

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

Ю.К. Иванов, О.Г. Бешенцева, А.И. Ковальчук

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ НИЖНЕГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЭТАЖА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Целью данного обобщения является краткая характеристика гидрогеологических условий нефтегазоносной части Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа. В основу гидрогеологической стратификации было заложено рассмотрение гидрогеологических условий мегабассейна, приведенное в томе XVI «Гидрогеология СССР (Западно-Сибирская равнина)» под редакцией В.А. Нуднера [Нуднер, 1970].

Данная стратификация была расширена и дополнена нами по результатам работ последних лет, с привлечением дополнительных данных, в частности по нижнему гидрогеологическому этажу. Наряду с цитируемой опубликованной литературой, в процессе работ использованы многочисленные фондовые отчетные материалы, из которых следует отметить обобщающие работы Б.П. Ставицкого, Г.А. Красиковой, В.М. Матусевича, С.В. Шемраевой, А.В. Соколовой и многих других авторов.

В гидрогеологическом отношении нефтегазоносная территория ЯНАО входит в состав Западно-Сибирского сложного артезианского мегабассейна пластовых напорных и безнапорных вод. В разрезе бассейна (рис. 1) отчетливо выделяются два гидрогеологических этажа: верхний водоносный кайнозойский этаж, в подошве которого залегает мощная толща турон-эоценового возраста (региональный водоупор), и нижний сложно-построенный мезозойский этаж, состоящий из серии водоносных комплексов и горизонтов, разделенных субрегиональными и зональными водоупорами.

Подземные воды верхнего (кайнозойского) этажа в целом соответствуют зоне активного водообмена и характеризуются низкой минерализацией от 50 до 150 мг/дм³ [Иванов, 2000], и лишь в нижней части разреза эоцено-четвертичных отложений минерализация возрастает в северных районах до 1000–3000 мг/дм³ [Иванов, 2000].

Подземные воды нижнего (мезозойского) этажа находятся в обстановке затрудненного и весьма затрудненного водообмена. Воды преимущественно соленые, хлоридно-натриевые, с минерализацией 5–50 и более г/дм³ с повышенными содержаниями йода, брома, бора [Ковальчук, 1980]. Газнасыщенность, при доминирующей роли метана, высокая. Воды термальные, до 120°C [Ковальчук, 2000].

В составе нижнего гидрогеологического этажа нами выделяются следующие гидрогеологические подразделения:

- водоупорный верхнемеловой – эоценовый комплекс (K_2-P_2);
- водоносный нижнемеловой и верхнемеловой (апт-альб-сеноманский) комплекс ($K_1a-al-K_2c$);
- водоупорный нижнемеловой и частично верхнемеловой комплекс ($K_1h-al-K_2c$);
- водоносный нижнемеловой (неокомский) комплекс (K_1b-br);
- водоупорный верхнеюрский и нижнемеловой региональный комплекс (J_3k-v-K_1b-v);
- ниже – среднеюрский водоносный комплекс (J_1-J_2).

