

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (в связи с поисками, разведкой и разработкой месторождений нефти и газа)*

М.Б. Букаты

*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
634055, Томск, Академический просп., 3, Россия*

Рассмотрены особенности геологического строения и связанные с ними гидрогеологические условия западной части Сибирской платформы. Предложена схема гидрогеологической стратификации осадочного чехла в составе надсолевой, соленосной и подсолевой гидрогеологических формаций и входящих в них водоносных комплексов и горизонтов. Показана необходимость проведения попутного с поисково-разведочными работами на нефть и газ специального опережающего изучения подземных вод и рассолов с целью обеспечения потребности нефтегазопромыслов в хозяйственно-питьевых и технических водах, применения подземных вод в системах поддержания пластового давления и подземного захоронения сточных вод.

Геологическое строение, подземные воды, горизонт, комплекс, формация, гидрогеологическая стратификация.

GROUNDWATER GEOLOGY OF THE WESTERN SIBERIAN CRATON (implications for petroleum exploration)

M.B. Bukaty

According to the suggested model of groundwater stratigraphy obtained on the basis of geological and groundwater data, the sedimentary cover of the western Siberian craton includes the suprasalt, salt, and subsalt groundwater units subdivided into regional and subregional reservoirs. It has been found reasonable to carry out special groundwater studies, either before or concurrently with petroleum exploration, in order to ensure supply of drinking, household, and technological waters to meet the demand of oil and gas production and to make groundwater available for oil-well pressure maintaining systems and for underground burial of waste waters.

Geology, groundwater, groundwater unit, reservoir, aquifer, groundwater stratigraphy

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими природными особенностями западной части Сибирской платформы являются древний возраст, высокая литификация и метаморфизация слагающих ее пород, наличие в разрезе соленосных фаций и длительных перерывов в осадконакоплении. Эту территорию отличают мобильная тектоника, сопровождавшаяся значительными пликативными деформациями и вызвавшая практически повсеместную дизъюнктивную нарушенность, блоковое строение осадочного чехла и активная неотектоника, связанные с действием Северо-Азиатского суперплюма [Добрецов, Буслов, 2007]. Особую роль в формировании гидрогеологического строения сыграли интенсивное проявление траппового магматизма, обусловившего внедрение в осадочный разрез мощных интрузивных тел и накопление огромного количества вулканогенного материала, а также физико-географические условия, определившие сложную геотемпературную историю и образование на последних этапах геологического развития мощной зоны многолетнего промерзания. Все это во многом определило геологию и геохимию подземных вод, в частности, рассолов, пользующихся здесь исключительно широким распространением, и обусловило уникальность данной территории не только по сравнению с другими крупнейшими рассолоносными геологическими структурами земного шара, но и смежных районов самой Сибирской платформы.

Обширность территории, неравномерная и относительно слабая ее геолого-гидрогеологическая изученность, последовательное изменение фациального состава пород с юга на север, обусловили дискуссионность представлений о ее гидрогеологическом строении. Выразилось это, прежде всего, в неоднозначности гидрогеологической стратификации осадочного чехла, а также оценках возможности прослеживания выделяемых гидрогеологических тел по латерали и их сообщения в вертикальном разрезе [Пиннекер, 1966; Басков, 1977; Анциферов, 1989; Вожов, 2006]. В настоящей работе предпринята попытка восполнить эти пробелы на основе анализа данных о геологическом строении и гидрогеологических особенностях изучаемого региона, полученных в последние 20—30 лет. Необходимость в таком подходе

© М.Б. Букаты, 2009

* Статья планировалась к публикации в спецномере, посвященном 75-летию академика А.Э. Конторовича.

связана, кроме того, с неоднозначностью теоретических представлений в области гидрогеологической стратификации разрезов крупных платформенных регионов [Пиннекер, 1977; Фролов, 1981; Гавич, 1983; Кирухин, 2005].

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Рассматриваемая территория охватывает такие наиболее крупные тектонические структуры, как Курейская синеклиза, Бахтино-Сурингдаконская антеклиза, Байкитская гемиантеклиза, Катангская мегаседловина и Присяяно-Енисейская синеклиза, а также обрамляющий их с запада Кондроминский наклонный мегапрогиб (рис. 1). С востока она граничит с Анабарской антеклизой, Илимпейской структурной мегатеррасой, Непско-Ботубинской антеклизой и Ангаро-Ленской ступенью.

В последние десятилетия ведущая роль в ее изучении принадлежит А.Э. Конторовичу и возглавляемой им геологической школе [Анциферов и др., 1981; Конторович и др., 1999, 2000, 2004; Конторович, Хоменко, 2001].

В целом эта территория, занимающая площадь около 1.3 млн км², представляет собой юго-западную часть огромной сложной впадины в консолидированных древнейших породах фундамента платформы, заполненной толщей пород осадочного чехла с мощностью от 2—3 в бортовых зонах до 6—8 км

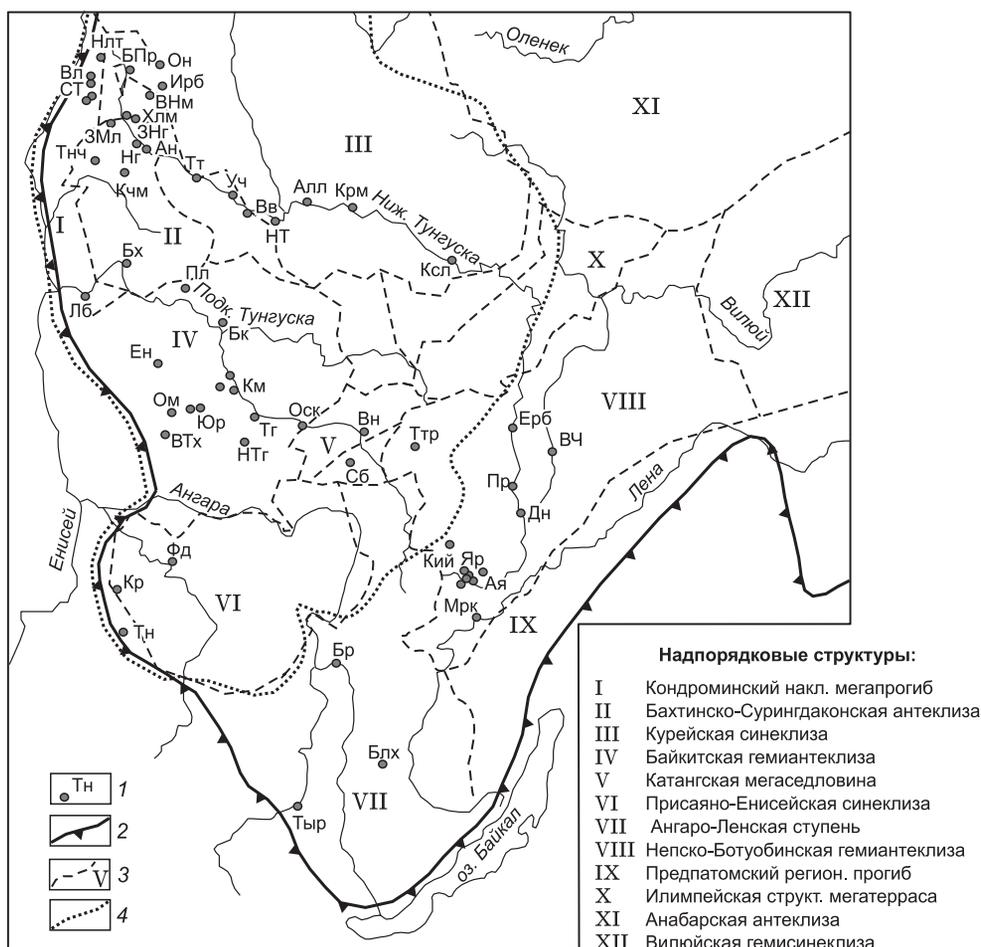
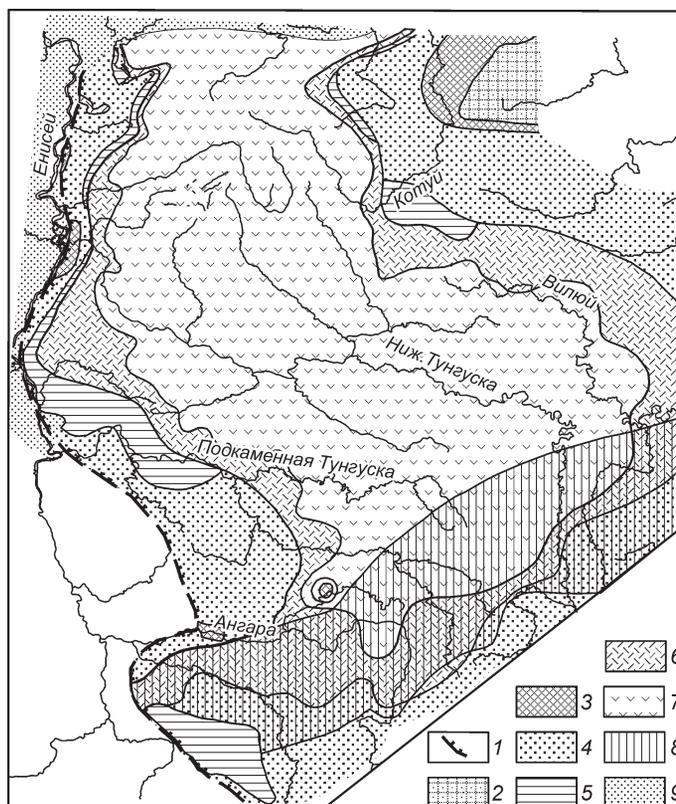


Рис. 1. Размещение основных тектонических структур (по [Конторович и др., 2004] с изменениями) и изученных площадей.

