [Бро и др., 1973; Гинсбург, Иванова, 1971; Равдоникас, 1962; Ростовцев, Равдоникас, 1958].

Здесь более 35 лет (с 1977 г.) не проводилось широкомасштабных гидрогеологических исследований. К настоящему времени на исследуемой территории пробурено 216 глубоких скважин. Степень изученности гидрогеологических условий, гидрогеотермии, гидродинамики, гидрогеохимии и мерзлотных условий неравномерна по площади и геологическому разрезу.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Опираясь на принятую гидрогеологическую стратификацию ЗСМБ [Кругликов, 1964; Матусевич и др., 2005; Назаров, 2004; Нуднер, 1970] и имеющиеся фактические данные по изучаемому региону, в пределах нижнего гидрогеологического этажа можно выделить пять водоносных комплексов (сверху – вниз): *апт-альб-сеноманский, неокомский, верхнеюрский, нижне-среднеюрский и триас-палеозойский (нерасчлененный)*. Установленные мезозойские комплексы сложены преимущественно проницаемыми песчано-алевролитовыми породами, которые разделяются аргиллито-глинистыми водоупорами. От зоны активного водообмена (гипергенеза) вышеперечисленные комплексы изолированы надежным, выдержанным по простиранию турон-олигоценым водоупором. Его экранирующие способности нарушаются лишь при литологическом замещении на проницаемые разности в прибортовых районах бассейна.

Как показал детальный анализ всех имеющихся материалов, в пределах изучаемого региона гидрогеологическая структура бассейна весьма сложна, что обусловлено переходным типом разреза, литолого-фаціальным замещением, наличием размывов водоупоров и сложной дизъюнктивной тектоникой.

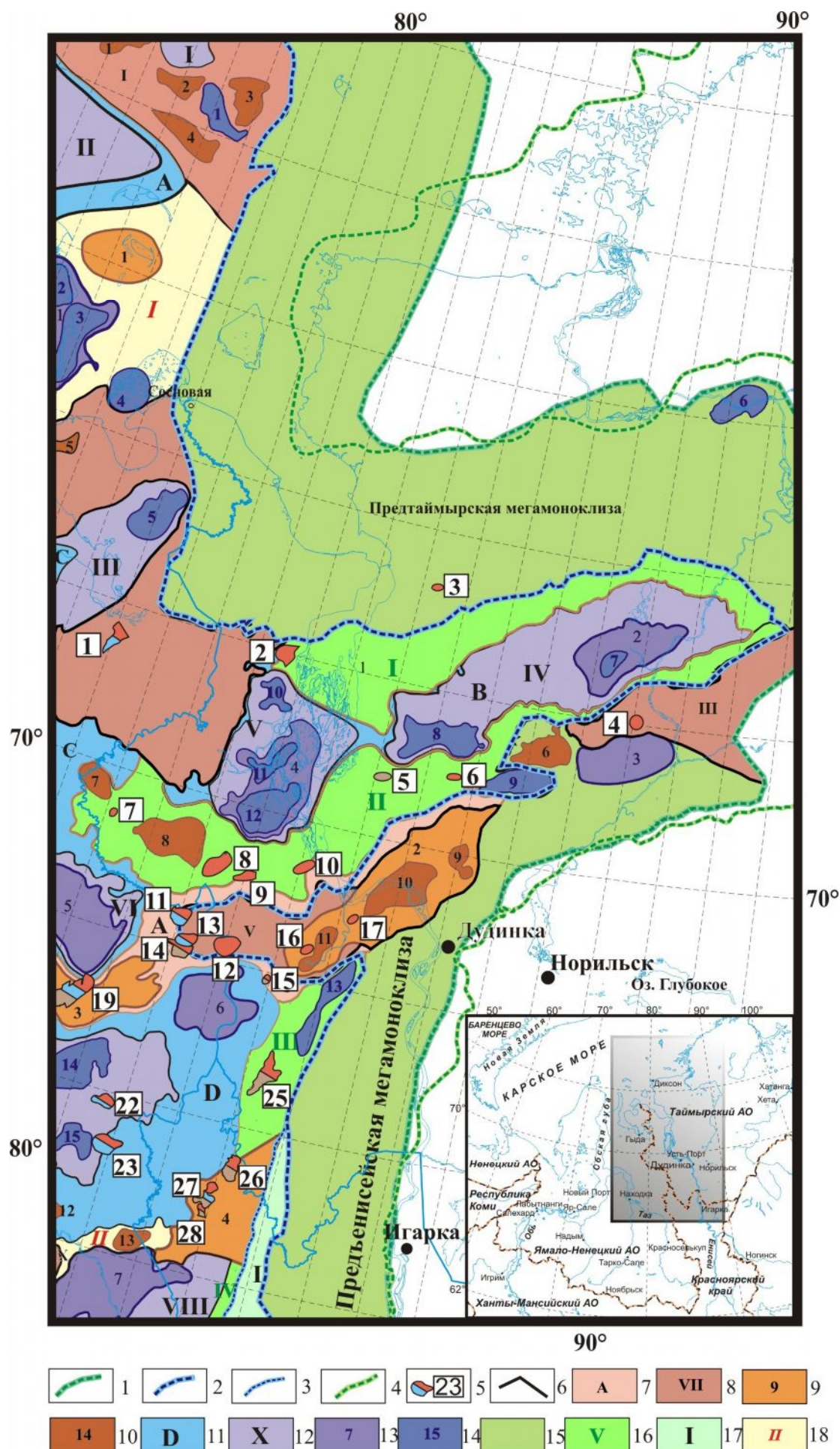


Рис. 1. Местоположение района исследований

1 – граница юрского осадочного бассейна; 2 – граница внутренней области и внешнего пояса; 3 – граница Ямало-Карской депрессии; 4 – граница надпорядковых структур; 5 – месторождение и его номер; 6 – линия гидрогеологического разреза. Тектонические элементы. Положительные: 7 – надпорядковые, 0 порядка: А - Мессояхская наклонная гряда; 8 – I порядка: I – Северо-таймырский наклонный мегавал, II – Северо-Гыданский мегавыступ, III – Тундровый мегавыступ, IV – Гыданский мегавыступ, V – Усть-Портовский мегавыступ, 9 – II порядка: 1 – Неупокоевское куполовидное мезоподнятие, 2 – Рассохинский мезовыступ, 3 – Среднемессояхский мезовал, 4 – Тогульский мезомыс; 10 – III порядка: 1 – Выступное кп, 2 – Согласное кп, 3 – Притаймырское кп, 4 – Ножовый вал, 5 – Восточно-Зеленомысовский вал, 6 – Верхнеянгондское кп, 7 – Южно-Гыданское кп, 8 – Пагодское кп, 9 – Суходудинское кп, 10 – Устьмалохеттинское кп, 11 – Устьсолёный вал, 12 – Усть-Юридейякское кп, 13 – Русско-Реченское кп; Отрицательные: 11 – надпорядковые, 0 порядка: А - Карская мегасинеклиза, В – Агапско-Енисейский желоб, С – Антипаютинско-Гадебеяхинская мегасинеклиза, D – Большехетская мегасинеклиза; 12 – I порядка: I – Северо-Карская мегавпадина, II – Центрально-Карская мегавпадина, III – Среднегыданский мегаврез, IV – Агапский мегавпрогиб, V – Енисейская мегавпадина, VI – Восточно-Антипаютинская мегавпадина, VII – Северо-Тазовская мегавпадина, VIII – Тазовский структурный мезазалив; 13 – II порядка: 1 – Северо-Гыданская мезовпадина, 2 – Агапская мезовпадина, 3 – Дудылтинская мезовпадина, 4 – Беловская мезовпадина, 5 – Внутренняя мезовпадина, 6 – Южно-Мессояхская мезовпадина, 7 – Нижнетазовская мезовпадина; 14 – III порядка: 1 – Северо-Восточный прогиб, 2 – Шокальская впадина, 3 – Песчаная впадина, 4 – Оленья впадина, 5 – Среднеесаяхская впадина, 6 – Тарейская впадина, 7 – Якимская впадина, 8 – Мунгуйский прогиб, 9 – Крестовский прогиб, 10 – Поликарповская впадина, 11 – Носокский прогиб, 12 – Караулская впадина, 13 – Долгонский прогиб, 14 – Среднеиндикъяхинская впадина, 15 – Верхнеиндикъяхинская впадина; Промежуточные: 15 – Мегамоноклизы Внешнего пояса: Предтаймырская мегамоноклиза, предъенисейская мегамоноклиза; 16 – Мега-, мезо-, моноклинали Ямало-Карской депрессии: I – Южно-Таймырская мегамоноклинали, II – Северо-Мессояхская мегамоноклинали, III – Долгонская мезоноклинали, IV – Восточно-Тазовская мезоноклинали; 17 – Мега-, мезо-, моноклинали Обской ступени: I – Красноселькупская моноклиза; 18 – Мега-, мезо-, седловина: I – Южно-Карская мегаседловина, II – Северо-Часельская седловина.

Месторождения: 1 – Ладерттойское; 2 – Дерябинское; 3 – Хабейское; 4 – Джангодское; 5 – Пайяхское; 6 – Озерное; 7 – Нанадянское; 8 – Пеляткинское; 9 – Ушаковское; 10 – Казанцевское; 11 – Северо-Соленинское; 12 – Мессояхское; 13 – Южно-Соленинское; 14 – Новосоленинское; 15 – Горчинское; 16 – Зимнее; 17 – Нижне-Хетское; 18 – Западно-Мессояхское; 19 – Восточно-Мессояхское; 20 – Южно-Мессояхское; 21 – Пяяхинское; 22 – Северо-Хальмерпаютинское; 23 – Хальмерпаютинское; 24 – Тазовское; 25 – Сузунское; 26 – Ванкорское; 27 – Лодочное; 28 – Тагульское.

Так, например, размыв дорожковского водоупора апт-альб-сеноманского комплекса выявлен на Нижне-Хетской, Мало-Хетской, Долганской, Точинской и Сухо-Дудинской площадях. Размыв неокомских водоупоров (яковлевского, нижнеяковлевского и др.) установлен в пределах Мало-Хетской и Точинской площадей, верхнеюрских – на Южно-Соленинской, Мессояхской, Тампейской, Зимней, Семеновской и Мало-Хетской площадях. Водоупоры в пределах ниже-среднеюрского комплекса подверглись денудации на Мессояхской, Семеновской и Мало-Хетской площадях. Интенсивное проявление дизъюнктивной тектоники по сейсмическим материалам и результатам бурения хорошо прослеживается на Нижне-Хетской, Мало-Хетской, Точинской, Сухо-Дудинской, Джангодской и других площадях (рис. 2).

Нами выделено восемь типов структур по типу гидрогеологического разреза (рис. 3). Первый тип характеризуется наличием в разрезе всех водоносных горизонтов и водоупоров от нижней юры до верхнего мела. Территориально он развит в пределах Аномальной, Горчинской, Северо-Соленинской, Сузунской и других площадей. Особенностью второго типа является глинизация оксфордского регионального резервуара верхнеюрского водоносного комплекса и его распространение в северных и западных районах на Верхне-Кубинской, Казанцевской, Озерной, Паютской и других площадях. Третий тип разреза характеризуется глинизацией нижнехетского и нижнехетско-суходудинского резервуаров неокомского комплекса и развитием на площадях западных районов (Нанадянская, Пайяхская, Яровская и др.). Особенности четвертого типа является практически полное отсутствие отложений апт-альб-сеноманского и верхнеюрского комплексов, частичный размыв малышевского и зимнего резервуара. Структуры с таким типов разреза приурочены к восточным районам (Долганская, Малохетская, Нижнехетская и др. площади). Пятый тип разреза с частичным или полным размывом отложений верхнеюрского комплекса распространен на Зимней, Мессояхской, Семеновской, Тампейской и других площадях. Отличием шестого типа является выпадение из разреза наряду с верхнеюрскими отложениями также и низов неокомского комплекса (нижнехетский и нижнехетско-суходудинский). Для примера можно привести Восточно-Мессояхскую площадь. В пределах структур (Дерябинская, Сухо-Дудинская и другие), где развит седьмой тип разреза в границах ниже-среднеюрского комплекса отсутствует его нижняя часть (зимний, шараповский, надояхский и вымский резервуары). Так же как и во втором и третьем типах полностью заглинизирован оксфордский региональный резервуар и резервуары низов неокома (нижнехетский, нижнехетско-суходудинский и нижнесуходудинский).