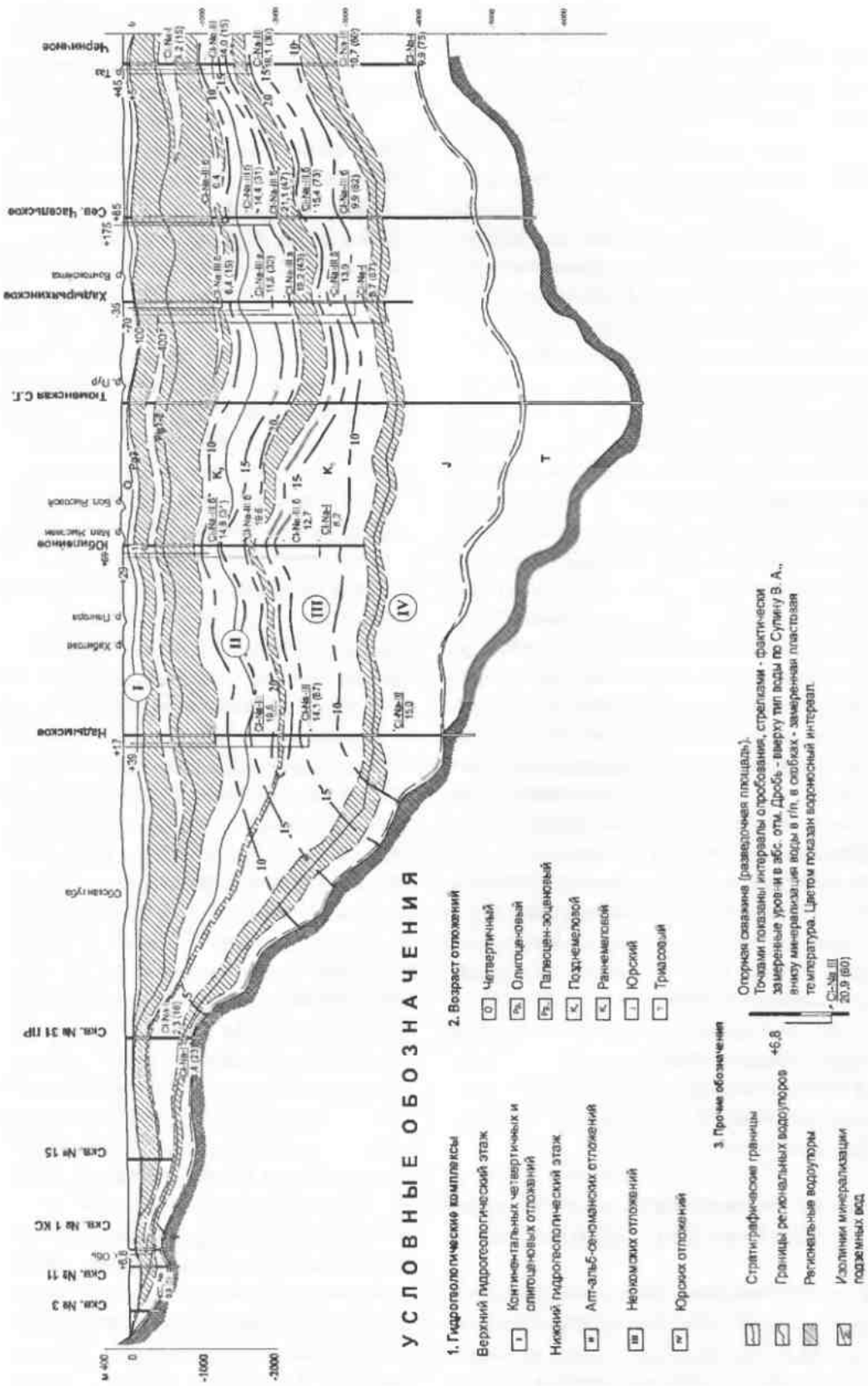


Рис. 1. Схематический гидрогеологический разрез Западно-Сибирского артезианского бассейна по линии Салехард-Надым-Часельска.

Водоупорный верхнемеловой-эоценовый комплекс

Как уже отмечалось, в кровле нижнего гидрогеологического этажа залегает мощная толща водоупорных верхнемеловых (турон-датских) отложений кузнецовской, березовской, ганькинской свит, палеогеновых (эоценовых) осадков талицкой и люлинворской свит. Эта толща представлена морскими глинами, иногда известковистыми, опоковидными или диатомовыми, общая доля которых в разрезе составляет 70–90%. В гидрогеологическом отношении комплекс является региональным водоупором, который надежно изолирует от верхнего этажа и дневной поверхности воды нижнего этажа. Подошва данного комплекса залегает на глубинах от 200–400 м в западной части, до 1000–1400 м в погруженной части бассейна. На Уральском моноклиналином склоне отложения комплекса выходят на дневную поверхность. Общая мощность регионального верхнемелового-эоценового комплекса изменяется от 70 м до 700–800 м в центральных частях бассейна. В краевых частях, особенно на востоке, существенная часть глинистых осадков опесчанивается и в этих случаях экранирующая роль комплекса резко снижается и часть комплекса становится водоносной. Так тавдинский водоупорный горизонт фациально замещается юрковским водоносным горизонтом [$P_2(jur)$], маастрих-палеогеновая часть – березовским-танамским [$K_2m(bg-tn)$] и тибейсалинским [$P_1(tb2)$] водоносными горизонтами; кузнецовские водоупорные отложения замещаются туронским (K_2t) водоносным горизонтом. Водоносность перечисленных выше горизонтов сравнительно невелика. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,1–2,0 л/сек. м, воды слабонапорные с минерализацией 0,7–10 г/дм³. Химический состав по мере увеличения минерализации изменяется от гидрокарбонатно-натриевого до хлоридно-натриевого [Бешенцев, 1999].