1 — площади: Тн — Тайнинская, Кр — Караульнинская, Фд — Фединская, Тыр — Тыретская, Блх — Балыхтинская, Мрк — Марковская, Яр — Ярактинская, Кий — Кийская, Сб — Собинская, Ттр — Тэтэринская, Вн — Ванаварская, НТг — Нижнетайгинская, Тг — Тайгинская, ВТх — Верхнетехомская, Юр — Юрубченская, Км — Куюмбинская, Ен — Енгидинская, Бк — Байкитская, Лб — Лебяжинская, Бх — Бахтинская, НТ — Нижнетунгусская, Тт — Тутончанская, Уч — Учаминская, Нг — Ногинская, ЗНг — Западно-Ногинская, ЗМл — Западно-Малькитгонская, Хлм — Холминская, СТ — Сухотунгусская, БПр — Большепорожская, Нлт — Нижнелетнинская, Ом — Оморинская, Оск — Оскобинская, Бр — Братская, Ая — Аянская, Вл — Володинская, Дн — Даниловская, Пр — Преображенская, Ксл — Кислоканская, Тнч — Таначинская, Ирб — Ирбуклинская, Кчм — Кочумдекская, Вв — Вивинская, ВНм — Верхненимдинская, Он — Онекская, Крм — Кирамкинская, Пл — Полигусская, Ан — Анакитская, Алл — Аллюнская (Туринская), Ерб — Ербогаченская, Вч — Верхнечонская; границы: 2 — Сибирской платформы; 3 — надпорядковых тектонических структур; 4 — граница наложенной Тунгусской синеклизы.

Рис. 2. Схема распространения структурных комплексов западной части Сибирской платформы (по [Старосельцев, 1989] с изменениями).

1 — граница Сибирской платформы; 2 — распространение на поверхности пород фундамента и структурных ярусов вулканогенно-осадочного чехла; 3 — позднекембрийского, 4 — венд-нижнепалеозойского, 5 — среднепалеозойского, 6 — верхнепалеозойского, 7 — триасового (туфогенно-эффузивного), 8 — юрско-мелового; 9 — мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты и Енисей-Хатангского регионального прогиба.



[Старосельцев, 1989; Старосельцев и др., 2004], а по мнению ряда исследователей, — свыше 10 км во внутренних впадинах [Савинский и др., 1972]. Суммарная мощность многоярусного вулканогенно-осадочного чехла превышала 14 км [Старосельцев, 1996]. Общий объем осадочных пород между фундаментом и триасовой туфогенно-эффузивной толщей составляет около 4.7 млн км³.

Раннекембрийские образования **фундамента**, относящиеся к метаморфическим комплексам Ангаро-Тунгусской (Иркутско-Тунгусской) складчатой системы становид [Мельников и др., 1977] Сибирского кратона, представлены глубокометаморфизованными осадочными и интрузивными породами (гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, амфиболиты, мраморы и другие глубокометаморфизованные породы, прорванные основными, ультраосновными и кислыми интрузиями). Они обнажены в районе Шарыжалгайского выступа и вскрыты глубокими скважинами в пределах Байkitской антеклизы и Ангаро-Ленской ступени (рис. 2). Ангаро-Тунгусская зона представляет собой вытянутый с юга на север через весь рассматриваемый регион асимметричный автохтонный прогиб с относительно крутым западным и более пологим восточным крылом, выполненный метатерригенно-карбонатным комплексом рифея—венда и местами платформенными отложениями кембрия—нижнего палеозоя [Сурков и др., 1996а,б].

Наиболее древние горизонты осадочного чехла представлены **рифейскими** породами, обнажающимися вдоль границ платформы со структурами складчатого обрамления, в ядре Чадобецкого куполовидного поднятия, и вскрытыми глубокими скважинами во внутренних районах платформы. Они выполняют крупные впадины и прогибы в рельефе кристаллического фундамента, между которыми сохранились значительные по площади поднятия, подвергавшиеся денудации, и представлены главным образом глинисто-карбонатными породами мощностью до 3.5—4.0 км. В нижней части рифейского разреза встречаются терригенные породы. Активизация тектонических движений в конце рифея обусловила наличие довольно контрастных дислокаций осадков, что сближает рифейский структурный этаж с отложениями параплатформенного типа. В связи с длительным перерывом осадконакопления в предпалеозойское время, верхняя часть рифейского разреза повсеместно размыта, причем амплитуда размыва нарастает в южном и восточном направлениях. На отдельных участках отложения рифея отсутствуют.

Породы фундамента и рифея с резким угловым несогласием перекрываются сплошным чехлом **венд-кембрийских** отложений мощностью преимущественно 2.5—3.5 км, которая определяется особенностями их фациально-тектонического развития и в наиболее глубоких прогибах внутренних районов платформы может увеличиваться до 4—5 км и, возможно, более.

В южных и центральных районах нижние горизонты венда и кембрия представлены сероцветными терригенно-карбонатными отложениями, в основании которых содержится пачка терригенных пород мощностью до нескольких десятков метров [Мельников и др., 1989б; Старосельцев, 1989]. Выше по разрезу залегают мощная карбонатно-соленосная, а затем карбонатно-терригенная толщи ниже- и средневерхнекембрийского возраста [Шемин, 2007]. В северных районах весь разрез венда и кембрия представлен карбонатными и терригенно-карбонатными породами, постепенно (к северу, сверху вниз) сменяющимися разрез «южного» типа в междуречье Нижней и Подкаменной Тунгуски.

Почти также широко распространены **ордовикские** отложения, отсутствующие в верховьях рек Чуны, Подкаменная и частично Нижняя Тунгуски, а также на подвергшихся наиболее глубокой эрозии

участках Байкитской антеклизы, зоны Ангарских складок и других крупных положительных структур. Мощность ордовикских отложений обычно составляет 300—400 м, увеличиваясь в зонах интенсивного ордовикского палеопрогибания до 700—900 м в центральных районах Курейской синеклизы и до 1500 м и более в наиболее глубоких впадинах Присяжно-Енисейской синеклизы [Сулимов и др., 1966; Каныгин и др., 1999]. В разрезе ордовика преобладают глинистые карбонаты и мергели. Относительно чистые известняки и доломиты встречаются в нижнем и частично верхнем ордовике, а пачки песчаников мощностью до 100—120 м приурочены к верхней части нижнего ордовика (чуньский ярус) и среднему ордовика [Марков, 1970; Мельников, 1979].

Площадь распространения **силурийских** отложений, по сравнению с ордовикскими, несколько сужается (главным образом на юге и юго-востоке территории). На юге их мощность обычно не превышает 100—200 м, увеличиваясь к центральным и северным районам до 600—900 м [Марков, 1970; Матухин и др., 1973]. Породы представлены преимущественно глинистыми карбонатами и мергелями с прослоями органогенных известняков и доломитов в верхней части венлокского и, реже, лландоверийском ярусах нижнего силура. На западной и восточной окраинах поля развития силурийских пород в их основании часто залегают граптолитовые сланцы мощностью до 110 м.

Девонские отложения установлены в основном в центральных и северных районах Тунгусской синеклизы и на ее крайнем юго-западе, где их мощность меняется от 100—200 до 300—400 м. К центральным и северным районам синеклизы мощность возрастает, достигая на крайнем северо-западе 1000 м. Породы девона представлены в основном глинистыми карбонатами с пачками чистых известняков и пластами гипсов, ангидритов и, реже, солей мощностью до нескольких десятков и первых сотен метров [Матухин и др., 1973].

Площадь распространения **нижнекаменноугольных** отложений, хотя и совпадает в основном с распространением девонских пород, еще более сужается. На отдельных участках они могут отсутствовать в разрезе. Нижнекаменноугольные породы представлены известняками, глинистыми известняками, мергелями и песчаниками, общей мощностью от десятков до 200 м [Будников, 1976; Астахов и др., 1981]. Песчаники более характерны для южных районов, прежде всего, бассейна р. Подкаменная Тунгуска.

Завершают осадочное выполнение западной части Сибирской платформы породы позднего палеозоя и триаса, сформированные после регионального перерыва в осадконакоплении. **Верхнепалеозойские** отложения, пользующиеся практически сплошным распространением в пределах Тунгусской синеклизы (исключая отдельные участки бортовых зон, размытые посттриасовой денудацией), представлены сероцветными в основном бескарбонатными разнозернистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами с пластами угля и иногда слоями конгломератов с общей мощностью терригенной толщи обычно 400—500 м. К востоку ее мощность сокращается до 250, а вблизи западного борта увеличивается до 1000 м и более [Будников, 1976].

Триасовые образования подверглись частичному размыву в результате крупнейшего перерыва, начавшегося в конце триаса и продолжающегося почти повсеместно вплоть до настоящего времени, значительно сильнее, чем верхнепалеозойские, особенно в южной части региона, где они не сохранились или их мощность сильно сокращена. Триасовый разрез представлен мощной толщей туфогенно-эффузивных пород основного состава, среди которых на северо-западе и крайнем северо-востоке присутствуют щелочные и ультраосновные разности. Остаточная мощность пород триаса изменяется от первых сотен метров на бортах и в южной части Тунгусской синеклизы до 2 км в ее центральной зоне к северу от широтного течения р. Нижняя Тунгуска. Максимальная мощность, достигающая 3 км, фиксируется на крайнем северо-западе синеклизы, где более 90 % разреза составляют базальты, тогда как в более южных и восточных районах нижняя часть триасовой толщи практически полностью сложена туфогенно-осадочными и туфогенными породами мощностью 300—600 м, перекрытыми лавовыми покровами базальтов.

Чехол **юрско-меловых** отложений развит преимущественно на водораздельных пространствах в южных районах. Сложен он в основном песчано-глинистыми и угленосными континентальными отложениями мощностью до 30—50, реже 100 м и по большей части сдренирован или проморожен. Практического значения в качестве источника водоснабжения, так же как и повсеместно распространенные коллювиально-элювиальные, террасовые, пойменные и русловые аллювиальные отложения **палеоген-неоген-четвертичного** возраста, мощность которых обычно не превышает первых метров [Гриненко и др., 2005], как правило, не имеет.