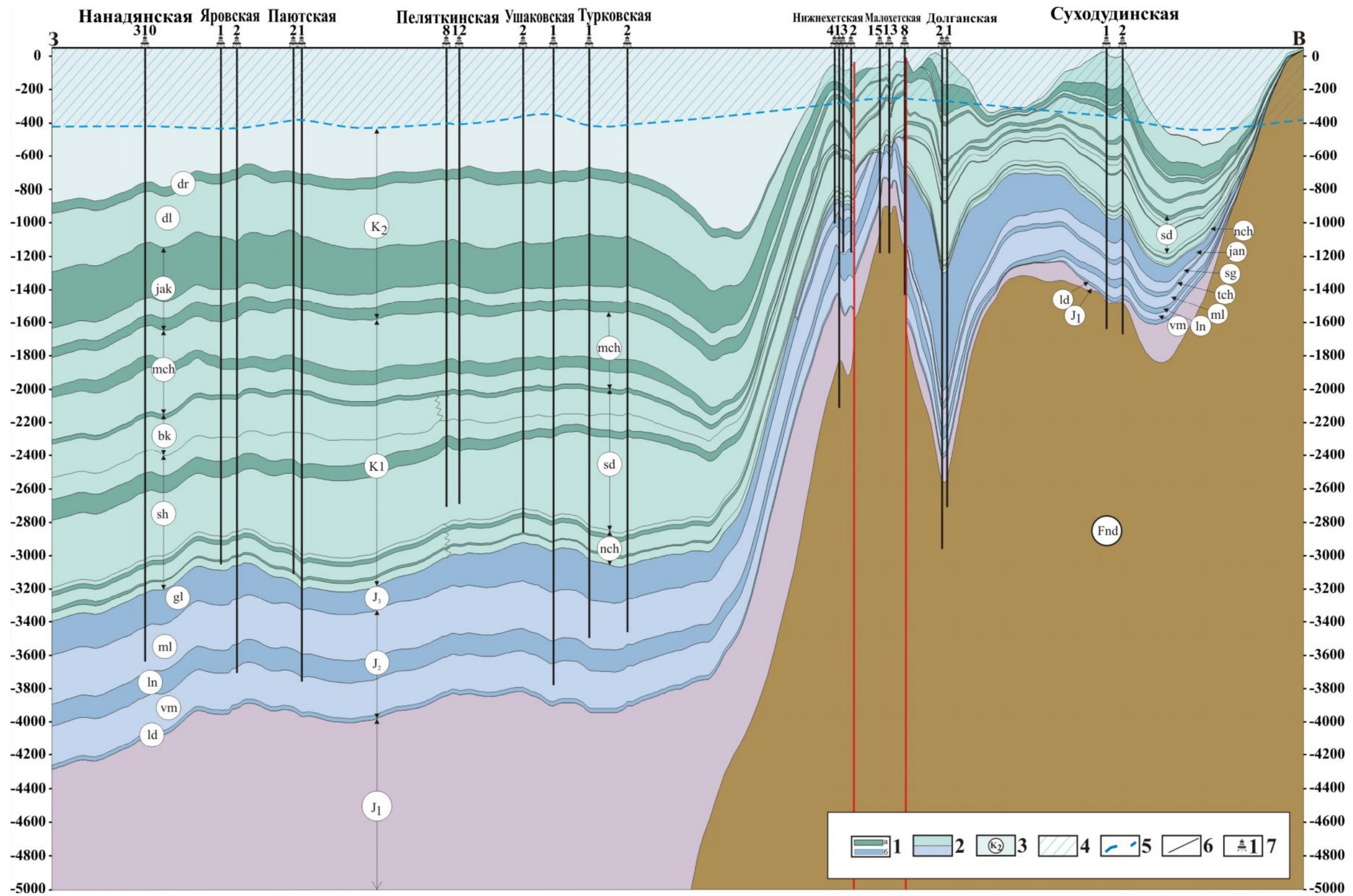


Рис. 2. Гидрогеологический разрез по линии скв. Нанаянская-310 – Сухо-Дудинская-2

1 – региональные флюидоупоры, 2 – проницаемые комплексы, 3 – возраст отложений, 4 - многолетнемерзлые породы, 5 – нижняя граница распространения многолетнемерзлых пород, 6 – границы региональных флюидоупоров и проницаемых комплексов, 7 – скважина и ее номер.

Индексы свит: Fnd – отложения палеозойского фундамента; J₁ – отложения нижней юры; J₂ - ld - лайдинская, vm - вымская, ln - леонтьевская, ml - малышевская, tch - точинская; J₃ - sg - сиговская, jan - яновстанская; J₂₋₃ - gl - гольчихинская; K₁ - nch - нижнехетская, sd – сухо-дудинская, sh - шуратовская, bk - байкаловская, tch - малохетская, jak - яковлевская; K₁₋₂ - dl - долганская; K₂ - dr - дорожковская.

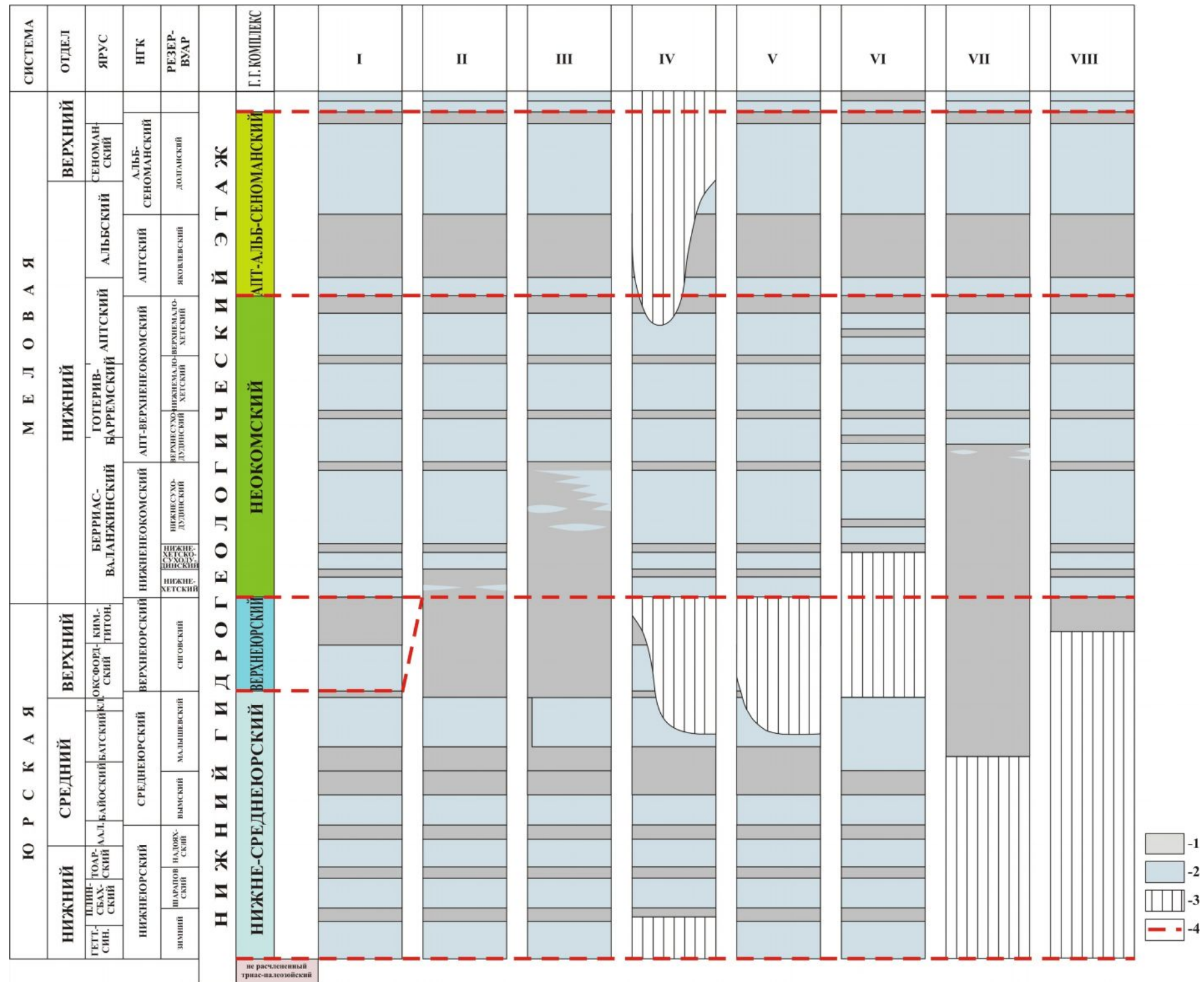


Рис. 3. Схема гидрогеологической стратификации западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба

1 – водоупор, 2 – водоносный горизонт, 3 – отсутствие отложений, 4 – граница гидрогеологических комплексов.

Восьмой из выделенных типов распространен в прибортовых районах бассейна (Большелайдинская и др.) и характеризуется выпадением из разреза практически полностью юрских отложений.

Следует отметить, что данное в первом приближении разделение структур западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и сопредельных территорий было дано лишь на основе особенностей гидрогеологического строения (наличия или отсутствия тех или иных гидрогеологических стратонтов). Дальнейшая детализация гидрогеологической стратификации должна основываться на особенностях гидродинамики и гидрогеохимии исследуемого бассейна.

При изучении гидрогеологических условий и обосновании гидрогеологической стратификации исследуемого региона приходится учитывать особый геологический объект – многолетнемерзлые породы (ММП), слагающие современную криолитозону. Территория Енисей-Хатангского регионального прогиба относится к зоне сплошного монокристаллического распространения вечной мерзлоты [Баулин и др., 1967; Гречищев, 1983; Равдоникас, 1962; Розенбаум, Шполянская, 2000; Трофимов, Васильчук, 1987], что позволяет выделить региональный водоупор в верхней части геологического разреза (см. рис. 2).

В сложных природных условиях Западной Сибири и Енисей-Хатангского регионального прогиба особенно важно получить достоверные сведения по гидродинамике нефтегазоносных отложений. Несмотря на то, что в изучаемом регионе пробурено более 200 глубоких геологоразведочных скважин, остается крайне низким процент достоверной гидродинамической информации. Неодинакова и изученность различных гидрогеологических объектов, наиболее изучен неокотский водоносный комплекс, что связано с его высокой перспективностью на углеводороды (рис. 3). Менее всего в гидродинамическом отношении изучены юрские водоносные комплексы. Анализ гидродинамических условий исследуемого региона приведен в работах Г.Д. Гинсбурга, Г.А. Ивановой, О.В. Равдоникас и др. [Равдоникас, 1962; Гинсбург и др., 1969; Гинсбург, Иванова, 1971].

В рамках работы был проведен всесторонний анализ гидродинамической структуры осадочного бассейна с элементами палеогидрогеологических реконструкций. Итак, приведенные давления апт-альб-сеноманского водоносного комплекса (плоскость сравнения -2250 м) составляют от 20,2 до 23,0 МПа. Значения больше 22,0 МПа трассируют зоны, которые соотносятся с областями внутреннего питания. Это же видно и при анализе

коэффициентов аномальности пластовых давлений. Его повышенные значения установлены на Западно-Мессояхской, Южно-Мессояхской и Пякяхинской площадях.

Детально рассмотрим результаты исследований для наиболее изученного неокомского комплекса. После тщательной разбраковки исходных гидродинамических материалов для исследований были использованы достоверные сведения по результатам испытания 271 объекта 100 скважин 26 площадей. Распределение пластовых давлений, приведенных к плоскости сравнения -3500 м, носит весьма сложный характер. Здесь мы имеем зону аномально высоких пластовых давлений (АВПД), ограниченную Пайяхской, Средне-Яровской, Турковской и Танамской площадями (рис. 3). Самые высокие значения коэффициента аномальности (K_a) отмечаются в скважинах: Турковская-1 – 2,45; Турковская-2 – 1,46; Пайяхская-1 – 1,45 и Пайяхская-2 – 1,49.