Водоносный нижнемеловой и верхнемеловой (апт-альб-сеноманский) комплекс

В литологическом отношении комплекс представлен чередованием глинистых (алевроиты) и песчаных (алевролиты) пород с преобладанием последних. Кровля комплекса вскрывается на глубинах 150–200 м в западной части до 700–1200 м в центральной. Мощность вли-

зи обрамления составляет 200–400 м, увеличиваясь в центре до 1000, а к северу – до 1700–1800 м. Коллекторские свойства комплекса довольно высокие. Эффективная пористость изменяется от 16–19 до 25–28%, проницаемость от 100 до 2000 мД. Значения коэффициента фильтрации, по единичным данным, изменяются в пределах 0,23–0,78 м/сут. Воды повсеместно напорные, почти по всем скважинам, вскрывшим комплекс, наблюдается самоизлив, избыточное давление на устье составляет 0,1–0,7 МПа. На отдельных площадях отмечаются аномально высокие пластовые давления (АВПД), достигающие 500–600 атм. Удельные дебиты при понижениях 20–70 м в среднем составляют 0,003–0,8 л/сек.м. Производительность скважин уменьшается от периферии к центру бассейна от 200–2800 до 86 м³/сут.

Характер изменения пьезометрической поверхности подземных вод имеет тенденцию к понижениям в долинах крупных рек (Обь, Таз) и далее на север. В районе Сибирских увалов пьезометрические уровни достигают 80 м, а к северу наблюдается их большая изменчивость. В пределах Надымской депрессии они понижаются к долине р. Оби (в нижнем её течении) и Обской губе. На территории Надым-Тазовского междуречья пьезометрические уровни изменяются от 60–70 м в южной части Пуровского района (Северо-Комсомольское, Губкинское, Вынгайхское, Етыпуровское месторождения) до 30–50 м к северу (Медвежье, Уренгойское, Заполярное месторождения). На побережье Обской и Тазовской губ пьезометрические уровни падают до нуля. Гидравлический уклон здесь достигает 0,001 [6]. На Гыданском полуострове отмечаются их отрицательные значения (–10+–30 м). На полуострове Ямал абсолютные отметки пьезометрической поверхности понижаются с 30–40 м до 1–5 м выше уровня моря на побережье Обской губы. На севере округа напорные неизливающиеся воды апт-альб-сеноманского комплекса характеризуются понижением статического уровня до глубины 40–100 м.

По химическому составу в данном комплексе преобладают воды хлоридно-натриевого состава. В северных районах на полуострове Ямал и в периферийных западных и восточных частях комплекса прослеживаются воды с минерализацией 2–4 г/дм³. По мере продвижения к центру, минерализация возрастает до 10–20 г/дм³. Воды с пониженной минерализацией преимущественно

гидрокарбонатно-натриевого состава (I тип по В.А. Сулину). Содержание гидрокарбонатов в таких водах превышает 0,6–1,5 г/дм³ при отношении Na/Cl = 1–1,5. Наиболее погруженная часть прогиба характеризуется преобладанием хлоридно-натриевых вод с минерализацией растворов 15–20 г/дм³ (III тип, хлоркальциевый по В.А. Сулину). Содержание гидрокарбонатов в них не превышает 0,2–0,7 г/дм³. Содержание кальция достигает 0,3–0,5 г/дм³. Отношение Na/Cl = 0,8–0,98. Воды обогащены бромом и йодом концентрации которых составляют 20–50 и 5–15 мг/дм³ соответственно. Состав газа в краевых частях комплекса метаново-азотный и азотно-метановый, в центральных районах преобладает метановый состав (80–97% метана, 1,5–2% азота и 0,2–0,5% углекислого газа). Температура пластовых вод в кровле пласта составляет 35–40°C, в подошве – до 65°C.