Важнейшей особенностью геологического строения рассматриваемого региона является исключительно широкое распространение в его северной и центральной частях триасовых трапповых секущих и пластовых интрузий. Последние встречаются на рассматриваемой территории практически повсеместно и пронизывают почти весь разрез венд-палеозойских пород, достигая общей мощности в несколько сотен, а на отдельных территориях 1000 м и более [Конторович, Хоменко, 2001; Шарапов и др., 2008].

Уже в рифее и венде состав пород свидетельствует о повышенной солености вод бассейнов осадконакопления, которая на отдельных участках могла достигать гипсовой и галитовой стадий садки солей.

В процессе докембрийского размыва такие осадки были частично уничтожены [Анциферов и др., 1981], а оставшиеся в той или иной мере промыты инфильтрогенными водами.

С уольского времени практически на всей южной части территории началось основное развитие гигантского нижнекембрийского солеродного бассейна, которое сопровождалось захоронением вместе с солями наиболее высокоминерализованных маточных рассолов, достигавших на отдельных этапах времени и участках стадий садки сильвина и карналлита, промышленные залежи которых выявлены в Верхненепском районе [Борисенков, 1998], в непосредственной близости от юго-западной границы рассматриваемого региона, и, возможно, даже бишофита [Кустов, 1973; Дзюба и др., 1978; Букаты и др., 1983]. При этом подсолевой разрез в результате плотностной конвекции подвергся повторному частичному промыву, но уже высокоминерализованными водами солеродного бассейна [Валяшко и др., 1965]. Можно полагать, что и в более северных районах, где в это время существовал огромный интенсивно прогревавшийся мелководный эпиконтинентальный морской бассейн [Писарчик и др., 1975], происходило насыщение осадочного разреза водами повышенной и высокой минерализации, достигавшими в своем испарительном концентрировании, как минимум, стадии садки доломита, а на отдельных участках гипса, изредка галита, т.е. солености 80—250 г/л и более. Аналогичными условиями осадконакопления и, соответственно, минерализацией захоронявшихся морских вод обладали средне- и верхнекембрийские отложения, отличающиеся присутствием в составе доломитов, гипсов и ангидритов, наличием глинистых метаморфоз по галиту и, часто, сильной ангидритизацией как карбонатных, так и терригенных пород.

Выше по разрезу наличием эвапоритовых образований, повышенной и высокой соленостью вод бассейнов осадконакопления обладают отложения верхнего силура и девона. В последних, вскрытых глубокими и колонковыми скважинами в центральных и крайних северо-западных районах Тунгусской синеклизы, часто встречаются небольшие пласты и линзы галита мощностью до 10—30 м.

Кроме нисходящей плотностной конвекции первичных рассолов на ранних этапах развития рассматриваемого региона, смещавшей их нижнюю границу в более глубокие горизонты, и процессов диффузионного «перемешивания» вод, происходило и их более позднее широкое проникновение в верхние части разреза. Основным механизмом этого явления была восходящая термогазлифтная конвекция [Конторович, Хоменко, 2001; Полянский, Ревердатто, 2002], сопровождавшая широкомасштабную гидротермальную деятельность, связанную с триасовым трапповым магматизмом.

Приведенные особенности геологического строения и истории развития детерминированно определили гидрогеологическое строение и состав подземных вод в пределах рассматриваемого региона, в частности, исключительно широкое распространение подземных вод повышенной минерализации, в том числе слабых, крепких, весьма крепких и сверхкрепких рассолов.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Изучение закономерностей пространственного распределения подземных вод по площади и в вертикальном разрезе, а также количественная оценка такого распределения, по праву выдвигаются в качестве первоочередных научных проблем региональной гидрогеологии, являясь основой при решении разнообразных вопросов их практического освоения и использования [Пиннекер, 1966]. Основные факторы, обуславливающие внутреннюю структуру водоносных систем гидрогеологических регионов разного масштаба, рассмотрены Н.А. Мариновым [1974]. Они объединяют индивидуальные особенности длительного развития артезианских бассейнов, сопровождавшегося накоплением разнофациальных осадков, движением блоков земной коры, активной вулканической и интрузивной деятельностью. В значительной мере эти факторы определили формирование гидрогеологической структуры и территории, охватываемой Тунгусский и западную часть Ангаро-Ленского артезианских бассейнов, выделенных И.К. Зайцевым и Н.И. Толстихиным [Каменский и др., 1959].

Сложность и длительность истории геологического развития региона определяют особую актуальность исследования закономерностей распределения и фильтрационных свойств водоносных и нефтегазоносных горизонтов и комплексов, наблюдающихся в его пределах.

Гидрогеологическое расчленение осадочного чехла здесь затруднено ввиду фациально-литологической изменчивости отложений. В целом выделяются две основные фациальные области с соленосным терригенно-карбонатным разрезом, составляющим большую часть осадочного выполнения пород нижнего кембрия, и с преимущественно бессолевым терригенно-карбонатным его типом. Причем положение границы, разделяющей соленосный и бессолевой разрезы, «скользит» не только по латерали, но и по вертикали, смещаясь для более древних отложений в северном направлении. Это определяет условность распространения гидрогеологической стратификации, разработанной применительно к южной части территории [Букаты и др., 1977], на северные ее районы, хотя проявляется она главным образом в наименовании водоносных формаций и комплексов, а не в особенностях их гидродинамического обособления.

Предлагаемая нами обобщенная схема гидрогеологической стратификации приведена в табл. 1 и 2. Весь разрез осадочного чехла в соответствии с ней подразделяется на три водоносные формации, вклю-

Таблица 1. **Обобщенная стратификация надсолевой гидрогеологической формации**

Возраст	Ярус, свита	Региональные и субрегиональные проницаемые горизонты и комплексы	
		Горизонт	Комплекс
P-N-Q	—*	Подмерзлотный*	Палеоген-чет- вертичный
T	Тутончанская	Турнейский	Верхнепалео- зойско-триа- совый
P	Дегалинская Пеляткинская Бургу克林ская		
C	Анакитская Буруская		
D	Каларгонская Накахозская Юктинская Тынепская Нимская	Каларгонский — — — —	Среднепалео- зойский
S	Мирошкинская Нимдинская Дьявольская Валекская Могоктинская Граптолитовая	— — Венлокский Лландоверийский — —	
O	Неручандская Криволукская Байкитская Чуньская	— — Байкитский —	Ордовикский
Є ₂₋₃	Эвенкийская	—	Надсолевой
Є ₁₋₂	Литвинцевская/ Ангарская	Верхнеангарско- литвинцевский	

Примечание. Прочерк — не выделены.

* Разновозрастный горизонт, приуроченный к подмерзлотной зоне трещиноватости.

ся восемь основных регионально рассолоносных комплексов, составляющих **подсолевою** и **соленосную** рассолоносные гидрогеологические формации. Практически повсеместно в подсолевой формации они содержат в различной степени метаморфизованные крепкие, реже весьма крепкие, хлоридные кальциево-натриевые и натриево-кальциевые, а в соленосной — весьма крепкие натриево-кальциевые, кальциевые и магниевые-кальциевые рассолы.

Нижний из них — **рифейский** — включает несколько порово-трещинных горизонтов, пока еще недостаточно изученных для уверенного сопоставления между собой и выявления их гидродинамической взаимосвязи. Во всяком случае, распределение пластовых давлений не позволяет исключать наличие последней в рифейских горизонтах, вскрытых скважинами, например Куюмбинской площади, по вертикали, тогда как в плане здесь выделяются, как минимум, три изолированных блока: западный, центральный и восточный со значениями приведенных давлений 27.0, 25.5—26.3 и 22.6—24.4 МПа соответственно. Причем в центральном и восточном блоках можно предполагать наличие разобщенных потоков рассолов, направленных к северу.

Такая картина распределения давлений соответствует гипотезе о разнопластовом типе водоносных зон в рифейском резервуаре, хотя в случае тектонического разобщения блоков может оказаться справедливой и точка зрения о принадлежности вскрываемых в верхней части рифейского разреза проницаемых горизонтов к единой зоне палеокарста.

Наличие последнего на разбуренных площадях Камовского свода подтверждается, в частности, результатами изучения керна [Анциферов и др., 1981], высокодебитными поглощениями промывочной жидкости и притоками флюидов в процессе бурения и испытания скважин. Учитывая повсеместность послерифейского перерыва в осадконакоплении аналогичный высокопроницаемый палеокарстовый горизонт можно ожидать везде, где кровля рифейских отложений представлена легко карстующимися карбонатными породами, т. е. и в центральных, и западных районах рассматриваемой территории, где на ряде площадей получены притоки рассолов из верхней части рифея с дебитом в десятки и первые сотни м³/сут.

чающие, в свою очередь, 13 водоносных комплексов. В основу такого расчленения положены два основных принципа: гидродинамической изоляции комплексов друг от друга и литолого-фациальной приуроченности, определяющие, наряду с термобарическими условиями, все особенности их гидрогеологии, в том числе и их гидрогеохимические различия. Не подчиняется литологическому контролю лишь граница между соленосной и надсолевой формациями, которая, согласно первому принципу, проводится в разновозрастных отложениях литвинцевской, реже ангарской, булайской, а иногда даже бельской свит на глубинах преимущественно до 1000—1200 м, где высокопроницаемые за счет соляного карста породы сменяются практически непроницаемой соленосной толщей. В качестве главного признака ее выделения выступает смена вод инфильтрационного генезиса водами преимущественно седиментационного происхождения.

В северных районах с карбонатным типом разреза эта граница условно отнесена к контакту таначинской (костинской) и перекрывающей ее преимущественно водоупорной летнинской свиты. Остальные комплексы совпадают по объему с соответствующими разновозрастными геологическими телами.