С зоной АВПД граничит область повышенных давлений, которая с юго-запада и северо-востока начинает расти, распространяясь в северо-западные районы. Со значениями приведенных давлений менее 35-36 МПа связаны области распространения пониженных давлений в пределах Озерной, Нижне-Хетской, Мало-Хетской, Сухо-Дудинской, Точинской и Долганской площадей.

Палеогидродинамические реконструкции указывают на то, что на всех этапах развития бассейна внешние области питания были расположены в прибортовых частях изучаемого региона. Внутренние области питания для горизонтов неокомского комплекса формировались в наиболее погруженных областях бассейна с максимальной мощностью уплотняющихся глинистых пород пеляткинской пачки нижнего мела (Восточно-Антипаютинская мегавпадина, Среднеиндикъяхинская мезовпадина, осложняющая Северо-Тазовскую мегавпадину) и верхней юры (Ванкоро-Тагульский наклонный мезовал, краевая часть Большехетской мегасинеклизы, северо-восточная часть Беловской мегавпадины, Агапский мегапрогиб и др.).

О динамике и направлении фильтрации подземных вод в пределах изучаемого района мы можем судить по картам гидроизопьез. Так, если на предыдущих элизионных этапах развития осадочного бассейна внутренние области создания напоров находились в северной, северо-восточной и южной областях региона (рис. 4), то на настоящем этапе развития нефтегазоносной системы они расположены в центральной области, по мере удаления от которой к прибортовым районам происходит закономерное снижение напряженности гидродинамического поля.

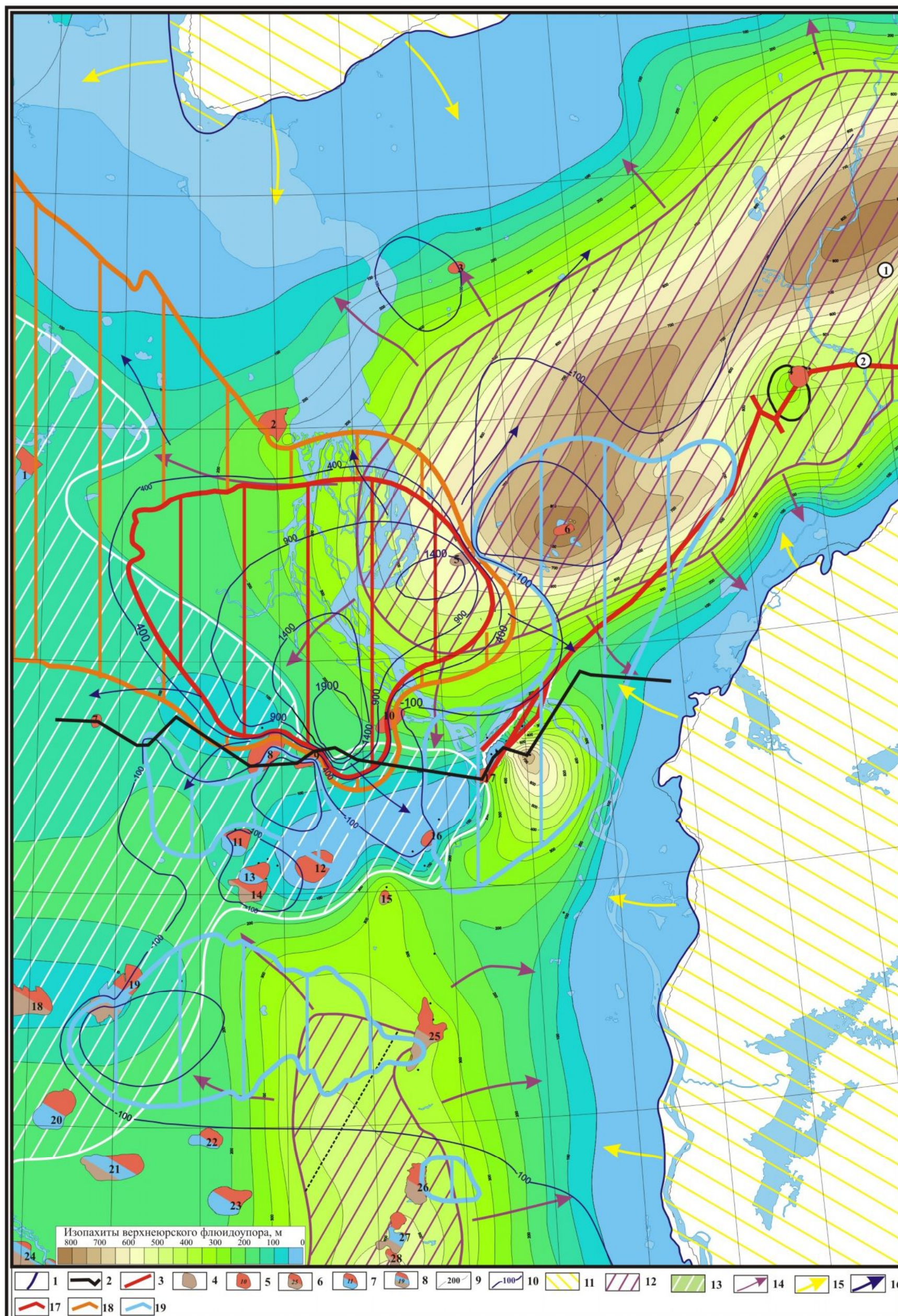


Рис. 4. Гидродинамическая карта низов неокомского водоносного комплекса

(нижнехетский, нижнехетско-суходудинский, нижнесуходудинский горизонты) с элементами палеогидродинамических реконструкций

1 – граница распространения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла; 2 – линия гидрогеологического разреза; 3 – тектонические нарушения, месторождения (перечень см. рис. 1); 4 – нефтяные, 5 – газовые, 6 – газонефтяные, 7 – газоконденсатные, 8 – нефтегазоконденсатные; 9 – мощности верхнеюрского водоупора; 10 – гидроизопьезы нижне-неокомского комплекса; 11 – внешняя область питания; 12 – пьезомаксимумы (внутренняя область питания); 13 – пьезоминимумы (внутренняя область разгрузки); направление потока: 14 – древних элизионных вод, 15 – инфильтрационных вод, 16 – современных элизионных вод; зоны пластовых давлений (по величине K_a): 17 – аномально-высоких, 18 – повышенных, 19 – пониженных.

Внешние области питания не претерпели существенных изменений. Проникновение древних инфильтрационных вод наблюдалось также на Мало-Хетской и Точинской площадях в период размыва глин малохетской свиты в аптское время. Наибольшие величины напорных градиентов выявлены на Пайяхской, Казанцевской, Турковской, Ушаковской, Пеляткинской, Средне-Яровской и Аномальной площадях. Далее, в северных, восточных, северо-западных и юго-восточных районах происходит их значительное снижение

В залегающих ниже юрских водоносных комплексах картина не такая однозначная. Верхнеюрский комплекс заглинизирован практически на всей территории, и для него нет кондиционных гидродинамических материалов. Можно отметить лишь то, что в областях распространения его проницаемых отложений в прибортовых районах пластовые давления в незначительной мере превышают гидростатические, поскольку в полной мере отражают инфильтрационный тип геогидродинамической системы.

В пределах нижне-среднеюрского комплекса в область развития аномально высоких пластовых давлений попадает практически весь центр исследуемого региона. Здесь разброс давлений, приведенных к плоскости сравнения -3500 м, изменяется от 40 до 54 МПа и выше. В эту зону входят те же площади, что и в зоне АВПД для неокомского комплекса, а также Нанадянская, Яровская, Паютская, Пеляткинская, Ушаковская, Казанцевская, Мессояхская, Северо- и Южно-Соленинская площади. Зона развития повышенных давлений отмечается диапазоном значений приведенных давлений 37-40 МПа. Оставшийся район ЕХРП характеризуется распространением зоны нормальных давлений.

Таким образом, в настоящее время в исследуемом регионе мы имеем два типа природных водонапорных систем: элизионную во внутренних областях и инфильтрационную во внешних прибортовых.

В рамках настоящей работы также были обобщены все имеющиеся геотермические материалы (опубликованные и фондовые). При составлении базы данных геотермических параметров были оцифрованы термометрии 46 скважин, проведена их интерпретация с разбивкой по стратиграфическим уровням, проанализированы 345 точечных замеров температур и рассчитаны геотермические параметры пластов. Получение необходимых для анализа геотермических параметров проводилось нами на основе хорошо известных расчетных методов; Н.Н. Непримеров и др., Н.М. Фролов, Г.А. Череменин [Дьяконов, 1958; Курчиков, 1992].

На этом базисе нами были установлены основные геотермические закономерности и проведено геотермическое районирование западной части Енисей-Хатангского

регионального прогиба и сопредельных территорий. Выявлено несколько типов гидрогеотермического разреза, характеризующих распределение пластовых температур в пределах вскрытой бурением мощности осадочного чехла (рис. 5). Наблюдаемое изменение геотермических градиентов по разрезам скважин и по площадям исследуемых районов не случайно, а подчиненно определенным закономерностям распределения естественного теплового поля земли, связанного главным образом с литологической характеристикой пород, геологическим строением и гидрогеологическими особенностями исследуемых районов, а также с принадлежностью этих районов к тем или иным крупным структурно-тектоническим элементам.

Установлено, что в областях проявления региональных разломов отмечаются повышенные геотермические градиенты – 3-3,4 °C/100 м, следовательно, дизъюнктивная тектоника подтверждает здесь свое отепляющее воздействие. В целом геотермическая структура изучаемой части прогиба характеризуется градиентами, не превышающими 2,5-2,8 °C/100 м. В восточной области геотермический градиент равен 2,37 °C/100 м, в юго-западной – 2,5, в центральной и северной – 2,8 °C/100 м. Наличие структурных карт и регрессионных зависимостей по геотермическим особенностям осадочного чехла в разных областях изучаемого региона позволило нам составить и отредактировать геотермические карты по кровле основных гидрогеологических комплексов (апт-альб-сеноманского, неокомского, верхнеюрского, нижне-среднеюрского и палеозойского) с учетом имеющихся фактических данных по точечным замерам пластовых температур и термограмм скважин.

ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

Первые сведения по гидрогеологическим условиям и гидрогеохимии нефтегазоносных отложений исследуемого района появились с началом нефтепоисковых работ в Усть-Енисейском районе в 1936 г. (В.Н. Сакс) [Обидин, 1959; Пономарев, 1960].

Гидрогеохимические исследования Енисей-Хатангского регионального прогиба прошлых лет носили очень обобщенный характер, и при построении карт гидрогеохимической зональности Западно-Сибирского мегабассейна никаких особенностей и деталей для этого региона никогда не отмечалось (северо-восток бассейна относился к единой гидрогеохимической зоне солоноватых, преимущественно хлоридных натриевых вод) [Кругликов, 1985]. Наиболее полно были изучены гидрогеологические условия Малохетского поднятия, но и там были приведены весьма скудные данные по геохимическим особенностям подземных вод [Равдоникас, 1962].