Водоупорный нижнемеловой и частично верхнемеловой комплекс

Комплекс представлен преимущественно глинистыми породами готерив-альб-сеноманского возраста. Кровля водоупора залегает на глубинах 600–800 м по обрамлению бассейна и до 1600–2000 м в центре. Мощность водоупора составляет 300–400 м в центральных частях, с опесчаниванием на западе и, соответственно уменьшением мощности до 30–50 м. Комплекс играет важную роль в разделении апт-альб-сеноманского газосодержащего и неокомского нефте-конденсатсодержащего водоносных комплексов. Комплекс является проницаемым для газообразных углеводородов.

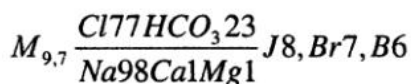
Водоносный нижнемеловой (неокомский) комплекс

В качестве единого водоносного комплекса выделяется севернее Сибирских увалов. Особенно отчетливо он обособляется в центральной части ЯНАО, где он отделен от вышележащего апт-альб-сеноманского комплекса 400-метровой тощей водоупорных отложений. Западнее Обской губы, где происходит опесчанивание водоупорного ниже-верхнемелового комплекса некоторыми авторами он объединяется в единый с апт-альб-сеноманским комплекс (Надымское месторождение). В состав комплекса входят отложения берриас-валанжин-барремского возраста. Мощность толщи комплекса составля-

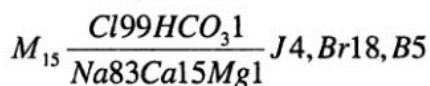
ет 1500–2000 м, сложена она разнофациальными отложениями и представляет собой сложнопостроенную водонапорную систему. В восточной части комплекса отмечается опесчанивание пород. Комплекс содержит высоконапорные неизливающие воды, пьезометрическая поверхность которых отбивается на глубинах от 10 до 120 метров от поверхности рельефа. Величина притоков по скважинам изменяется в пределах от единицы до первых десятков кубических метров в сутки, а в отдельных случаях достигает величины в 500 м³/сут при динамических уровнях от первых сотен до тысячи метров.

По гидрохимическому облику воды комплекса представляют относительно единую зону, хотя по конкретным разведочным площадям величина минерализации изменяется от 5 до 11, реже до 15 г/дм³. Природу наблюдаемой дисперсии значений, связанную с естественными и техногенными факторами, установить сложно и объективно расшифровать на данном этапе исследований не представляется возможным [Ковальчук, 2000]. По химическому составу воды хлоридно-натриевые. В равной мере распространены воды гидрокарбонатно-натриевого и хлоридно-кальциевого (по В.А. Сулину) типа. Встречаемость вод гидрокарбонатно-натриевого типа увеличивается к северу округа, а также с глубиной. Воды хлор-кальциевого типа имеют повышенную минерализацию (до 15 г/дм³) по отношению к водам гидрокарбонатно-натриевого типа (до 10 г/дм³).

Стандартный состав вод гидрокарбонатно-натриевого типа имеет следующий вид:



Для хлор-кальциевого типа формула Курлова имеет следующий вид:



Воды насыщены метановыми газами обычно с повышенными (до 10%) содержаниями тяжелых углеводородов и изменяется от 0,1 до 3,5–5 л/л.

Водоупорный верхнеюрский и нижнемеловой региональный комплекс

Неокомский водоносный комплекс повсеместно отделен от нижележащих водоносных отложений глинистыми водонепроницаемыми

породами келловей-волжского и берриас-валанжинского возрастов общей мощностью до 700 м. Кровля комплекса залегает в интервале глубин 800–3200 м. Комплекс сложен серией свит и в пределах округа имеет повсеместное распространение. Он представлен преимущественно серыми, темно серыми аргиллитоподобными морскими глинами. В центральной части в его составе выделяются битуминозные глинисто-сапропеливо-кремнистые породы баженовской свиты. В северных и северо-восточных частях комплекса в его верхней части появляется ряд песчано-алевритовых пластов, из которых наибольшее распространение имеет ачимовская пачка, рассматриваемая как водоносный горизонт мощностью 40–60 м и гидростратиграфически отнесенная нами к неокомскому водоносному комплексу. Притоки воды в данном горизонте невелики и составляют 5–40 м/сут при понижении уровня до 1000–1300 м. Воды по составу гидрокарбонатно-натриевые, содержащие йод, бром, бор и имеющие минерализацию до 10 г/дм³. Содержания гидрокарбонатов достигают 3 г/дм³.