Подземные рассолы связаны с резервуарами выделенных водоносных формаций только в зонах затрудненного и весьма затрудненного водообмена (рис. 3 и 4). Исходя из этих представлений, в наиболее изученных юго-западных районах ЗЧСП, в пределах Байкитской антеклизы и Катангской седловины, выделяются

Таблица 2. **Обобщенная стратификация соленосной и подсолевой гидрогеологических формаций**

Возраст	Ярус, свита		Региональные и субрегиональные горизонты			Комплекс
	Основные	Аналоги	Индекс	Основные	Аналоги	
<i>Соленосная формация</i>						
Є ₁₋₂	Литвинцевская	Таначинская	A _I	Нижнелитвинцевский	Таначинский	Ангарско-литвинцевский
Є ₁	Ангарская	Дельтулинская	—	—	Дельтулинский, бильчирский	
	Булайская		A _{II}	Булайский	Сухотунгусский, биркинский	Булайский
	Бельская	Сурингдаконская	A _{III}	Верхнебельский	Подсолевой	Бельский
		Бурусская	A _{IV}	Нижнебельский	Кочумдекский, атовский	
	Усольская	Кочумдекская	A _V	Христофоровский	Нижнетунгусский	Усольский
			—	Моктаконский	Балыхтинский	
			B ₁	Осинский	—	
<i>Подсолевая формация</i>						
V—Є ₁	Тэтэрская	Даниловская	B ₃₋₅	Тэтэрский	Усть-кутский	Карбонатный
V	Собинская		B ₈	Собинский	—	
	Катангская		B ₁₂	Оморинский	Преображенский	Терригенно-сульфатно-карбонатный
	Оскобинская	Тирская	B ₃	—	Верхнетирский, ербога-ченский, телгеспитский	
			B ₅	Оскобинский	Парфеновский, ботуобинский	
	Ванаварская	Непская	B ₈₋₁₃	Ванаварский	Ярактинский, марковский, чонский, безымянный, боханский, талахский	Терригенный
		Хоронохская	B ₁₄		Вилочанский	
R ₃	Тайгинская	K _{VI} *	—	—	—	Рифейский
	Талаканская	K _V	—	—	—	
	Копчерская	K _{IV}	—	Верхнерифейский	—	
	Усть-куюмбинская	K _{III}	—	—	—	
R ₂	Балагарская	K _{II}	—	—	—	
	Мадринская	K _I	—	—	—	
	Зелиндоконская		—	—	—	

Примечание. Основные — Байкитская и Катангская области; аналоги — Южно-Тунгусская и другие смежные области Сибирской платформы.

* Сейсмостратиграфические толщи в пределах Байкитской антеклизы.

Широкое развитие второго — трещинно-порового **терригенного** комплекса вендского возраста предполагается на склонах Байкитской и Непско-Ботуобинской антеклиз, в пределах Катангской седловины, зоны Ангарских складок и смежных с этими структурами районах. В состав комплекса, имеющего, как и все другие, в достаточной мере условное наименование, включаются преимущественно карбонатно-терригенные отложения ушаковской, непской, тайгинской и ванаварской свит, а также их возрастные и литологические аналоги. В частности, в северных районах Тунгусского бассейна, где рифейский комплекс непосредственно перекрывается терригенно-карбонатными отложениями платоновской свиты, аналогом терригенного комплекса являются нижеплатоновские песчаники, из которых в пределах Курейско-Бакланихинского мегавала на западе бассейна получены притоки рассолов с дебитом до 10 м³/сут. Повсеместно трансгрессивное залегание пород комплекса на подстилающих отложениях позволяет предполагать возможность обнаружения слабопроницаемого базального горизонта в их основании, даже когда терригенные отложения собственно вендского возраста в разрезе отсутствуют, как, например, на Куюмбинской площади, где в ряде скважин поглощение бурового раствора и газопроявления отмечены до вскрытия пород рифея, или на северном склоне Непско-Ботуобинской антеклизы.

Обособление терригенного резервуара от рифейского обусловлено резкими различиями условий залегания, типа и литологии коллекторских горизонтов, а следовательно, различием условий фильтра-

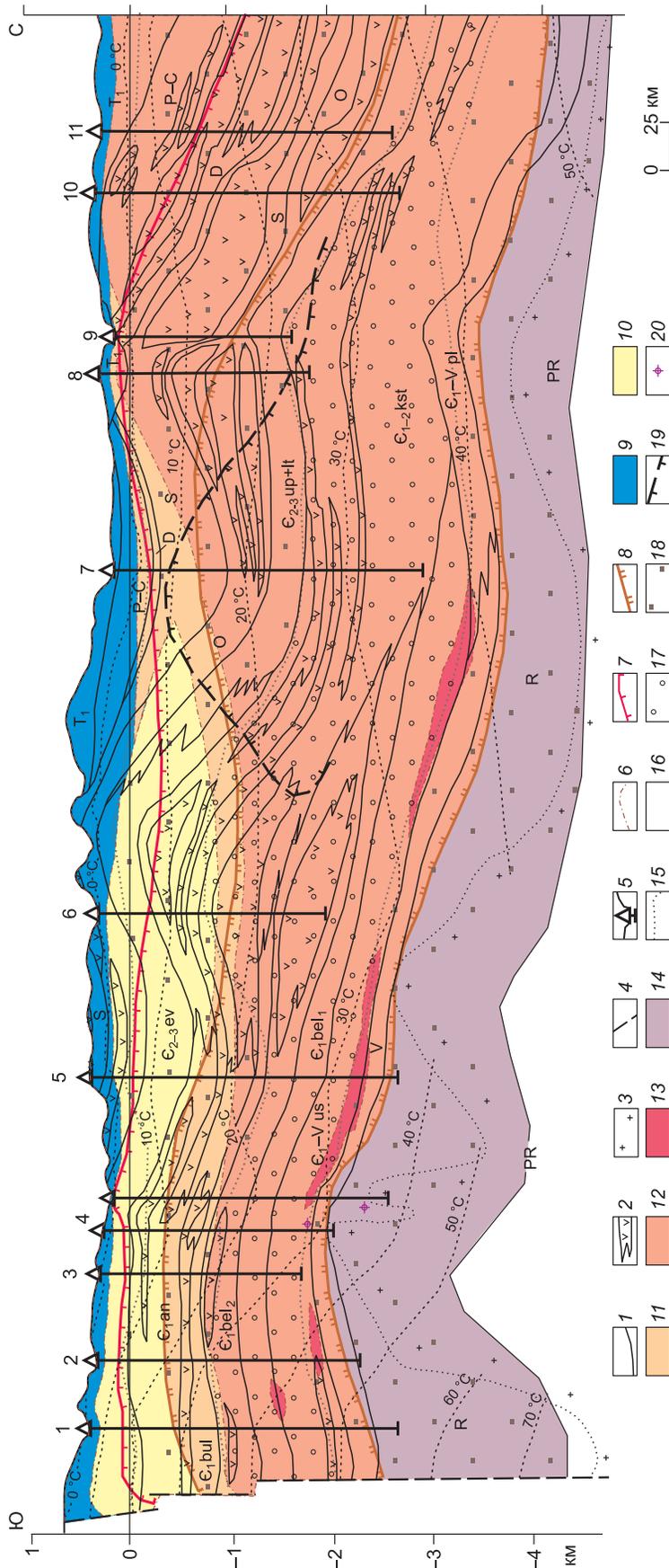


Рис. 3. Субмеридиональный гидрохимический разрез западной части Сибирской платформы.

1 — границы стратиграфических подразделений; 2 — интрузии и покровы траптов; 3 — кристаллический фундамент; 4 — разрывные нарушения бортов платформ; 5 — глубокие скважины. Состав вод: 6 — границы химических типов вод; 7 — верхняя граница распространения рассолов ($M > 35$ г/л); 8 — граница распространения весьма крепких рассолов ($M > 320$ г/л); 9 — пресные и слабосоленые воды гидрокарбонатного и сульфатного состава; 10 — хлоридные натриевые солевые воды и рассолы; 11 — хлоридные кальциево-натриевые, натриево-кальциевые, реже натриевые рассолы; 12 — хлоридные натриево-кальциевые рассолы; 13 — хлоридные кальциевые рассолы; 14 — хлоридные натриевые и кальциево-натриевые рассолы нижней части осадочного чехла. Состав водорастворенных газов: 15 — границы зон с различным составом газов; 16 — кислородно-азотный, азотный, реже углеводородно-азотный; 17 — азотно- и углеводородно-кислотный; 18 — углеводородных газов (с коэффициентом сухости > 50); 19 — локальные проявления газов окислительно-азотного состава. Скважины: 1 — Верхнетохомская 1, 2 — Оморинская 1, 3 — Юрубченская 1, 4 — Кулюбинские 4 и 5, 5 — Байкитская 1, 6 — Полигусская 1, 7 — Тутончанская 1, 8 — Нижнегунгусская 3, 9 — Анакитская 1, 10 — Верхнеимдинская 1, 11 — Онёкская 1.