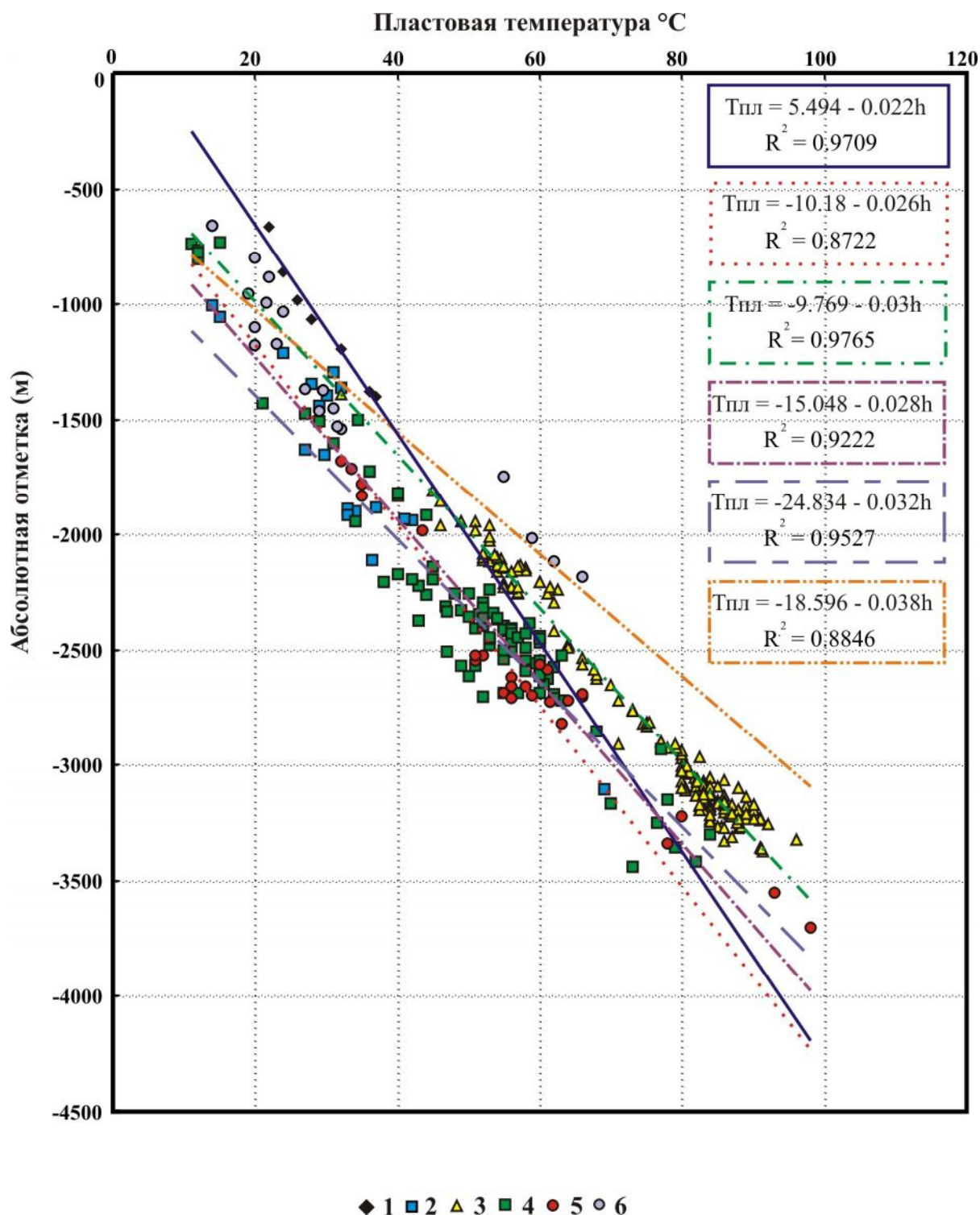


Рис. 5. Типы вертикальной гидрогеотермической зональности в пределах западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и сопредельных территорий
Области прогиба: 1 – борт; 2 – восток; 3 – юго-запад; 4 – центр; 5 – север; 6 – зона разломов.

В пределах изученных структур выявлены подземные воды разного химического состава. Доминируют воды [по С.А. Шукареву, 1934] хлоридного натриевого, хлоридно-гидрокарбонатного натриевого и гидрокарбонатно-хлоридного натриевого типов. Каждый из них имеет свои особенности в распределении основных солеобразующих макро- и

микрокомпонентов, концентрации которых напрямую зависят от величины их солености (табл. 1). По мере ее роста происходит закономерное увеличение содержаний хлора, натрия, магния, кальция, калия, микрокомпонентов: брома, иода, бора и аммония. При минерализации вод 15-20 г/дм³ и более в них происходит снижение содержания гидрокарбонат – иона. Концентрации сульфат – иона в среднем не превышают 20-60 мг/л³, что связано с широко известным процессом его восстановления до сероводорода, О.В. Шишкина [Страхов, 1963]: $SO_4^{2-} + 2C_{org} + 2H_2O = 2HCO_3^- + H_2S$.

В пределах апт-альб-сеноманского водоносного комплекса наиболее широко распространены хлоридные натриевые воды с минерализацией от 2 до 15 г/дм³, и в меньшей степени гидрокарбонатные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые типы вод (соответственно составляют 20 и 10 % встречаемости). Среднее значение минерализации вод этого комплекса – 7,9 г/дм³. Установлено, что восточная окраина и северо-восточная часть изучаемого региона имеют более низкие значения минерализации, вплоть до пресных вод. Наиболее минерализованные воды установлены на Лодочной, Западно-Лодочной, Средне-Яровской, Аномальной и Пеляткинской площадях. Для данного комплекса характерно самое неравномерное распределение хлор-бромного коэффициента, выделяется три района с его величиной более 300. Воды комплекса бессульфатные, содержание SO₄ не превышает 43,6 мг/дм³, среднее – 15, 2 мг/дм³. Содержание микроэлементов I, В невысоко, но все же позволяет выделить пять небольших зон с более высокими концентрациями I (> 9 мг/дм³) – районы Западно-Мессояхской, Южно-Мессояхской, Хальмерпаютинской, Ванкорской и Северо-Ванкорской, Средне-Яровской, Аномальной, Пеляткинской, Ушаковской, Северо-Соленинской и Хальмерпаютинской площадей; В (> 6 мг/дм³) – Восточно-Мессояхской и Южно-Мессояхской площадей. Достаточно высокие содержания Вг (> 35 мг/дм³) позволяют выделить гидрогеохимические аномалии в районе Южно-Мессояхской, Ванкорской и Северо-Ванкорской площадей. В целом для подземных вод апт-альб-сеноманского комплекса можно отметить, что все гидрогеохимические аномалии попадают в области распространения вод с величиной хлор-бромного коэффициента более 300.

Для ниже залегающего неокомского комплекса прослеживается изменение минерализации от практически пресных вод до соленых с минерализацией до 14 г/дм³. Наиболее широко распространены хлоридные натриевые воды, в меньшей мере гидрокарбонатно-хлоридные натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые.

Таблица 1

Типовые анализы подземных вод западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба

Площадь	Номер скважины	Интервал бурения		pH	Минерализация, г/дм ³	Концентрации, мг/дм ³										Тип воды по Шукареву	
		от	до			Na+K	Ca	Mg	NH ₄	Cl	SO ₄	NO ₂	HCO ₃	I	Br		B
Апт-Альб-Сеномановский гидрогеологический комплекс																	
Пеляткинская	12	808	812	8,0	12,8	4727	168	46	-	7571	8	-	183	10	32	2,0	Cl Na
Большелайдинская	1	742	758,5	7,0	7,7	3027	38	-	2,0	4323	53	-	281	6	16	-	Cl Na
Озерная	9	1106	1115	8,1	1,9	617	9	2	-	549	9	-	683	1	2	0,5	HCO ₃ -Cl Na
Неокомский гидрогеологический комплекс																	
Хальмерпаутинская	2006	2243	2247	7,6	15,8	5479	511	55	18,0	9574	0	0	159	13	12	3,1	Cl Na
Озерная	9	1878	1888	8,1	11,1	4012	309	9	-	6643	16	-	65	13	43	5,0	Cl Na
Хабейская	2	1732	1745	7,6	8,9	2615	316	252	6	4971	58	-	610	3	30	-	Cl Na
Пеляткинская	8	2651	2660	8,0	2,8	836	11	5	-	427	10	0,01	1507	2	2	2,5	Cl-HCO ₃ Na
Дерябинская	2	2729	2734	7,9	5,0	1540	16	5	-	1008	26	-	2368	8	7	12,1	Cl-HCO ₃ Na
Ушаковская	2	2355	2360	7,7	8,6	2898	301	54	9	5016	8	-	166	6	9	100	HCO ₃ -Cl Na
Южно-Мессояхская	20	3150	3157	7,8	3,6	1087	150	2	15	1539	10	-	732	6	10	8,0	HCO ₃ -Cl Na
Верхне-Юрский гидрогеологический комплекс																	
Рассохинская	1	1317	1326	8,6	14,6	5586	42	40	0,1	8393	30	-	360	25	55	20	Cl Na
Ванкорская	1	3100	3100	8,0	13,1	4864	100	56	-	7931	7	-	116	6	10	30	Cl Na
Южно-Носковская	318	3799	3799	8,3	8,1	2564	64	0	-	1653	46	-	3753	3	39	-	Cl-HCO ₃ Na
Нижне-Хетская	1	892	905	7,8	6,1	2185	29	12	-	2489	12	-	1318	5	10	4,5	HCO ₃ -Cl Na
Нижне-Среднеюрский гидрогеологический комплекс																	
Рассохинская	1	1892	1910	8,4	8,9	3289	48	25	0,1	4477	151	-	854	7	31	10	Cl Na
Сухо-Дудинская	1	1408	1433	8,0	11,2	4260	301	-	-	6004	623	-	-	-	-	-	Cl Na
Тампейская	1	1932	1950	7,9	7,6	2382	28	17	-	1805	42	-	3283	2	6	4,5	Cl-HCO ₃ Na
Семеновская	2	2648	2654	8,2	9,7	3069	17	11	4	2277	58	0,01	4198	3	9	1,5	Cl-HCO ₃ Na
Средне-Яровская	4	3345	3360	8,0	10,8	3993	20	-	15	4047	260	0,1	2397	35	44	-	HCO ₃ -Cl Na
Озерная	8	3810	3825	8,0	10,0	3483	51	10	-	3962	17	-	2477	7	22	14,4	HCO ₃ -Cl Na

Примечание: «-» - нет данных.

Наибольшие ее значения отмечаются для вод Лодочной, Ванкорской и Северо-Ванкорской, Большелайдинской, Горчинской, Пеляткинской, Аномальной, Средне-Яровской, Береговой, Яковлевской, Хабейской и Джангодской площадей. Средние значения минерализации подземных вод комплекса составляют около $6,5 \text{ г/дм}^3$, что ниже, чем в вышележающем апт-альб-сеноманском, при этом северные и восточные периферийные части района исследований, а также большой регион на юго-западе, отличаются наличием вод еще более низкой минерализацией. Рассматриваемый район характеризуется фоновыми значениями хлор-бромного коэффициента менее 300. Аномально высоких значений не выявлено, что свидетельствует о преимущественно элизионном (седиментационном) генезисе подземных вод комплекса. Установлены гидрогеохимические аномалии по содержанию J ($>20 \text{ мг/дм}^3$) – район Южно-Носковской, Средне-Яровской, Аномальной и Сузунской площадей; В ($>30 \text{ мг/дм}^3$) – на Северо-Ванкорской, Ванкорской, Западно-Лодочной и Лодочной площадях и по содержанию NH_4 ($>25 \text{ мг/дм}^3$) – район Верхне-Кубинской, Горчинской, Токачинской, Сузунской и Восточно-Чарской площади.

Как отмечалось выше, водоносные отложения верхнеюрского комплекса распространены не повсеместно (достаточно узкой полосой на востоке изучаемой территории), остальная часть представляет собой зону глинизации. Среднее значение минерализации составляет $9,3 \text{ г/дм}^3$ (диапазон изменения от $5,8$ до $14,5 \text{ г/дм}^3$), что позволяет отнести их к солоноватым хлоридным натриевым и гидрокарбонатно-хлоридным натриевым. Максимальные значения минерализации характерны для подземных вод Рассохинской, Средне-Ванкорской, Ванкорской и Лодочной площадей. Подземные воды содержат сульфаты в количестве от 2 до 74 мг/дм^3 . Гидрогеохимические аномалии выявлены по содержанию J ($>14 \text{ мг/дм}^3$) и В ($>13 \text{ мг/дм}^3$) и ограничены Рассохинской и Джангодской площадями, по содержанию йода также выделяются Северо-Ванкорская, Ванкорская и Лодочная площади.