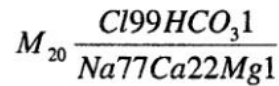
Нижне-среднеюрский водоносный комплекс

Кровля комплекса залегает в интервале глубин 800–4000 метров. Комплекс имеет очень сложное строение, как по фациальному составу, так и по соотношению водопроницаемых и водоупорных пород.

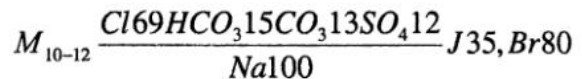
Ионно-солевой состав вод юрского комплекса довольно пестрый. На площади, примыкающей к западному обрамлению, вскрываются солоноватые воды гидрокарбонатно-хлоридного и хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава. Здесь в качестве примера можно привести воды, вскрытые на глубине 386–400 м в г. Салехарде в 1990 г. Дебит скважины составил 3 л/с. Большую часть погруженной зоны бассейна занимают воды хлоридного-натриевого состава с минерализацией 12–20 г/дм³, с повышенным содержанием гидрокарбонат-иона. Среди них встречаются воды еще более низкой минерализации (7–12 г/дм³). Характерной особенностью юрского гидрогеологического комплекса является наличие рассолов с минерализацией до 60 г/дм³. Локализация рассолов в юрском комплексе тяготеет к линии Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта. По ряду скважин, расположенных на северном продолжении

этой зоны (Восточно-Таркосалинское, Сандибинское и другие месторождения), в юрских отложениях встречены рассолы с минерализацией до 40 г/дм³ и более при фоновой минерализации 15–20 г/дм³ [Иванов, 2000]. Так на Тарасовском, Вынгаяхинском и Вынгапуровском месторождениях минерализация юрских вод составляет соответственно 41,2; 54,4 и 56,5 г/дм³. Результаты испытаний глубоких горизонтов в сверхглубокой скважине СГ-6 показывают, что в интервале 3870–4040 м (васюганская и тюменская свиты), полученный при испытании фильтрат имел гидрокарбонатный натриевый состав и минерализацию 7,3 г/дм³. Поровые растворы песчаников имеют минерализацию 6–10 г/дм³.

Типовой состав вод хлор-кальциевого типа имеет вид:



Для вод гидрокарбонатного типа (в северных районах бассейна):



Содержание йода в гидрокарбонатно-хлоридных водах центральной и западной частей бассейна составляет 16–21 мг/дм³, в рассолах и водах повышенной минерализации – не более 10 мг/дм³, концентрации брома имеют прямую связь с величиной минерализации подземных вод. В водах пониженной минерализации – 30–50 мг/дм³, в рассолах – 105–187 мг/дм³. Газонасыщенность вод увеличивается по мере погружения пород комплекса, в этом же направлении изменяется состав газов – от азотного до метанового.

Другой характерной чертой комплекса являются повышенные температуры. В центральной части в кровле температура составляет 90–100°C, увеличиваясь на глубинах 4–5 км до 120–140°C.

Отложения триаса и палеозоя

Гидрогеология данных отложений изучена крайне недостаточно. По данным СГ-6, в интервале 6174–6300 м (нижний – средний триас) поровые воды песчаников также имеют гидрокарбонатный натриевый состав, но с минерализацией около 1 г/дм³, то есть почти пресные воды. Для водоносных пород палеозоя характерен диапазон минерализации от 4,6 до 47,7 г/дм³ при

среднем значении $17,8 \text{ г/дм}^3$ с содержанием гидрокарбонатов до 2 г/дм^3 .

Некоторые характерные черты гидрогеологии нижнего этажа

В процессе работ были выявлены ряд особенностей, слабо освещенных в ранее проведенных исследованиях.