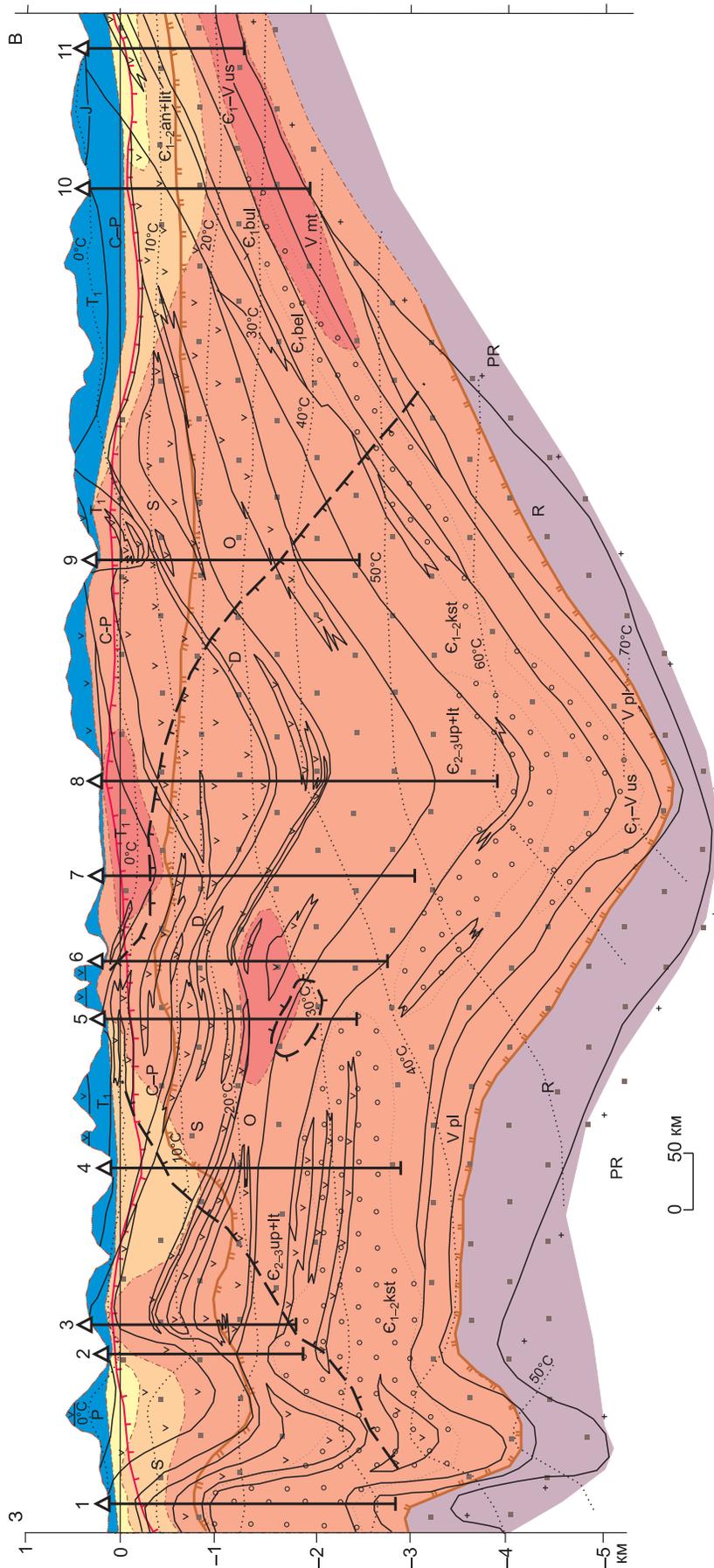


Рис. 4. Субширотный гидрогеохимический разрез западной части Сибирской платформы.

Усл. обозн. см. на рис. 3. Скважины: 1 — Сухотунгуская 3, 2 — Анакитская 1, 3 — Нижнетунгуская 3, 4 — Лутогончанская 1, 5 — Учалинская 1, 6 — Вивинская 1, 7 — Туринская 2, 8 — Кирамкинская 1, 9 — Кислоканская 1, 10 — Ергоаченская 200, 11 — Верхнеочная 122.

ции, геохимии вмещаемых вод и строения возможных месторождений промышленных рассолов и залежей углеводородов в этих комплексах, хотя их гидродинамическое обособление в подавляющем большинстве случаев проблематично.

Слабопроницаемый **терригенно-сульфатно-карбонатный** комплекс, объединяющий трещинно-поровые горизонты доломитов и глинистых доломитов оскобинской и тирской свит венда и их литолого-стратиграфических аналогов, изучен на юго-западе Сибирской платформы пока крайне слабо. От горизонтов терригенного комплекса он отделяется здесь преимущественно водоупорными аргиллитами, глинистыми и сульфатными доломитами верхней его части.

Слабые притоки фильтрата бурового раствора с дебитом 2.8—4.9 м³/сут при депрессии около 6—10 МПа получены при испытании отложений комплекса в пределах Куюмбинской площади, где их разбуривание сопровождалось в большинстве скважин повышением газопоказаний, а также на Оморинской и Нижнетайгинской площадях. Не получены притоки в скважинах Байкитской, Тайгинской, Оскобинской и Собинской площадей. В смежных районах Ангаро-Ленского бассейна широким распространением в данном комплексе пользуются парфеновский и верхнетирский горизонты, промышленно нефтегазодонные на Братской и Аянской площадях.

Последний венд-нижнекембрийский (вендский?) комплекс подсолевой формации — **карбонатный** — включает в южной части рассматриваемого региона отложения катангской, собинской, тэтэрской и даниловской свит, горизонты которых относятся к трещинно-поровому типу и сложены известняками и доломитами мощностью до 200—300 м. Аналогом комплекса в центральных и северо-западных районах являются карбонатные породы верхней части платоновской свиты. От нижележащих горизонтов он изолирован сульфатно-карбонатными и глинистыми породами средней части платоновской свиты или верхней части оскобинской и тирской свит. Верхним водоупором на юге являются подосинские соли. В северных районах горизонты комплекса, вероятно, гидравлически связаны с вышележащими, отделяясь от них локальными водоупорами глинистых доломитов и мергелей. На юго-западе притоки из пород комплекса в тех редких случаях, когда они опробовались, не получены. Исключением служит Оморинская площадь, где горизонты нижней части катангской свиты, обладающие сравнительно хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, содержат промышленную залежь газоконденсата, и Тэтэринская площадь, где вскрытие тэтэрской свиты сопровождалось самоизливом весьма крепкого рассола. Разрез платоновской свиты опробован только в западной части бассейна. Здесь на Сухотунгусской площади получены притоки нефти и воды (дебит до 24 и 120 м³/сут соответственно). Небольшие притоки газа и воды отмечались при испытании верхнеплатоновского горизонта на Нижнелетнинской площади, тогда как на Володинской площади дебит воды при опробовании достиг 144 м³/сут.

На крайнем юго-востоке бассейна, в пределах Иркутской области, установлено широкое развитие в основании комплекса преображенского, а в верхней его части — усть-кутского горизонтов, сложенных известняками и доломитами, которые характеризуются, как правило, низкими невыдержанными по площади коллекторскими свойствами. Усть-кутский горизонт состоит из двух пластов, разделенных относительно водоупорной маломощной пачкой глинисто-карбонатных пород.

В пределах соленосной гидрогеологической формации в юго-западных районах платформы выделены **усольский, бельский, булайский и ангарско-литвинцевский** комплексы, представленные карбонатно-соленосными отложениями соответствующих свит. Они включают в различных частях территории 5—6 межсолевых поровых, каверново-поровых и слаботрециноватых сульфатно-карбонатных и карбонатных водоносных горизонтов, отличающихся от подсолевых в большинстве случаев значительно более низкой проницаемостью. На юго-западе территории это осинский, нижнебельский и верхнебельский, а также булайский, ангарский и верхнеангарский горизонты, проявившие себя низкодебитными поглощениями промыточной жидкости и притоками крепких рассолов при испытании глубоких скважин на большинстве разбуренных площадей.

В соседних районах лучше изученного Ангаро-Ленского бассейна в усольском комплексе, кроме осинского горизонта, выявлен балыхтинский горизонт, представленный пачкой проницаемых доломитов в верхней части усольской свиты и единичные локально распространенные водоносные пласты в средней части свиты, зафиксированные на отдельных площадях. В бельском комплексе здесь известны христофоровский горизонт в основании бельской свиты, атовский, возможно, являющийся аналогом нижнебельского, и верхнебельский горизонты, а в булайском и ангарском комплексах — биркинский в кровле булайской свиты, бильчирский в верхней половине ангарской свиты и верхнеангарский горизонт, связанный с зоной выщелачивания в кровле ангарской свиты. Часть из этих горизонтов, возможно, будет выявлена и в южных районах Тунгусского бассейна.

Несколько иной состав также пока слабо изученных горизонтов соленосной формации выявлен в северо-западных, центральных и северных частях Тунгусского бассейна [Кринин и др., 1984]. Если в области распространения соленосного типа разреза практически все горизонты надежно отделяются друг от друга регионально распространенными мощными толщами солей и непроницаемых соленосных пород, то в центральных и северных районах бассейна, где аналогом соленосной формации являются

терригенно-карбонатные и карбонатные отложения костинской формации, надежные региональные и часто даже субрегиональные водоупоры отсутствуют. В этой связи сопоставление проницаемых порово-трещинных горизонтов и трещинно-карстовых зон, вскрываемых скважинами в разрезе пород костинской формации на различных площадях глубокого бурения, здесь существенно затруднено. Тем не менее в разрезе соленосной (костинской) формации выделены 10 проницаемых горизонтов (снизу вверх): осинский, моктаконский, нижнетунгусский, кочумдекский, подсолевой, сухотунгусский, поддельтулинский, дельтулинский, наддельтулинский и таначинский [Мельников и др., 1989а], хотя для этих районов скорее можно говорить лишь о более частой встречаемости проницаемых горизонтов и зон в нижней, средней и верхней частях данной формации. Наличие в ней только локальных водоупоров и близость приведенных пластовых давлений в различных горизонтах, трещинных и карстовых зонах позволяют предположить, что вся ее толща представляет собой единую в региональном смысле гидродинамическую систему, в пределах которой невыдержанные (за исключением верхнекостинского горизонта) по мощности и распространению проницаемые зоны чередуются с непроницаемыми и относительно непроницаемыми породами. Промышленная нефтегазоносность здесь установлена пока только для субрегиональных моктаконского горизонта нижней части костинской серии (верхняя часть усольского гидрогеологического комплекса), среднекостинского сухотунгусского (булайский комплекс) и верхнекостинского таначинского горизонтов ангарско-литвинцевского гидрогеологического комплекса. Сверху соленосная (костинская) водоносная формация изолируется преимущественно водоупорными карбонатно-терригенными отложениями эвенкийской, верхоленской, летнинской и усть-пелядкинской свит и породами кровли костинской серии, включенными в состав надсолевой (средневерхнекембрийской) формации, или ограничивается первыми от поверхности не затронутыми выщелачиванием непроницаемыми пластами каменной соли (в случае отсутствия или малой мощности, либо промытости этих отложений).