Воды нижне-среднеюрских отложений распространены в исследуемом районе повсеместно, на значительных площадях воды пресные (север и северо-западные участки, восточная окраина). Среднее значение минерализации составляет $8,4 \text{ г/дм}^3$ (диапазон изменения от $0,9$ до $23,3 \text{ г/дм}^3$). По химизму воды достаточно пестрые, выделяются гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, хлоридные натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые. Гидрогеохимические аномалии установлены по содержанию J ($>12 \text{ мг/дм}^3$) на Средне-Яровской и Аномальной площадях.

Геохимические особенности нерасчлененного триас-палеозойского водоносного комплекса до настоящего времени являются не изученными.

Анализ корреляционных связей между концентрациями таких химических элементов и соединений, как Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, I, Br, B, а также общей минерализацией, позволяет уточнить особенности их геохимии в пластовых водах западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и сопредельных территорий. Каждый гидрогеологический комплекс при этом имеет свои особенности (табл. 2).

В водах апт-альб-сеноманского комплекса наблюдаются сильные положительные связи между минерализацией и Na, Mg, Cl, I и Br ($r_{Na\ M}=0,973$, $r_{Mg\ M}=0,660$, $r_{Cl\ M}=0,964$, $r_{I\ M}=0,886$, $r_{Br\ M}=0,857$). Хлор имеет сильные связи с натрием, кальцием, магнием, йодом и бромом ($r_{Na\ Cl}=0,973$, $r_{Ca\ Cl}=0,560$, $r_{Mg\ Cl}=0,642$, $r_{I\ Cl}=0,876$, $r_{Br\ Cl}=0,881$), также выделяются связи между натрием, йодом и бромом ($r_{Na\ I}=0,883$, $r_{Na\ Br}=0,867$, $r_{I\ Br}=0,715$).

В неокомском комплексе характер корреляционных связей несколько иной. Сильные положительные связи наблюдаются только между натрием и хлором ($r_{Na\ Cl}=0,890$), а также между этими элементами и минерализацией ($r_{Na\ M}=0,922$, $r_{Cl\ M}=0,926$).

В отличие от неокомского комплекса в верхнеюрском комплексе наблюдаются сильные связи между минерализацией и практически всеми элементами, за исключением калия и брома. Натрий дает сильные положительные связи с магнием, хлором, йодом и бором, калий – с йодом, бромом и бором, кальций и магний – с хлором и йодом, хлор – с йодом, бром – с йодом и бором. Следует отметить высокие отрицательные связи между магнием и гидрокарбонат ионом ($r_{HCO_3\ Mg}=-0,381$) и Cl и HCO₃ ($r_{HCO_3\ Cl}=-0,425$).

В водах ниже-среднеюрского комплекса наблюдаются сильные связи минерализации с натрием, магнием, хлором и бромом, натрия с хлором и бромом, магния – с хлором, брома – с хлором и бором. Отрицательные связи отмечаются у HCO₃ с кальцием и бором ($r_{HCO_3\ Ca}=-0,441$, $r_{HCO_3\ Mg}=-0,558$).

В соответствии с гидродинамическими и гидрогеотермическими условиями водоносных комплексов юрских и меловых отложений, устанавливаются основные гидрогеохимические закономерности. Вдоль северо-восточной границы Енисей-Хатангского регионального прогиба распространены гидрокарбонатные натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией до 5 г/дм³, сменяющиеся по мере продвижения к центральным и юго-западным областям хлоридными натриевыми водами с минерализацией до 15-20 г/дм³.

Таблица 2

**Корреляционные связи между концентрациями химических элементов и соединений
и минерализацией в подземных водах западной части
Енисей-Хатангского регионального прогиба**

А

Na *	1,000									
K*	0,391	1,000								
Ca*	0,406	0,287	1,000							
Mg*	0,612	0,481	0,292	1,000						
Cl*	0,973	0,425	0,560	0,642	1,000					
HCO ₃ *	-0,173	0,042	-0,384	-0,102	-0,344	1,000				
J*	0,883	0,323	0,375	0,756	0,876	-0,187	1,000			
Br*	0,867	0,307	0,391	0,759	0,881	-0,230	0,715	1,000		
B*	0,447	0,298	0,178	0,181	0,400	0,144	0,261	0,524	1,000	
M**	0,973	0,451	0,498	0,660	0,964	-0,137	0,886	0,857	0,435	1,000
	Na*	K*	Ca*	Mg*	Cl*	HCO ₃ *	J*	Br*	B*	M**

Б

Na *	1,000									
K*	0,280	1,000								
Ca*	0,218	0,116	1,000							
Mg*	0,177	-0,043	0,245	1,000						
Cl*	0,890	0,244	0,537	0,287	1,000					
HCO ₃ *	-0,043	0,057	-0,285	-0,118	-0,339	1,000				
J*	0,264	0,144	0,042	-0,086	0,227	-0,001	1,000			
Br*	0,208	-0,023	0,049	-0,061	0,173	0,021	0,318	1,000		
B*	0,134	-0,167	0,120	-0,102	0,172	-0,091	0,262	0,242	1,000	
M**	0,922	0,262	0,473	0,264	0,926	-0,029	0,233	0,207	0,155	1,000
	Na*	K*	Ca*	Mg*	Cl*	HCO ₃ *	J*	Br*	B*	M**

В

Na *	1,000									
K*	0,452	1,000								
Ca*	0,315	0,203	1,000							
Mg*	0,641	-0,070	0,888	1,000						
Cl*	0,859	0,348	0,724	0,922	1,000					
HCO ₃ *	-0,287	0,079	-0,152	-0,381	-0,425	1,000				
J*	0,603	0,887	0,751	0,807	0,797	-0,269	1,000			
Br*	0,486	0,843	-0,217	-0,140	0,200	-0,003	0,294	1,000		
B*	0,584	0,791	0,053	0,149	0,517	-0,035	0,820	0,816	1,000	
M**	0,876	0,394	0,714	0,879	0,962	-0,178	0,765	0,225	0,517	1,000
	Na*	K*	Ca*	Mg*	Cl*	HCO ₃ *	J*	Br*	B*	M**

Г

Na *	1,000									
K*	0,347	1,000								
Ca*	0,193	-0,143	1,000							
Mg*	0,593	0,428	0,533	1,000						
Cl*	0,868	0,288	0,535	0,798	1,000					
HCO ₃ *	0,122	0,173	-0,441	-0,300	-0,292	1,000				
J*	0,393	0,011	0,126	0,203	0,407	-0,179	1,000			
Br*	0,818	0,236	0,429	0,835	0,923	-0,354	0,535	1,000		
B*	0,521	0,183	0,505	0,636	0,696	-0,558	0,516	0,728	1,000	
M**	0,936	0,324	0,343	0,660	0,870	0,127	0,302	0,751	0,481	1,000
	Na*	K*	Ca*	Mg*	Cl*	HCO ₃ *	J*	Br*	B*	M**

Примечание: Воды: А – атт-альб-сеноманского, Б – неокомского, В – верхнеюрского, Г – ниже-среднеюрского комплекса. * - мг/дм³; ** - г/дм³

Гидрогеохимическая картина подземных вод свидетельствует о дифференциации водоносных комплексов юрских и меловых отложений. В разрезе можно выделить различные типы вертикальной гидрогеохимической зональности (рис. 6).

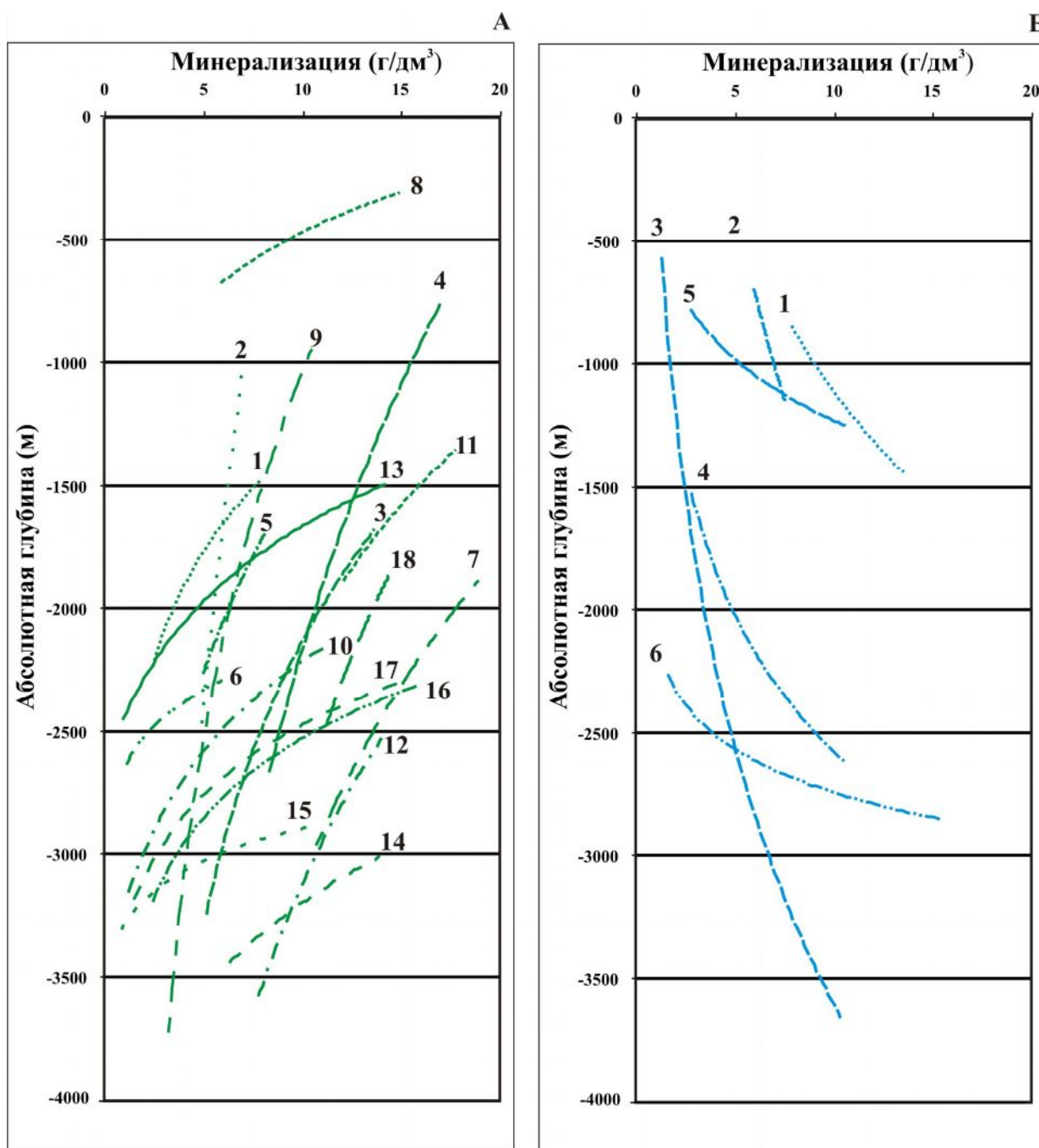


Рис. 6. Типы вертикальной гидрогеохимической зональности юго-западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба

А – обратный; 1-18 – разведочные площади: 1 – Балахнинская, 2 – Восточно-Мессояхская, 3 – Дерябинская, 4 – Западно-Мессояхская, 5 – Зимняя, 6 – Казанцевская, 7 – Лодочная, 8 – Мало-Хетская, 9 – Пеляткинская, 10 – Пякяхинская, 11 – Рассохинская, 12 – Русскореченская, 13 – Северо-Соленинская, 14 – Средне-Яровская, 15 – Сузунская, 16 – Хальмерпаютинская, 17 – Южно-Мессояхская, 18 – Яровская.

Б – прямой; 1-6 – разведочные площади: 1 – Большелайдинская, 2 – Нижне-Хетская, 3 – Озерная, 4 – Семеновская, 5 – Сухо-Дудинская, 6 – Южно-Соленинская.

Так, для Балахнинской, Восточно-Мессояхской, Дерябинской, Западно-Мессояхской, Зимней, Казанцевской, Лодочной, Пеляткинской, Пяяхинской, Рассохинской, Русскореченской, Северо-Соленинской, Средне-Яровской, Сузунской, Хальмерпаютинской, Южно-Мессояхской и Яровской площадей характерен инверсионный тип вертикальной гидрогеохимической зональности. Нормальный (прямой) тип установлен на Большелайдинской, Нижнехетской, Озерной, Семеновской, Средне-Пясинской, Суходудинской, Турковской и Южно-Соленинской площадях. Более сложный тип отмечен в разрезе Малохетской и Ушаковской площадей, где наряду с инверсией в неокомском комплексе, наблюдается увеличение минерализации с глубиной в ниже-среднеюрских отложениях.