В первую очередь обращает на себя внимание существенно более низкая минерализация пластовых вод ЯНАО по сравнению с территорией ХМНАО. Естественной границей между ними является широтная зона Сибирских увалов, севернее которой существенно меняется характер площадного распределения общей минерализации. Относительно низкие значения солевой нагрузки свидетельствуют об несколько иных гидрохимических условиях фор-

мирования состава пластовых вод. Из рассмотрения данных следует, что предлагаемая ранее возможность разгрузки глубинных пластовых вод в акваторию Карского моря требует дополнительных обоснований.

На всех глубинных уровнях наряду с типом хлор-кальциевых вод (тип III по В.А. Сулину) широкое распространение получают воды I-го гидрокарбонатно-натриевого типа (рис. 2, 3), характеризующегося высокими содержаниями гидрокарбонатного иона, достигающими $2,0-2,5 \text{ г/дм}^3$.

Воды этого типа – явление редкое в пластовых системах более южных районов Западной Сибири. Приуроченные преимущественно к газовым и газоконденсатным месторождениям воды I-го типа прослеживаются по всей глубине разреза. При этом содержание в них гидрокарбонат-иона возрастает (рис. 4), достигая

Рис. 2. Гистограмма распределения гидрокарбонатов в апт-альб-сеноманском водоносном комплексе.

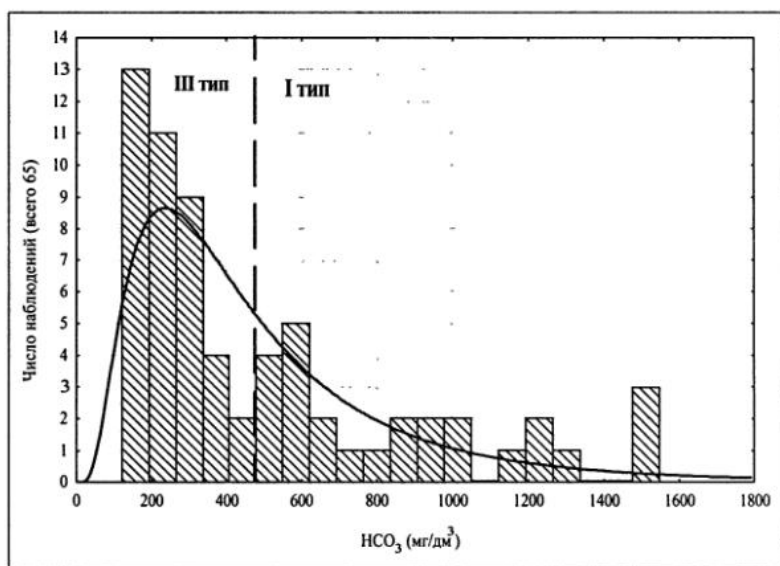
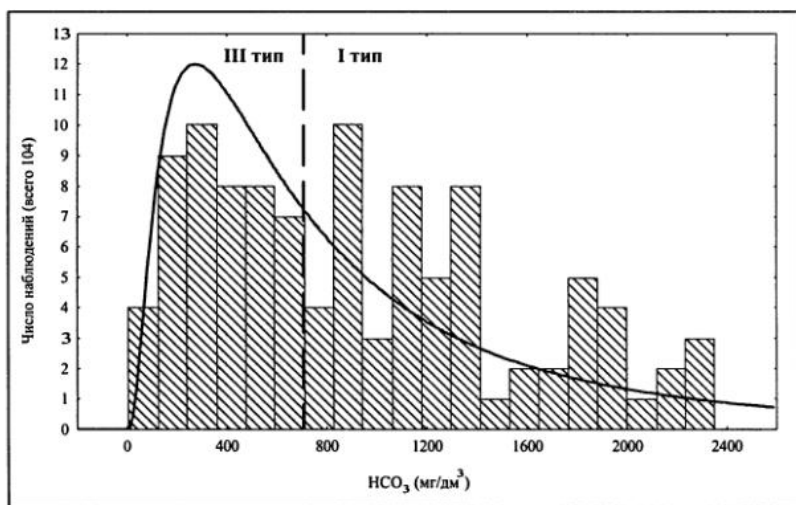


Рис. 3. Гистограмма распределения гидрокарбонатов в неокомском водоносном комплексе.