Вышележащие водоносные комплексы, входящие в состав **надсолевой** гидрогеологической формации, в южной части Тунгусской синеклизы содержат пресные (реже соленые) инфильтрационные воды. В центральных же и северных ее частях анализ проницаемости разреза и глубины погружения пород позволяет расширить стратиграфический диапазон рассолоносных пород до горизонтов девона включительно (см. рис. 3 и 4), а учитывая геологические и гидрогеологические особенности этой территории, связанные с трапповым магматизмом и ее неотектонической активизацией, которые во многих случаях обуславливали переформирование рассолоносных зон и части залежей нефти и газа, и до нижней части верхнепалеозойско-триасового гидрогеологического комплекса.

Среди них уникальным по широте распространения и коллекторским свойствам является верхнеангарско-литвинцевский (верхнекостинский) трещинно-палеокарстовый резервуар **надсолевого** комплекса, одноименного включающей его формации. Он представляет собой единый горизонт с ангарско-литвинцевской зоной палеокарста в кровле соленосной и зоной современного соляного карста в основании надсолевой формаций южной части Тунгусской синеклизы. Дебиты самоизлива при его вскрытии скважинами и притоки рассолов при опробовании, как правило, превышают 100 м³/сут, достигая в отдельных случаях тысячи м³/сут и более. В настоящее время распространение верхнекостинского горизонта в субширотном направлении прослежено от Сухотунгусской до Кислоканской площадей, т. е. непрерывно на протяжении почти 800 км. Южнее он проявил себя поглощениями промывочной жидкости интенсивностью от 0.5 до 30 м³/ч на Верхнеджелиндуконской, Джелиндуконской, Еремаканской и Южно-Чуньской площадях. Кроме того, воды горизонта разгружаются в виде нескольких мощных очагов разгрузки в бассейнах рек Непа и Нижняя Тунгуска с дебитом до 50 л/с. Данный горизонт насыщен здесь солеными и рассольными водами выщелачивания каменной соли сульфатно-хлоридного кальциево-натриевого и хлоридного натриевого состава с минерализацией до 120—280 г/л. Горизонт может рассматриваться как высокоперспективный в случае потребности в таких водах для технического либо технологического использования.

Преимущественно водоупорные отложения летнинской и усть-пелядкинской свит среднего—верхнего кембрия, также входящие в надсолевой комплекс, опробованы в нескольких скважинах на Сухотунгусской, Большепорожской, Таначинской, Ирбуклинской и других площадях. В большинстве случаев из них получены устойчиво невысокие притоки рассолов [Битнер и др., 1990], связанные не столько с их первичной динамической пористостью, являющейся очень низкой [Анциферов и др., 1981; Гурова и др., 1988], сколько с резким возрастанием на этих площадях проницаемости глубокозалегающих карбонатных пород вблизи пластовых интрузий траппов.

Сохранившиеся от регионального среднепалеозойского размыва терригенно-сульфатно-карбонатные отложения эвенкийской свиты верхне- и среднекембрийского возраста в большинстве случаев выполняют роль относительного водоупора. Изучены они очень слабо. Обычно в них фиксируются несколько маломощных водонасыщенных горизонтов песчаников, проявляющихся поглощениями промывочной жидкости. Они могут вмещать как пресные, так и соленые воды, а на участках восходящей

разгрузки вод нижележащих горизонтов — рассолы выщелачивания хлоридного натриевого состава всегда, в той или иной мере, обогащенные сульфатами кальция.

Ордовикский комплекс надсолевой формации, сложенный карбонатно-терригенными породами, включает горизонты-коллекторы усть-кутского и чуньского ярусов, отделяемые друг от друга и смежных резервуаров водоупорными породами усть-пелядгинской свиты, малопроницаемыми тонкокристаллическими карбонатами верхней части усть-кутского яруса, терригенно-карбонатными и глинистыми отложениями криволуцкого и мангазейского ярусов.

Региональным распространением и наибольшей водообильностью выделяется поровый водоносный горизонт байкитских песчаников, залегающий в верхней части чуньского яруса. Практически повсеместно, как на глубинах до 100 м в низовьях Подкаменной Тунгуски, где он содержит пресные воды, так и в области распространения слабых и крепких рассолов хлоридного кальциево-натриевого и натриево-кальциевого состава на глубинах более 1000 м в бассейне Нижней Тунгуски, вскрытие этого горизонта скважинами сопровождается водопоявлениями различной интенсивности, достигающими десятков и первых сотен м³/сут. Такие притоки отмечены, в частности, при опробовании скважин Байкитской, Бахтинской, Кочумдекской, Ногинской, Учаминской и Вивинской площадей, т.е. фактически на всей территории центральной части Тунгусского бассейна, хотя северо-западнее, на Верхненимдинской и Онекской площадях, этот горизонт оказался при испытании сухим.

Среднепалеозойский водоносный комплекс, представленный терригенными и сульфатно-карбонатными отложениями силура и девона, изучен пока еще очень слабо. По результатам литолого-петрографического и лабораторного изучения керн, данным каротажа в его составе выделяются четыре горизонта — лландоверийский, венлокский, юктинский и каларгонский, разделенные карбонатно-глинистыми породами в верхней части лландоверийского яруса, юктинской свиты и франского яруса [Антонова и др., 1977]. При неглубоком залегании пород они характеризуются сравнительно высокой водообильностью. Источники пресных вод отмечались в бассейне нижнего течения Подкаменной Тунгуски, где карбонатно-трещинные горизонты формации выходят на поверхность. Дебит нисходящих и восходящих родников достигают здесь 150, реже 900 м³/сут и более. В скважинах самоизлив подземных вод с дебитом до 400—600 м³/сут наблюдался при вскрытии пород на глубинах от 3 до 85 м в бассейнах рек Кочумдек, Сухая Бахта и Делинда.

В глубоких скважинах опробовался только венлокский горизонт, оказавшийся слабоводоносным на Ногинской и непроницаемым на Верхненимдинской площадях. Поглощение с дебитом более 2 тыс. м³/сут наблюдалось при вскрытии венлокского горизонта на Онекской, а повышенные газопоказания на Кирамкинской площадях. Высокая обводненность пород венлока установлена в Болгохтохской скважине, где при откачке с дебитом 86 м³/сут снижение уровня не достигнуто [Гинсбург, 1969], и в колонковых скважинах Сухотунгусской площади. Каларгонский водоносный горизонт изучен только в Норильском районе [Вожов, 2006].

Верхнепалеозойско-триасовый водоносный комплекс надсолевой формации, включающий карбонатные и терригенные угленосные отложения каменноугольного и пермского возраста, а также вулканогенно-осадочную толщу триаса, находится в южной части территории в зоне активного водообмена. Здесь содержатся пресные воды, хорошего качества, с минерализацией 0.1—0.35 г/л, гидрокарбонатного натриево-кальциево-магниевого и хлоридно-гидрокарбонатного кальциево-натриевого и кальциево-магниевого состава. Водоносные горизонты нижней части разреза пермских и каменноугольных отложений вблизи контакта с литвинцевской свитой часто становятся солоноватыми и солеными, приобретая сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый и хлоридный натриевый состав. В пределах островов многолетней мерзлоты он может быть полностью промороженным.

В северной области распространения верхнепалеозойско-триасового комплекса на отдельных участках встречаются высокоминерализованные рассолы, свидетельствующие о наличии условий для их сохранения от воздействия гипергенных факторов. К каменноугольным и пермским отложениям здесь приурочены высокочемкие водоносные горизонты порового и трещинно-порового типов, вскрытые скважинами в междуречье Нижней и Подкаменной Тунгусок. Эти горизонты представлены почти исключительно песчаниками и встречаются в области распространения отложений формации повсеместно. В сравнительно слабопроницаемой туфогенной толще триасового комплекса повышено обводнены крупно- и грубозернистые разновидности пород и зоны трещиноватости. В целом для триасовых пород характерна изменчивость коллекторских свойств в плане и разрезе, соответствующая изменчивости их открытой пористости и трещиноватости.

Наиболее широким (региональным) распространением и высокой обводненностью в пределах верхнепалеозойско-триасового комплекса пользуется трещинный и порово-трещинный разновозрастный горизонт, приуроченный к подмерзлотной зоне трещиноватости, под подошвой многолетней мерзлоты, служащей региональным водоупором. Глубина залегания кровли этого горизонта зависит от мощности

многолетней мерзлоты и увеличивается в северо-восточном направлении от 50 м в бассейне р. Подкаменная Тунгуска до 300 м и более севернее долины Нижней Тунгуски. Относительной покрывкой для верхнепалеозойско-триасового комплекса наряду с многолетнемерзлыми породами служат туфогенные отложения триаса и лавовые покровы, широко распространенные в северной части бассейна.

Часто проморожены и спорадически обводненные вулканогенно-осадочные отложения нижнего триаса, содержащие воды пластово-трещинного и трещинного типов. Обычно они подразделяются на надмерзлотные, подмерзлотные и воды таликов. Наибольшее значение среди них имеют две последние их разновидности [Островский, 2007], изученные по выходам родников в долинах р. Тэтэрэ и ее крупных притоков, где они иногда образуют линейные групповые выходы, обладающие суммарным дебитом до десятков литров в секунду. Поглощение промывочной жидкости с дебитом до 40 м³/ч отмечены в процессе бурения большинства скважин рассматриваемого района. Эти воды преимущественно пресные с минерализацией 0.3—0.5 г/л и гидрокарбонатным кальциево-натриевым, реже (при наличии глубинного питания) гидрокарбонатно-хлоридным натриевым составом.

Нижнеюрские отложения вне зон сквозных таликов обычно находятся выше подошвы мерзлоты. Надмерзлотные воды образуют небольшие родники с дебитом до 0.1—0.2 л/с, а в верховьях рек формируют заболачивание и мочажины. На отдельных участках встречаются межмерзлотные воды с близкой к нулевой температурой, дебит источников которых достигает на участках повышенной трещиноватости 5—6 л/с. При проходке отложений чайкинской свиты в пределах Ереминской, Еремаканской и Алтыбской площадей наблюдалось поглощение промывочной жидкости с дебитом от 0.5—10 м³/ч до полного.