Таким образом, для восточных и северо-восточных районов описываемой территории характерна прямая гидрогеохимическая зональность, а для южных, западных и северных областей – обычная инверсия, в центральных – переменная или еще более сложная, которая находит свое объяснение лишь в специфических условиях формирования состава подземных вод.

Исходя из всего вышесказанного, можно заключить, что для подземных вод юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского прогиба характерен достаточно сложный тип гидрогеохимической зональности, в пределах Мессояхской наклонной гряды – прямой, который на отдельных участках осложняется инверсией в неокомском комплексе. В целом пестрота состава подземных вод, наблюдаемая в низах осадочного чехла, уменьшается вверх по разрезу, и в апт-альб-сеноманском комплексе происходит существенное выравнивание гидрогеохимических условий и нивелирование минерализации подземных вод. Отмеченные гидрогеохимические особенности связаны, с одной стороны, с палеогидрогеологическими условиями региона и различными постседиментационными процессами в системе вода – горная порода – газ – органическое вещество, а с другой – с влиянием залежей УВ, их формированием и разрушением.

ГЕНЕЗИС ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Изучаемый регион расположен в переходной зоне на границе Западно-Сибирского и Хатангского артезианских бассейнов со всеми вытекающими отсюда последствиями: параметрами залегания вод, гидродинамики и гидрогеотермии, проницаемости отложений, химического и газового состава, газонасыщенности подземных вод и т.д.

Согласно классическим работам (Е.А. Барс, Г.А. Иванова, А.Э. Конторович и др., Н.М. Кругликов и др., В.М. Матусевич, Н.Н. Непримеров, А.А. Розин), генетический тип

воды можно выявить, используя «генетические» коэффициенты, отражающие отношения различных макро- и микрокомпонентов в ее составе: rNa/rCl , Cl/Br , $rNa/(rCa+rMg)$, $rNa+rMg/rCa$, rCa/rMg , $rSO_4 \cdot 100/rCl$, $rHCO_3 \cdot 100/rCl$, $Br \cdot 10^3/M$, $I \cdot 10^3/M$, $NH_4 \cdot 10^3/M$, Br/I , HCO_3/SO_4 , $(M/H) \cdot 100$, $(rCa/rNa) \cdot 100$ и другие [Щукарев, 1934; Равдоникас, 1962; Нуднер, 1970; Карцев и др., 1986; Трофимов, Васильчук, 1987; Курчиков, 1992; Суббота, 1990].

Детальный анализ геохимии подземных вод нефтегазоносных отложений (табл. 3) позволил выделить три группы проб с доминированием того или иного генетического типа подземных вод: «А» – конденсатогенных, «В» – древних инфильтрационных и литогенных, «С» – седиментогенных (рис. 7).

Установлено, что наибольшим разнообразием химического состава и вариацией всех генетических коэффициентов отличаются конденсатогенные воды. В нашем случае имеем смесь, состоящую из разных долей фоновых пластовых и конденсатогенных вод. Величина их общей минерализации варьирует от 2 до 5 г/дм³. Градиент минерализации ($(M/H) \cdot 100$) является минимальным и составляет в среднем 0,2, а rNa/rCl и Cl/Br коэффициенты составляют от 0,52 до 6,33 и от 132 до 2431 соответственно. Эти воды выявлены на локальных участках близ газодянных контактов (ГВК) во всех комплексах на большинстве изученных месторождений.

Литогенные и древние инфильтрационные воды отличаются от предыдущего типа более высокими значениями солености вод (5-20 г/дм³) и значениями коэффициентов $(M/H) \cdot 100$, $rNa/(rCa+rMg)$, $rNa+rMg/rCa$, $Br \cdot 10^3/M$, $I \cdot 10^3/M$, $NH_4 \cdot 10^3/M$, Br/I и HCO_3/SO_4 . Древние инфильтрационные воды территориально доминируют в восточных прибортовых частях осадочного бассейна, а также в пределах древних областей питания, возникавших в отдельные интервалы юрского и мелового периодов при размыве перекрывающих водоносные горизонты водоупоров, например, на Сухо-Дудинской, Точинской, Малохетской, Семеновской, Тампейской и других структурах.

Литогенные воды распространены преимущественно в центральных, западных и восточных районах. В гидрогеологии многих нефтегазоносных бассейнов особую роль играют седиментогенные воды и рассолы, являющиеся признаками высокой степени гидрогеологической закрытости недр, зон затрудненного и весьма затрудненного водообмена в которых создаются условия наиболее благоприятные для процессов миграции и аккумуляции нефти и газа.

Таблица 3

**Средний химический состав подземных вод различной минерализации
и их генетическая характеристика**

Показатели	Ед. измерения	Общая минерализация, г/дм ³				
		<5	5-10	10-15	15-20	>20
pH	-	8,2	8,3	8,3	7,3	7,3
HCO ₃ ⁻	мг/дм ³	721	1285	763	674	242
SO ₄ ²⁻	- " -	83	51	58	27	30
Cl ⁻	- " -	1225	3190	6220	9386	13509
Br ⁻	- " -	9,9	47,2	47,8	46,1	116,8
I ⁻	- " -	7,4	9,4	14,8	18,8	30,5
Na ⁺	- " -	1050	2450	3974	5585	6702
Ca ²⁺	- " -	97	130	269	536	1189
Mg ²⁺	- " -	12	19	45	59	202
K ⁺	- " -	27	31	40	43	57
NH ₄ ⁺	- " -	4,5	4,8	6,3	11,4	24,0
SiO ₂	- " -	24,6	20,6	22,4	16,7	*
B ⁺	- " -	16,2	11,9	33,2	31,2	92,3
F ⁻	- " -	3,3	2,7	1,9	1,7	*
Нафт. кислоты	- " -	3,7	6,4	2,2	0,5	*
Сумма	г/дм ³	3,0	7,2	11,8	16,7	22,5
(M/H)*100	-	0,2	0,5	0,9	1,2	1,3
rNa/rCl	-	2,28	1,37	1,03	0,94	0,76
Cl/Br	-	269	259	244	224	141
rNa/(rCa+rMg)	-	42,0	44,6	37,6	20,1	5,1
(rNa+rMg)/rCa	-	62,2	74,4	52,7	32,6	8,7
rCa/rMg	-	12,3	7,1	8,4	7,1	4,7
(rSO ₄ *100)/rCl	-	3,80	0,83	0,35	0,14	0,07
(rHCO ₃ *100)/rCl	-	114,2	38,6	10,7	5,5	1,0
(Br*10 ³)/M	-	1,9	4,6	4,7	2,7	5,3
(I*10 ³)/M	-	1,5	1,4	1,3	1,1	1,4
(NH ₄ *10 ³)/M	-	1,2	0,9	0,6	0,9	1,2
Br/I	-	3,2	3,7	3,3	3,2	2,9
HCO ₃ /SO ₄	-	33,7	99,5	41,5	45,6	9,2
Солевой состав вод (по С.А. Шукареву)	-	Cl-Na, Cl-Ca-Na, Cl-Na-Ca, Cl-HCO ₃ -Na, Cl-HCO ₃ -Ca-Na, Cl-HCO ₃ -Na-Ca, HCO ₃ -Cl-Na, HCO ₃ -Na	Cl-Na, Cl-Ca-Na, Cl-Na-Ca, Cl-HCO ₃ -Na, Cl-HCO ₃ -Ca-Na, Cl-HCO ₃ -Na-Ca, HCO ₃ -Cl-Na	Cl-Na, Cl-Na-Ca, Cl-HCO ₃ -Na, Cl-HCO ₃ -Na-Ca, HCO ₃ -Cl-Na	Cl-Na, Cl-Na-Ca, Cl-HCO ₃ -Na-Ca	Cl-Na, Cl-Na-Ca
Количество анализов	шт.	148	159	56	20	7

Примечание: * - отсутствие фактических данных.

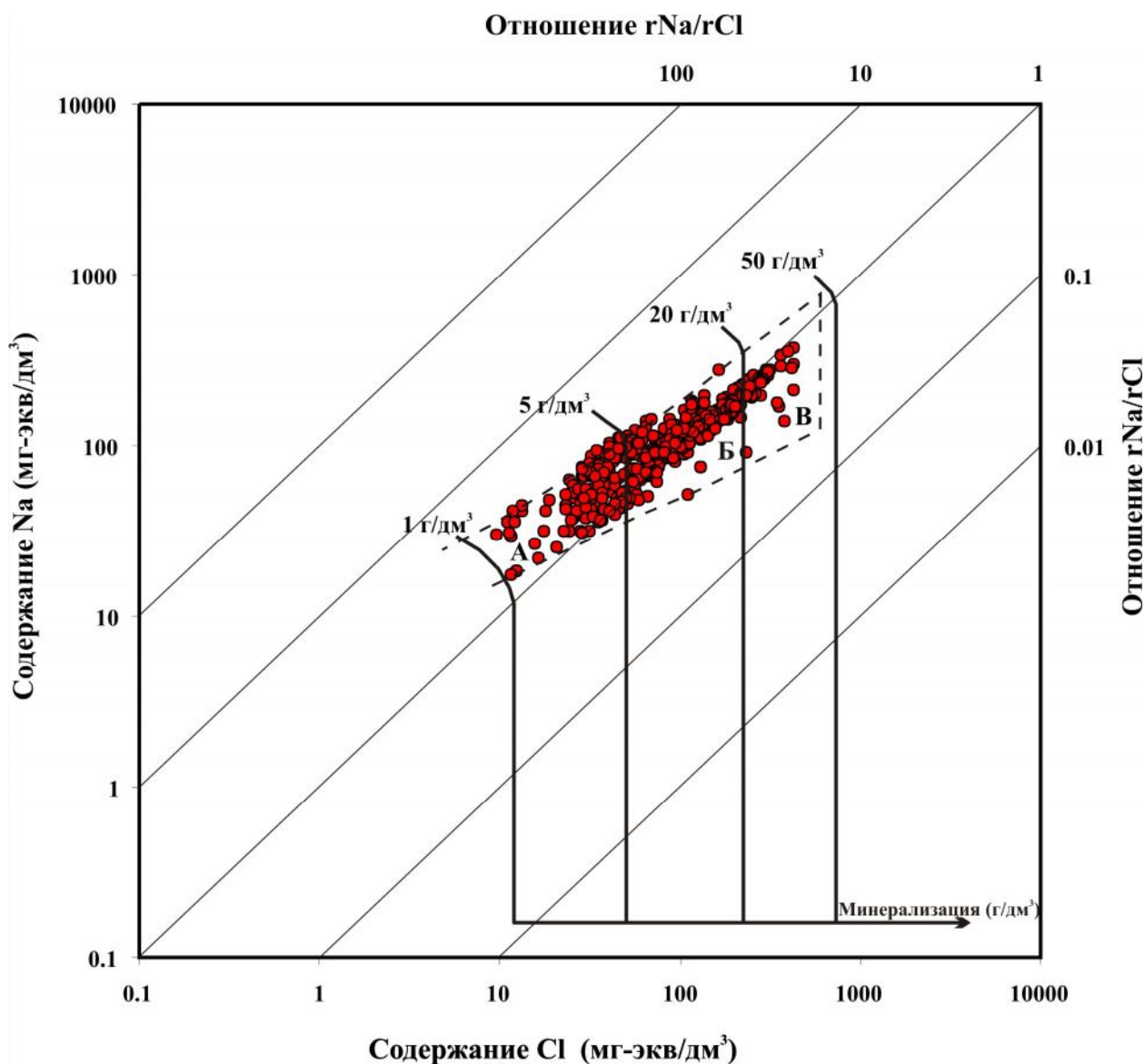


Рис. 7. Гидрогеохимический корреляционный график подземных вод нефтегазоносных отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба

Типы вод: А – с резким преобладанием конденсатогенных, В – смешанные (конденсатогенные, древние инфильтрогенные, литогенные), С – преимущественно седиментогенные.