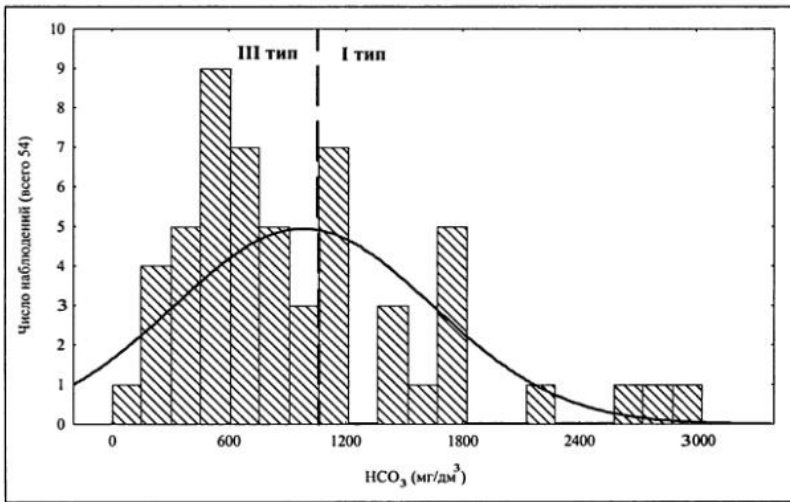


Рис. 4. Гистограмма распределения гидрокарбонатов в юрском водоносном комплексе.

I тип воды – гидрокарбонатно-натриевый, III тип воды – хлоридно-кальциевый.

максимума (до 2,5 г/дм³) в водах триас-юрского водоносного комплекса. Учитывая установленный факт формирования этих вод при поступлении в пласт углекислоты, такое распределение содержаний гидрокарбонат-иона по глубине свидетельствует, что поступление углекислоты происходит из палеозойского субстрата по зонам тектонических нарушений. Именно к этим зонам в альб-апт-сеноманским отложениях приурочены многочисленные газовые месторождения столь характерные для рассматриваемой территории. Приведенные выше особенности объясняются более напряженной складчатой и разрывной тектоникой рассматриваемой территории по сравнению с более южными районами.

Указанные особенности гидрогеологии, а также ряд других, присущих территории ЯНАО, характерных черт требуют дальнейшего рассмотрения и интерпретации.

Список литературы

- Бешенцев В.А., Ковальчук А.И. Геохимические индикаторы бытового загрязнения источников питьевого назначения в условиях Крайнего Севера Западной Сибири // Ежегодник-1998 ИГиГ. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. С. 244–247.
- Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибир-

ская и Томская области) / Под ред. В.А. Нуднер. М.: Недра, 1970. 368 с.

Иванов Ю.К. Основные черты химического состава и пространственная гидрохимическая зональность пресных подземных вод Ямало-Ненецкого автономного округа // Ежегодник-1999 ИГиГ. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 278–285.

Иванов Ю.К., Ковальчук А.И. Захоронение поверхностных сточных вод в глубокие горизонты нефтегазоносных территорий севера Западной Сибири // Ежегодник-2000. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2000. С. 201–208.

Ковальчук А.И., Вдовин Ю.П., Козлов А.В. Формирование химического состава подземных вод Зауралья. М.: Наука, 1980. 184 с.

Ковальчук А.И. Минеральные, термальные и промышленные воды ЯНАО // Ежегодник-1999. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2000. С. 285–288.

Красикова Г.А. и др. Отчет по составлению карты гидрогеологического районирования территории Тюменской области по условиям захоронения промышленных стоков м-ба 1:2500000 в 1989–1991 г.г. ТКГРЭ. Тюмень, 1994.

Матусевич В.М. Краткая история изучения глубоких подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна и эволюция научных представлений // Известия вузов. Нефть и газ. Тюмень, 1999. № 4. С. 24–31.

Ставицкий Б.П., Шемраева С.В. Гидрогеология. Глава в объяснительной записке к Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:1000000 (новая серия). Лист R-43-(45). СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 187 с.