В зависимости от положения относительно мерзлой толщи и глубины залегания состав и минерализация вод изменяются. Надмерзлотные воды и воды сезонно-мерзлого слоя в отложениях нижней юры обычно ультрапресные с минерализацией до 100—200 мг/л гидрокарбонатного натриево-магниево-кальциевого типа. Минерализация межмерзлотных и более глубоко залегающих вод возрастает до 0.2—0.3 г/л и более при гидрокарбонатном магниево-кальциевом составе, а в подмерзлотных и относительно глубоко залегающих водах достигает 0.4 г/л и более, приобретая хлоридно-гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриевый и натриевый, либо гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый или смешанный состав.

Обводненность элювиально-аллювиальных отложений **палеоген-неоген-четвертичного** комплекса невелика, ввиду их небольшой мощности, как правило, не превышающей 5—10 м даже в долинах основных водотоков. В значительной мере она ограничивается распространением многолетнемерзлых пород, а также мощностью и распространением сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев, составляющей 0.6—3 м. Воды безнапорные, пресные (минерализация 0.2—0.6 г/л) гидрокарбонатные со смешанным катионным составом, холодные (температура 0—4 °С). При наличии глинистых прослоев могут иметь местный напор до 1—2 м. Разгружаются в долинах рек в виде нисходящих источников с дебитом до 0.1, в редких случаях до 1 л/с. Воды покровных элювиально-делювиальных отложений способствуют оползнеобразованию на склонах возвышенностей рельефа и образуют мочажины и «висячие» болота. Воды аллювиальных отложений часто разгружаются в нижних частях склонов террас, где могут быть встречены их сосредоточенные выходы с дебитом до 2 л/с. Питание и формирование ресурсов площадное, что вместе с другими факторами определяет неудовлетворительную защищенность от поверхностного загрязнения, ввиду чего их использование для хозяйственного и питьевого водоснабжения нерацонально.

Особый тип водоносных, а возможно, и нефтегазоводоносных, резервуаров связан в пределах Тунгусского артезианского бассейна с исключительно широко распространенными, особенно в верхней части осадочного разреза, пластовыми и секущими интрузиями траппов. Практически во всех пробуренных скважинах приконтактные зоны трапповых тел проявляли себя при разбуривании высокодебитными поглощениями промывочной жидкости (вплоть до катастрофических) или, очень редко, самоизливами подземных вод. Тела самих траппов часто разделяют толщи с различающимися пластовыми давлениями, то есть являются водоупорами. Выявление характера насыщения таких зон, остающегося пока совершенно не изученным, даже при заведомом отсутствии нефти и газа, имеет для оценки перспектив нефтегазоносности принципиальное значение, поскольку в случае их заполнения газонасыщенными метаморфизованными рассолами, обогащенными водорастворенными органическим веществом, они должны стать одним из первоочередных объектов поиска месторождений промышленных рассолов и залежей углеводородов.

Практически не изученными остаются также и обводненные зоны глубокозалегающих разрывных нарушений, несомненно, широко развитые в пределах бассейна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенное рассмотрение показывает, что западная часть Сибирской платформы представляет собой весьма сложную гидрогеологическую структуру с неравномерной обводненностью и распростра-

нением проницаемых горизонтов и комплексов, различной выдержанностью и водоупорными свойствами, преобладанием в объеме осадочного чехла непроницаемых и слабопроницаемых пород. Повсеместно здесь выделяются частично сопоставимые друг с другом региональные, субрегиональные и локальные горизонты, надежно изолированные от поверхности и содержащие соленые воды и рассолы разнообразного состава.

Подавляющая часть этих горизонтов, даже на относительно хорошо разбуренных площадях, остается практически не изученной, что связано главным образом с низким качеством их вскрытия и опробования. Многие из них, включая горизонты верхней части венда, и особенно нижнего кембрия, являются перспективными на нефть и газ и должны в ближайшие годы стать предметом исследования как в процессе поисково-разведочных работ, так и в ходе эксплуатационного бурения. Это тем более актуально ввиду того, что даже в условиях отсутствия в них промышленных залежей нефти и газа, находящиеся в них высокометаморфизованные рассолы, при наличии достаточных эксплуатационных ресурсов, могут рассматриваться в качестве наиболее эффективного агента поддержания пластового давления разрабатываемых месторождений. В северных районах стратиграфический диапазон распространения таких рассолов увеличивается, включая в себя горизонты надсолевого, ордовикского и среднепалеозойского водоносных комплексов надсолевой формации при условии их залегания на глубинах более 1000 м.

Отмеченные гидрогеологические особенности территории с учетом удаленности и отсутствия сколько-нибудь развитой инфраструктуры могут существенно осложнить развитие здесь нефтегазодобывающих производств, обуславливая необходимость особенно взвешенного и продуманного подхода к освоению выявленных и разведанных запасов нефти и газа. Особое значение, в частности, здесь приобретает опережающее исследование гидрогеологических условий каждого конкретного месторождения, что позволит более обоснованно подойти к разработке проектов их эксплуатации. Недоизученность гидрогеологических условий открытых здесь месторождений на стадиях поисково-разведочных работ уже сейчас становится серьезным сдерживающим фактором при проектировании их разработки и при вводе в эксплуатацию.

Рассматриваемая территория обладает высокими, но неравномерно распределенными по площади и разрезу ресурсами пресных подземных вод питьевого качества. Основными причинами этого являются развитие многолетней мерзлоты, низкие коллекторские свойства секущих и пластовых интрузий, широко распространенных в верхней части разреза, высокая минерализация вод, залегающих уже на 50—100 м ниже местных базисов эрозии. Все это, наряду с достаточно сложным характером распределения подземных вод по площади и разрезу, обуславливает необходимость специальных гидрогеологических исследований и максимального привлечения информации по проявлениям и поглощениям воды при проходке как глубоких, так и многочисленных колонковых скважин, пробуренных для временного обеспечения водой в процессе их строительства.

В южной части территории, где находятся практически все открытые к настоящему времени месторождения нефти и газа, максимальные ресурсы подземных вод связаны с пресными и солеными водами, а также слабыми и крепкими рассолами выщелачивания нижней части надсолевой формации. В то же время применение таких вод для поддержания пластового давления, ввиду их химической несовместимости с метаморфизованными рассолами и возможностью интенсивного растворения галита и ангидрита, часто присутствующих в составе пород продуктивных пластов, затруднено. Наиболее близкие по составу к рассолам продуктивных горизонтов воды в приемлемых, но, вероятнее всего, недостаточных количествах могут добываться главным образом из осинского и тэтэрского горизонтов, обладающих повышенными напорами и весьма изменчивыми коллекторскими свойствами. Последнее требует постановки специальных поисково-разведочных гидрогеологических исследований для обоснования их запасов. Вспомогательное значение могут иметь булайский, верхне- и нижнебельский горизонты. Ресурсы рассолов, пригодных для использования в системах поддержания пластового давления, могут быть существенно увеличены, а промысловое качество улучшено за счет смешения с пресными водами в пропорциях, обоснованных с применением методов численного физико-химического моделирования.

К благоприятным факторам для постановки заводнения следует отнести низкое гидравлическое сообщение залежей нефти и газа с окружающими пластовыми водами, что обусловит минимальные потери закачиваемых вод, и высокое насыщение солями поглощенного комплекса пород, которое обеспечит со временем хорошее промысловое качество возвратных подтоварных вод.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, Минпромнауки РФ и INTAS (гранты 06-05-64166, 07-05-00877, НШ-9542.2006.5, 06-100025-9220).

ЛИТЕРАТУРА

Антонова Т.Ф., Килина Л.И., Мельников Н.В. Флюидоносные комплексы в Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции // Тр. СНИИГГиМСа, 1977, вып. 254, с. 75—79.

Анциферов А.С. Гидрогеология древнейших нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. М., Недра, 1989, 176 с.

Анциферов А.С., Бакин В.Е., Варламов И.П., Вожов В.И., Воробьев В.Н., Гольюерт А.В., Гребенюк В.В., Гришин М.П., Гурова Т.И., Дробот Д.И., Конторович А.Э., Кузнецов В.Л., Лебедев В.М., Левченко И.Г., Мандельбаум М.М., Мельников Н.В., Микуленко К.И., Назимков Г.Д., Накоряков В.Д., Полякова И.Д., Рыбьяков Б.Л., Савицкий В.Е., Самсонов В.В., Стасова О.Ф., Старосельцев В.С., Сурков В.С., Трофимук А.А., Фотиади Э.Э., Хоменко А.В. Геология нефти и газа Сибирской платформы / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. М., Недра, 1981, 552 с.

Астахов В.И., Букаты М.Б., Вожов В.И., Ильюхина Н.П., Ковригина Е.К., Леднева В.П., Подгорная Н.С., Руденко А.А., Семериков А.А., Учителева Л.Г., Файнер Ю.Б. Геологическая карта СССР. М-6 1:1 000 000. Объяснительная записка. Лист Р-46,47 – Байкит / Под ред. Е.К. Ковригиной. Л., ВСЕГЕИ, 1981, 199 с.

Басков Е.А. Минеральные воды и палеогидрогеология Сибирской платформы. М., Недра, 1977, 145 с.

Битнер А.К., Кринин В.А., Кузнецов Л.Л. Нефтегазоносность древних продуктивных толщ запада Сибирской платформы. Красноярск, ПГО Енисейнефтегазгеология и КФ СНИИГГиМС, 1990, 114 с.

Борисенков В.И. Геохимическая обстановка формирования Непского месторождения калийных солей // Геохимия, 199, № 6, с. 596—604.

Будников В.И. Закономерности осадконакопления в карбоне и перми запада Сибирской платформы. М., Недра, 1976, 136 с.