В пределах западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба седиментогенные воды характеризуются минерализацией выше 20 г/дм^3 , более низкими по сравнению с предыдущими типами значениями коэффициента метаморфизации вод $r\text{Na}/r\text{Cl}$ (в среднем 0,76) и Cl/Br коэффициента (в среднем 141) (см. табл. 3). Седиментогенные воды установлены в пределах отложений палеозойского и ниже-среднеюрского комплекса на Сухо-Дудинской площади, в верхнеюрском комплексе на Ванкорской площади, в неокомском комплексе на Ванкорской и Сузунской площадях и в апт-альб-сеноманском на Ванкорской, Пеляткинской и Тагульской площадях. Рассольные воды в пределах изучаемой территории к настоящему времени не выявлены.

Таким образом, в разрезе нефтегазоносных отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба в условиях элизионного режима в центральных районах и инфильтрационного в прибортовых частях бассейна установлены три генетических группы вод:

- 1) с резким преобладанием конденсатогенных;
- 2) смешанные (конденсатогенные, древние инфильтрогенные, литогенные);
- 3) преимущественно седиментогенные.

Доминируют в общем объеме литогенные, древние инфильтрогенные и седиментогенные воды. Конденсатогенные воды локализованы на незначительных по площади участках близ ВНК и ГВК и отличаются помимо низкой минерализации высокой степенью насыщения их газами.

ВЫВОДЫ

Резюмируя все вышесказанное, необходимо отметить, что в рамках настоящей работы впервые с 1977 г. проведено обобщение всех гидрогеологических материалов по западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и сопредельным территориям. Детальный анализ собранных материалов позволяет сделать следующие выводы:

1) В составленной схеме гидрогеологической стратификации выделено восемь типов гидрогеологических структур на основе особенностей геологического разреза. Дальнейшая детализация и выделение типов гидрогеологических структур будет основываться на особенностях гидродинамики и гидрогеохимии.

2) Широкое развитие мощной толщи многолетней мерзлоты в целом и возникновение ее до образования современных форм рельефа предопределяет длительно существующие условия затрудненного водообмена на большей части территории. Частичное оттаивание мерзлой зоны в пойме р. Енисей и под его руслом и крупными озерами, а также на участках, приуроченных к тектоническим разломам, обуславливает в этих местах более активный водообмен.

3) Эволюция гидродинамической структуры проходила в тесной связи с гидрогеологической цикличностью развития бассейна, что подтверждается палеогидрогеологическими реконструкциями, детальный анализ которых позволил выявить потенциальные внешние и внутренние области создания напоров вод. В настоящее время в исследуемом регионе мы имеем два типа природных водонапорных систем: элизионную во внутренних областях и инфильтрационную во внешних прибортовых.

4) Нефтегазоносные отложения характеризуются неоднородным строением температурного поля, что характеризуется наличием здесь шести разных типов вертикального гидрогеотермического разреза, которые являются следствием геологической истории развития региона. Минимальные геотермические градиенты приурочены к прибортовым районам, с небольшими мощностями осадочного чехла и развитием инфильтрационной водонапорной системы, а максимальные геотермические градиенты установлены в зонах проявления региональной дизъюнктивной тектоники, которая оказала значительное тепляющее воздействие на геологический разрез. Все другие установленные зоны имеют переходный тип гидрогеотермического разреза между этими граничными.

5) В соответствии с гидродинамическими условиями водоносных комплексов юрских и меловых отложений устанавливаются основные гидрогеохимические закономерности: вдоль северо-восточной границы Енисей-Хатангского регионального прогиба распространены гидрокарбонатные натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией до 5 г/дм³, сменяющиеся по мере продвижения к центральным и юго-западным областям хлоридными натриевыми водами с минерализацией до 15-20 г/дм³. В разрезе можно выделить различные типы вертикальной гидрогеохимической зональности. Для восточных и северо-восточных районов характерна прямая гидрогеохимическая зональность, а для южных, западных и северных областей – обычная инверсия, в центральных – переменная или еще более сложная, которая находит свое объяснение лишь в специфических условиях формирования состава подземных вод.

6) В условиях элизионного режима в центральных районах и инфильтрационного в прибортовых частях бассейна установлены три генетических группы вод: 1) с резким преобладанием конденсатогенных, 2) смешанные (конденсатогенные, древние инфильтрогенные, литогенные), 3) преимущественно седиментогенные. Доминируют в общем объеме литогенные, древние инфильтрогенные и седиментогенные воды. Конденсатогенные воды локализованы на незначительных по площади участках близ ГВК и отличаются помимо низкой минерализации высокой степенью насыщения их газами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00442-а).

Литература

Баулин В.В., Белопухова Е.Б., Дубиков Г.И., Шмелев Л.М. Геокриологические условия Западно-Сибирской низменности. - М.: Наука. - 1967. - 214 с.

Бро Е.Г., Иванова Г.А., Гинсбург Г.Д., Кузнецова Л.И., Сороков Д.С. Об инверсионной гидрогеохимической зональности на газоконденсатных месторождениях западной части Енисей-Хатангского прогиба. - Тезисы докладов VII совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. Иркутск – Новосибирск. - 1973. - 36 с.

Гинсбург Г.Д., Иванова Г.А., Сапир М.Х., Бро Е.Г., Федоров Ю.В. О подземных водах Усть-Енисейской впадины // Гидрогеология Енисейского севера. - Л.: Изд-во НИИГА. - 1969. - Вып. 1. - С. 6-23.

Гинсбург Г.Д., Иванова Г.А. Подземные воды // Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба. - Л.: Изд-во НИИГА. - 1971. - С. 66-72.

Гречищев С.В. Геокриологический прогноз для Западно-Сибирской газоносной провинции. - Новосибирск: Наука. - 1983. - 180 с.

Домрочева Е.В., Новиков Д.А. Основные итоги Российской научной конференции «Гидрогеохимия осадочных бассейнов» // Геохимия. - 2009. - №12. - С. 1-5.

Карцев А.А., Вагин С.Б., Матусевич В.М. Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов. - М.: Недра. - 1986. - 224 с.

Конторович А.Э., Зимин Ю.Г. Об условиях формирования химического состава подземных вод Западно-Сибирской низменности // Труды СНИИГТиМС. - 1968. - Вып. 46. - С. 83-95.

Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. Геология нефти и газа Западной Сибири. - М.: Недра. - 1975. - 680 с.

Кругликов Н.М. Гидрогеология северо-западного борта Западно-Сибирского артезианского бассейна. - Л.: Недра. - 1964. - 165 с.

Кругликов Н.М., Нелюбин В.В., Яковлев О.Н. Гидрогеология Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна и особенности формирования залежей углеводородов. - Л.: Недра. - 1985. - 279 с.

Курчиков А.Р. Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности. - М.: Недра. - 1992. - 231 с.

Матусевич В.М., Рыльков А.В., Ушатинский И.Н. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. Тюмень: ТюмГНГУ. - 2005. - 225 с.

Назаров А.Д. Нефтегазовая гидрогеохимия юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. - М.: Идея-Пресс. - 2004. - 288 с.

Новиков Д.А., Лепокуров А.В. Гидрогеологические условия нефтегазоносных отложений на структурах южной части Ямало-Карской депрессии // Геология нефти и газа. - 2005. - №5. - С. 21-30.

Новиков Д.А., Шварцев С.Л. Гидрогеологические условия Предьенсейской нефтегазоносной субпровинции // Геология и геофизика. - 2009. - Т. 50. - №10. - С. 1131-1143.

Нуднер В.А. Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). - М.: Недра. - 1970. - 368 с.

Обидин Н.И. Вечная мерзлота и подземные воды Западно-Сибирского мезо-зойского прогиба и Сибирской платформы к северу от Полярного круга. Тр. НИИГА. - М.: Госгеолтехиздат. - 1959. - Т. 65. - №13. - С. 159-173.

Пономарев В.М. Подземные воды территории с мощной толщей многолетне-мерзлых горных пород. - М.: Изд-во АН СССР. - 1960. - 200 с.

Равдоникас О.В. Основные итоги гидрогеологических исследований нефтеносных районов севера Западной Сибири // Труды НИИГА. - 1962. - Вып.129. - 194 с.

Розенбаум Г.Э., Шполянская Н.А. Позднекайнозойская история криолитозоны Арктики и тенденции ее будущего развития. - М.: Научный мир. - 2000. - 103 с.

Ростовцев Н.Н., Равдоникас О.В. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности. - М.: Гостоптехиздат. - 1958. - 391 с.

Ставицкий Б.П., Курчиков А.Р., Конторович А.Э., Плавник А.Г. Гидрохимическая зональность юрских и меловых отложений Западно-Сибирского бассейна // Геология и геофизика. - 2004. - Т. 45. - №7. - С. 826-832.

Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. - М.: Изд-во АН СССР. - 1963. - Т. 3. - 550 с.

Суббота М.И., Клейменов В.Ф., Стадник Е.В., Зорькин Л.М., Яковлев Ю.Я. Интерпретация результатов гидрогеологических исследований при поисках нефти и газа. - М.: Недра. - 1990. - 221 с.

Трофимов В.Т., Васильчук Ю.К. Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты. - М.: Наука. - 1987. - 222 с.

Шварцев С.Л., Новиков Д.А. Природа вертикальной гидрогеохимической зональности нефтегазоносных отложений (на примере Надым-Тазовского междуречья, Западная Сибирь) // Геология и геофизика. - 2004. - Т. 45. - № 8. - С. 1008-1020.

Шишкина О.В. Геохимия морских и океанических иловых вод. - М.: Наука. - 1972. - 228 с.

Щукарев С.А. Попытка общего обзора грузинских вод с геохимической точки зрения. – М.: Труды института культурологии. – 1934. - Т. 5. - С. 159-167.

Bachu S., Underschultz J.R. Hydrogeology of formation waters, Northeastern Alberta basin // AAPG Bulletin. – 1993. - Vol. 77. - No. 10. - P. 1745-1768.

Cao Q., Ye J., Qing H., Lu J., Huang S., Tang D. Pressure evolution and hydrocarbon migration-accumulation in the Moliqing fault depression, Yitong basin, Northeast China // Journal of Earth Science. – 2011. - Vol. 22. - No. 3. - P. 351-362.

Ferguson A.G., Betcher R.N., Grasby S.E. Hydrogeology of the Winnipeg Formation in Manitoba, Canada // Hydrogeology journal. – 2007. - Vol. 15. - No. 3. - P. 573-587.

Fowler M., Grasby S.E. Hydrocarbons and water in the Western Canada Sedimentary Basin - a tale of two fluids // Journal of geochemical exploration. – 2006. - Vol. 89. - No. 1-3. - P. 112-114.

Hao H., Zhang X., You H., Wang R. Characteristics and hydrocarbon potential of Mesozoic strata in eastern Pearl River Mouth basin, northern South China Sea // Journal of Earth Science. – 2009. - Vol. 20. - No. 1. - P. 117-123.

Kreitler C.W. Hydrogeology of sedimentary basins // Journal of hydrology. – 1989. - Vol. 106. - No. 1-2. - P. 29-53.

Patz H., Jordan H. Interrelations between oil geology and hydrogeology in connection with the investigation of hydrocarbon deposits // Zeitschrift fur angewandte geologie. – 1980. - Vol. 26. - No. 1. - P. 6-9.

Powley D.E. Pressures and hydrogeology in petroleum basins // Earth science reviews. – 1990. - Vol. 29. - No. 1-4. - P. 215-226.

Toth J. Petroleum hydrogeology – a new basic in exploration // World oil. - 1987a. - Vol. 205. - No. 3. - P. 48-50.

Toth J. Petroleum hydrogeology – a potential application of groundwater science // Journal of the geological society of India. - 1987b. - Vol. 29. - No. 1. - P. 172-179.

Vugrinovich R. Relationships between regional hydrogeology and hydrocarbon occurrences in Michigan, USA // Journal of petroleum geology. – 1988. - Vol. 11. - No. 4. - P. 429-442.