Букаты М.Б., Шварцев С.Л. Равновесие высокоминерализованных подземных рассолов с эвапоритовыми минералами // Советская геология, 1983, № 8, с. 114—123.

Букаты М.Б., Бровенко А.А., Ким С.Л. Геогидродинамические особенности верхнекембрийских и нижнекембрийских комплексов юго-запада Сибирской платформы // Тр. СНИИГГиМСа, 1977, вып. 254, с. 42—55.

Валяшко М.Г., Поливанова А.И., Жеребцова И.К., Метких Б.И. Геохимия и генезис рассолов Иркутского амфитеатра. М., Наука, 1965, 159 с.

Вожов В.И. Подземные воды и гидроминеральное сырье Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2006, 208 с.

Гавич И.К. Основы гидрогеологической стратификации. М., МГРИ, 1983, 115 с.

Гинсбург Г.Д. Гидрогеологические условия // Тр. НИИГА, 1969, т. 160, с. 87—150.

Гриненко О.В., Камалетдинов В.А., Сергеенко А.И., Иваненко Г.В., Фрадкина А.Ф., Патык-Кара Н.Г. Региональная схема палеогеновых и неогеновых отложений востока Сибирской платформы // Отечественная геология, 2005, № 5, с. 92—97.

Гурова Т.И., Чернова Л.С., Богданова Н.Е., Гущина Н.Е., Замятин Н.А., Казаков А.М., Кондрина К.С., Коротун В.В., Кузнецова В.Н., Мандрикова Н.Т., Потлова М.М., Пустыльников А.М., Рояк Р.С., Синихина И.Г., Степанова М.В., Тюшкевич А.В., Яковенко Ф.Н. Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы. М., Недра, 1988, 254 с.

Дзюба А.А., Кустов Ю.И. Перспективы открытия месторождений бишофита на Сибирской платформе // Региональная гидрогеология и инженерная геология Восточной Сибири. Новосибирск, Наука, 1978, с. 58—60.

Добрецов Н.Л., Буслов М.М. Позднекембрийско-ордовикская тектоника и геодинамика Центральной Азии // Геология и геофизика, 2007, т. 48(1), с. 93—108.

Каменский Г.Н., Толстихина М.М., Толстихин Н.И. Гидрогеология СССР. М., Госгеолтехиздат, 1959, 366 с.

Каныгин А.В., Ядренкина А.Г., Абаймова Г.П., Сычев О.В., Тимохин А.В., Москаленко Т.А., Сенников Н.В. Ордовик западного обрамления Вилюйской синеклизы: стратиграфия, фации, палеонтологическая характеристика // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (7), с. 1043—1058.

Кирюхин В.А. Региональная гидрогеология: Учебник для вузов. СПб., СПГГИ(ТУ), 2005, 344 с.

Конторович А.Э., Хоменко А.В. Теоретические основы прогноза нефтегазоносности осадочных бассейнов с интенсивным проявлением траппового магматизма // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (11), с. 1764—1773.

Конторович А.Э., Сараев С.В., Казанский А.Ю., Каштанов В.А., Конторович В.А., Пономарчук В.А., Тищенко В.М., Филиппов Ю.Ф. Новый терригенно-вулканогенный разрез кембрия и положение западной границы Сибирской платформы (по материалам параметрического бурения на Вездеходной площади, Томская область) // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (7), с. 1022—1031.

Конторович А.Э., Ефимов А.С., Кринин В.А., Хоменко А.В., Гилянская Л.Г., Данилова В.П., Меленевский В.Н., Костырева Е.А., Махнева Е.Н., Юдина Т.Н. Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности кембрия и верхнего протерозоя юго-востока Западной Сибири // Геология и геофизика, 2000, т. 41 (12), с. 1615—1636.

Конторович А.Э., Беляев С.Ю., Конторович А.А., Красавчиков В.О., Мандельбаум М.М., Моисеев С.А., Сафронов А.Ф., Ситников В.С., Хоменко А.В. Тектоника венд-силурийского структурного яруса осадочного чехла Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (Сибирская платформа) // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (1), с. 100—109.

Кринин В.А., Распутин С.Н., Лудин С.В. Горизонты-коллекторы нижнего—среднего кембрия Бахтинского мегавыступа // Нефтегазоносные комплексы перспективных земель Красноярского края. Красноярск, 1984, с. 121—123.

Кустов Ю.И. Хлоридные кальциево-магниевые рассолы Ангаро-Ленского бассейна // Очерки по гидрогеологии Сибири. Новосибирск, Наука, 1973, с. 93—95.

Маринов Н.А., Абросимов И.К., Белякова Е.Е., Бурлакова М.А., Востокова Е.А., Грифанова О.М., Дзюба А.А., Зеленкевич А.А., Зуброва Е.А., Ломоносов И.С., Карасев А.Д., Клюканова И.А., Колдышева Р.Я., Кончакова А.Н., Кузнецов Т.Н., Литвиненко В.А., Манукян В.А., Мельников С.А., Мельничук Н.Л., Мызников Д.Ф., Орлова Л.М., Павлова О.П., Ткаченко Р.И., Райхлин И.Б., Рубейкин В.З., Русанов Б.В., Самылин А.И., Славянова Л.В., Пиннекер Е.В., Федотова Т.Н., Шипицин С.Н. Гидрогеология Азии. М., Недра, 1974, 576 с.

Марков Е.П. Ордовик и ранний силур юго-запада Тунгусской синеклизы. Л., Недра, 1970, 143 с.

Матухин Р.Г., Меннер В.Вл. К фациально-петрографической характеристике верхнесилурийских и девонских карбонатных толщ в северных районах Тунгусской синеклизы // Тр. СНИИГГиМСа, 1973, вып. 170, с. 58—62.

Мельников Н.В. Корреляция разрезов ордовика—нижнего карбона в широтном пересечении Тунгусской синеклизы (вдоль р. Нижняя Тунгуска) // Закономерности размещения скоплений нефти и газа на Сибирской платформе. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1979, с. 4—19.

Мельников Н.В., Килина Л.И., Воробьев В.Н., Ефимов А.О., Сафронова И.Г., Шабанов Ю.Я., Марков Е.П., Маркова Л.Г., Матухин Р.Г., Константинова С.А., Ваг О.В., Дивина Т.А., Хоменко А.В., Лебедев В.М., Гришин М.П., Старосельцев В.С., Варламов И.П., Ершов Н.А., Потлова М.М., Замятин М.А., Конторович А.Э., Кащенко С.А., Казаринов В.В., Вожов В.И., Сурков В.С. Геология и нефтегазоносность Лено-Тунгусской провинции // Тр. СНИИГГиМСа, вып. 228. М., Недра, 1977, 205 с.

Мельников Н.В., Егорова Л.И., Килина Л.И., Кудрина Т.Р., Кринин В.А., Распутин С.Н. Стратиграфия кембрия Бахтинского мегавыступа // Геология и геофизика, 1989а (3), с. 9—21.

Мельников Н.В., Шемин Г.Г., Ефимов А.О. Региональные резервуары нефти и газа Лено-Тунгусской провинции // Результаты региональных геолого-геофизических исследований Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1989б, с. 37—49.

Островский В.Н. Об условиях формирования питьевых подземных вод в криолитозоне Восточной Сибири // Отечественная геология, 2007, № 6, с. 62—66.

Пиннекер Е.В. Рассолы Ангаро-Ленского бассейна (закономерности размещения, состав, динамика, формирование и использование). М., Наука, 1966, 332 с.

Пиннекер Е.В. Проблемы региональной гидрогеологии. М., Наука, 1977, 196 с.

Писарчик Я.К., Минаева М.А., Русецкая Г.А. Палеогеография Сибирской платформы в кембрии. Л., Недра, 1975, 195 с.

Полянский О.П., Ревердатто В.В. Конвекция флюида в коллекторах осадочного бассейна при термическом воздействии даек и силлов // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (1), с. 27—41.

Савинский К.А., Александров В.К., Ощепков Ю.С., Мордовская Т.В. Границы Сибирской платформы // Материалы по региональной геологии Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. М., Недра, 1972, с. 3—12.

Старосельцев В.С. Тектоника базальтовых плато и нефтегазоносность подстилающих отложений. М., Недра, 1989, 259 с.

Старосельцев В.С. Основные тектонические этапы формирования чехла Сибирской платформы в связи с нефтегазоносностью рифейских отложений // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (8), с. 206—212.

Старосельцев В.С., Мигурский А.В., Гребенюк В.В., Дивина Т.А. Геодинамический контроль нефтегазоносности вулканогенно-осадочного чехла Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (1), с. 91—99.

Сулимов И.Н., Воробьев В.Н., Коптев В.В., Сафронова И.Г., Сулимова И.Н., Шварцев С.Л. Геология и перспективы нефтегазоносности юго-запада Сибирской платформы. Л., Недра, 1966, 191 с.

Сурков В.С., Гришин М.П., Ларичев А.И. История становления Сибирского кратона и нефтегазоносность рифейских отложений // Геология и проблемы поисков новых крупных месторождений нефти и газа в Сибири. Ч. II. Новосибирск, Изд. СНИИГГиМС, 1996а, с. 13—18.

Сурков В.С., Коробейников В.П., Крылов С.В., Гришин М.П., Краевский Б.Г., Ларичев А.И. Геодинамические и седиментационные условия формирования рифейских нефтегазоносных комплексов на западной окраине Сибирского палеоконтинента // Геология и геофизика, 1996б, т. 37 (8), с. 154—165.

Фролов Н.М. Основы гидрогеологической стратификации // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1981, № 11, с. 9—21.

Шарапов В.Н., Перепечко Ю.В., Перепечко Л.Н., Рахменкулова И.Ф. Природа мантийных источников пермотриасовых траппов Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (7), с. 652—665.

Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2007, 466 с.

*Рекомендована к печати 29 апреля 2009 г.
В.А. Каширцевым*

*Поступила в редакцию 5 сентября 2008 г.,
после доработки — 31 марта 2009 г.*