Novikov D.A.

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia, NovikovDA@ipgg.nsc.ru

HYDROGEOLOGY OF THE WESTERN PART OF THE YENISEI-KHATANGA REGIONAL TROUGH

For the first time in 35 years all the available hydrogeological data on the western part of the Yenisei-Khatanga regional trough are summarized. Methodologically, the study is based on the application of necessary techniques ranging from the geological and stratigraphic methods to the construction of hydrogeological models of hydrocarbon fields. For the first time schematic illustration of the hydrogeological superposition of the studied area has been composed. Hydrogeological conditions of aquifer systems of the lower hydrogeological stage have been clarified (below the Turonian-Oligocene regional seal). It is shown that different types of the vertical thermobaric and hydrogeochemical zonation are developed within the studied area. The main parameters, which determine the composition of groundwaters and controlling the type of hydrogeochemical zoning, are as follows: 1) the history of geological development of the region 2) genetic type of groundwaters 3) the interaction degree within the system "water-rock-gas-organic matter".

Key words: groundwaters; hydrogeological complex; hydrogeological superposition; thermobaric and hydrogeochemical zonation.

References

Bachu S., Underschultz J.R. Hydrogeology of formation waters, Northeastern Alberta basin. AAPG Bulletin, 1993, vol. 77, no. 10, p. 1745-1768.

Baulin V.V., Belopuhova E.B., Dubikov G.I., Shmelev L.M. *Geokriologicheskie usloviya Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Geocryological conditions of the West Siberian lowland]. Moscow: Nauka, 1967, 214 p.

Bro E.G., Ivanova G.A., Ginsburg G.D., Kuznetsova L.I., Sorokov D.S. *Ob inversionnoy gidrogeokhimicheskoy zonal'nosti na gazokondensatnykh mestorozhdeniyakh zapadnoy chasti Enisey-Khatangskogo progiba* [On the inverse hydrogeochemical zoning in the gas condensate fields of the western part of the Yenisei-Khatanga regional trough]. Theses of the VII Workshop on groundwaters of Siberia and the Far East, Irkutsk – Novosibirsk, 1973, 36 p.

Cao Q., Ye J., Qing H., Lu J., Huang S., Tang D. Pressure evolution and hydrocarbon migration-accumulation in the Moliqing fault depression, Yitong basin, Northeast China. Journal of Earth Science, 2011, vol. 22, no. 3, p. 351-362.

Domrocheva E.V., Novikov D.A. *Osnovnye itogi Rossiyskoy nauchnoy konferentsii «Gidrogeokhimiya osadochnykh basseynov»* [Russian Research Conference on the Hydrogeochemistry of Sedimentary Basins: Major Outcomes]. Geokhimiya, 2009, vol. 47, no. 12, p. 1260-1263.

Ferguson A.G., Betcher R.N., Grasby S.E. Hydrogeology of the Winnipeg Formation in Manitoba, Canada. Hydrogeology journal, 2007, vol. 15, no. 3, p. 573-587.

Fowler M., Grasby S.E. Hydrocarbons and water in the Western Canada Sedimentary Basin - a tale of two fluids. Journal of geochemical exploration, 2006, vol. 89, no. 1-3, p. 112-114.

Ginsburg G.D., Ivanova G.A. *Podzemnye vody* [Groundwaters]. In: *Geologiya i neftegazonosnost' Enisey-Khatangskogo progiba* [Geology and petroleum potential of the Yenisei-Khatanga trough]. Leningrad: NIIGA, 1971, p. 66-72.

Ginsburg G.D., Ivanova G.A., Sapir M.H., Bro E.G., Fedorov Y.V. *O podzemnykh vodakh Ust'-Eniseyskoy vpadiny* [On groundwaters of the Ust-Yenisei depression]. In: *Gidrogeologiya Eniseyskogo severa* [Hydrogeology of the Yenisei north]. Leningrad: NIIGA, 1969, issue 1, p. 6-23.

Grechishchev S.V. *Geokriologicheskiy prognoz dlya Zapadno-Sibirskoy gazonosnoy provintsii* [Geocryological forecast for the West Siberian gas-bearing province]. Novosibirsk: Nauka, 1983, 180 p.

Hao H., Zhang X., You H., Wang R. Characteristics and hydrocarbon potential of Mesozoic strata in eastern Pearl River Mouth basin, northern South China Sea. *Journal of Earth Science*, 2009, vol. 20, no. 1, p. 117-123.

Kartsev A.A., Vagin S.B., Matusevich V.M. *Gidrogeologiya neftegazonosnykh basseynov* [Hydrogeology of oil-and-gas bearing basins]. Moscow: Nedra, 1986, 224 p.

Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K. *Geologiya nefti i gaza Zapadnoy Sibiri* [Petroleum geology of West Siberia]. Moscow: Nedra, 1975, 680 p.

Kontorovich A.E., Zimin Y.G. *Ob usloviyakh formirovaniya khimicheskogo sostava podzemnykh vod Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [On conditions of the chemical composition formation of groundwaters of the West Siberian lowland]. *Trudy SNIIGGiMS*, 1968, issue 46, pp. 83-95.

Kreitler C.W. Hydrogeology of sedimentary basins. *Journal of hydrology*, 1989, vol. 106, no. 1-2, p. 29-53.

Kruglikov N.M. *Gidrogeologiya severo-zapadnogo borta Zapadno-Sibirskogo artezianskogo basseyna* [Hydrogeology of the northwestern margin of the West-Siberian artesian basin]. Leningrad: Nedra, 1964, 165 p.

Kruglikov N.M., Nelyubin V.V., Yakovlev O.N. *Gidrogeologiya Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo basseyna i osobennosti formirovaniya zalezhey uglevodorodov* [Hydrogeology of the West Siberian petroleum basin and formation features of hydrocarbon fields]. Leningrad: Nedra, 1985, 279 p.

Kurchikov A.R. *Gidrogeotermicheskie kriterii neftegazonosnosti* [Hydrogeothermal criteria of petroleum potential]. Moscow: Nedra, 1992, 231 p.

Matusevich V.M., Rylkov A.V., Ushatinsky I.N. *Geoflyuidal'nye sistemy i problemy neftegazonosnosti Zapadno-Sibirskogo megabasseyna* [Geofluid systems and issues on petroleum potential of the West Siberian megabasin]. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University, 2005, 225 p.

Nazarov A.D. *Neftegazovaya gidrogeokhimiya yugo-vostochnoy chasti Zapadno-Sibirskoy neftegazonosnoy provintsii* [Petroleum hydrogeochemistry in the southeastern part of the West Siberian oil and gas province]. Moscow: Idea-Press, 2004, 288 p.

Novikov D.A., Lepokurov A.V. *Gidrogeologicheskie usloviya neftegazonosnykh otlozheniy na strukturakh yuzhnoy chasti Yamalo-Karskoy depressii* [Hydrogeological conditions of oil-and-gas bearing deposits on the structures in the southern part of the Yamal-Kara depression]. *Oil and Gas Geology*, 2005, issue 5, p. 21-30.

Novikov D.A., Shvartsev S.L. *Gidrogeologicheskie usloviya Pred"eniseyskoy neftegazonosnoy subprovintsii* [Hydrogeological conditions of the Pre-Yenisei petroleum subprovince]. *Russian geology and geophysics*, issue 50, 2009, p. 873-883.

Nudner V.A. *Gidrogeologiya SSSR. T. XVI. Zapadno-Sibirskaya ravnina (Tyumenskaya, Omskaya, Novosibirskaya i Tomskaya oblasti)* [The USSR Hydrogeology. West Siberian Plain (Tyumen, Omsk, Novosibirsk and Tomsk regions)]. Moscow: Nedra, 1970, vol. 16, 368 p.

Obidin N.I. *Vechnaya merzlota i podzemnye vody Zapadno-Sibirskogo mezo-zoyskogo progiba i Sibirskoy platformy k severu ot Polyarnogo kruga* [Permafrost and groundwaters of the West platform to the north of the polar circle]. *Trudy of the NIIGA*. Moscow: Gosgeoltechizdat, 1959, vol. 65, no. 13, p.159-173.

Patz H., Jordan H. Interrelations between oil geology and hydrogeology in connection with the investigation of hydrocarbon deposits. *Zeitschrift fur angewandte geologie*, 1980, vol. 26, no. 1, p. 6-9.

Ponomarev V.M. *Podzemnye vody territorii s moshchnoy tolshchey mnogoletne-merzlykh gornykh porod* [Groundwaters of the area with a thick sequence of permafrost]. Moscow: The USSR Academy of Sciences, 1960, 200 p.

Powley D.E. Pressures and hydrogeology in petroleum basins. *Earth science reviews*, 1990, vol. 29, no. 1-4, p. 215-226.

Ravdonikas O.V. *Osnovnye itogi gidrogeologicheskikh issledovaniy neftenosnykh rayonov severa Zapadnoy Sibiri* [The main results of hydrogeological investigations of the oil-bearing regions in the northern West Siberia]. *Trudy of NIIGA*, 1962, issue 129, 194 p.

Rosenbaum G.E., Shpolyanskaya N.A. *Pozdnekaynozoyetskaya istoriya kriolitozony Arktiki i tendentsii ee budushchego razvitiya* [Late Cenozoic history of cryolithic zone of the Arctic and its future development trends]. Moscow: Scientific World, 2000, 103 p.

Rostovtsev N.N., Ravdonikas O.V. *Geologicheskoe stroenie i perspektivy neftegazonosnosti Zapadno-Sibirskoy nizmennosti* [Geological structure and petroleum potential of the West Siberian lowland]. Moscow: Gostoptekhizdat, 1958, 391 p.

Schukarev S.A. *Popytka obshchego obzora gruzinskikh vod s geokhimicheskoy tochki zreniya* [Attempt of general summary of Georgia waters from geochemical view]. Trudy of the Culturology Institute. Moscow, 1934, issue 5, p. 159-167.

Shishkina O.V. *Geokhimiya morskikh i okeanicheskikh ilovykh vod* [Geochemistry of marine and ocean silt waters]. Moscow: Nauka, 1972, 228 p.

Shvartsev S.L., Novikov D.A. *Priroda vertikal'noy gidrogeokhimicheskoy zonal'nosti neftegazonosnykh otlozheniy (na primere Nadym-Tazovskogo mezhdurech'ya, Zapadnaya Sibir')* [The nature of vertical hydrogeochemical zoning of petroleum deposits (exemplified by the Nadym-Taz interfluvium, West Siberia)]. *Geologiya i geofizika*, 2004, vol. 45, no. 8, p. 1008-1020.

Stavitsky B.P., Kurchikov A.R., Kontorovich A.E., Plavnik A.G. *Gidrokhimicheskaya zonal'nost' yurskikh i melovykh otlozheniy Zapadno-Sibirskogo basseyna* [Hydrochemical zonation of Jurassic and Cretaceous deposits of the West Siberian Basin]. *Geologiya i geofizika*, 2004, vol. 45, no. 7, p. 826-832.

Strakhov N.M. *Osnovy teorii litogeneza* [Basics of the lithogenesis theory]. Moscow: The USSR Academy of Sciences, 1963, 550 p.

Subbota M.I., Kleimenov V.F., Stadnik E.V. *Interpretatsiya rezul'tatov gidrogeologicheskikh issledovaniy pri poiskakh nefti i gaza* [Interpretation of the results of hydrogeological investigations in the search for oil and gas]. Moscow: Nedra, 1990, 221 p.

Toth J. Petroleum hydrogeology – a new basic in exploration. *World oil*, 1987a, vol. 205, no. 3, p. 48-50.

Toth J. Petroleum hydrogeology – a potential application of groundwater science. *Journal of the geological society of India*, 1987b, vol. 29, no. 1, p. 172-179.

Trofimov V.T., Vasilchuk Y.K. *Geokriologicheskoe rayonirovanie Zapadno-Sibirskoy plity* [Geocryological zoning of the West Siberian Plain]. Moscow: Nauka, 1987, 222 p.

Vugrinovich R. Relationships between regional hydrogeology and hydrocarbon occurrences in Michigan, USA. *Journal of petroleum geology*, 1988, vol. 11, no. 4, p. 429-442.