

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)  
Институт наук о Земле  
Кафедра гидрогеологии

**Сайфуллин Аяз Салаватович**

**Гидрогеологические условия освоения Кепкинского  
нефтяного месторождения (республика Башкортостан).**

Выпускная квалификационная работа магистра  
по направлению 020300 «Геология»

Научный руководитель:  
к.г.-м.н., доцент. А.А. Потапов

Заведующий кафедрой:  
к.г.-м.н., доцент. П.К. Коносавский

С-Петербург, 2017

## Оглавление

Введение .....	3
Физико-географический отчерк.....	4
Геологическое строение месторождения.....	6
Общая гидрогеологическая характеристика района месторождения .....	19
Характеристика фильтрационных свойств горных пород .....	22
Характеристика химического состава пластовых вод.....	26
Химический состав поверхностных и приповерхностных подземных вод.....	35
Заключение .....	47
Список литературы .....	48

## Введение

Магистерская диссертация посвящена изучению гидрогеологических условий Кепкинского нефтяного месторождения, расположенного в Бижбулякском районе Республики Башкортостан Российской Федерации. Недропользователем является ОАО АНК «Башнефть».

Работа выполнена по материалам разведочных работ, проведенных для разработки Технологического проекта разработки месторождения, а также с использованием гидрогеологических данных, накопленных за весь период эксплуатации месторождения с 50-х годов XX-го века.

Специальных гидрогеологических исследований на месторождении не проводилось. Водоносные горизонты на территории месторождения изучались по материалам геологических съемок и в процессе опробования скважин на приток пластового флюида.

Цель работы – изучение гидрогеологических условий освоения Кепкинского нефтяного месторождения.

Задачи исследования:

- Характеристика фильтрационных свойств горных пород.
- Анализ результатов гидрогеохимического опробования пластовых вод с вывлечением их генезиса.
- Анализ результатов гидрогеохимического опробования поверхностных и приповерхностных подземных вод с оценкой их геоэкологического состояния.
- Оценка совместимости приповерхностных и поверхностных подземных вод с пластовыми водами продуктивных нефтяных пачек.

## Глава 1. Физико-географический очерк.

Кепкинское нефтяное месторождение расположено на юго-западе республики Башкортостан, на территории Бижбулякского и Ермекеевского районов.

Основным населенным пунктом в районе месторождения является г. Белебей, расположенный в 35 км на северо-восток. В северо-западной части проходит электрифицированная железнодорожная магистраль Уфа-Самара, ближайшими железно-дорожными станциями являются Аксаково и Приютово. Вышеназванные населенные пункты связывает и асфальтированная дорога. Обзорная карта района Кепкинского нефтяного месторождения представлена на рисунке 1.

В орографическом отношении Кепкинская площадь расположена на Белебеевской возвышенности, являющейся крупным водоразделом, распределяющим сток поверхностных вод Икского и Демского бассейнов. Рельеф местности представляет приподнятую равнину, изрезанную небольшими реками и ручьями. Вершины оврагов и большая часть пойменных пространств покрыты лесом, однако крупные лесные массивы отсутствуют. Основной водной артерией является р. Ик, протекающая по западной части площади с севера на юг. Средние абсолютные отметки рельефа 250 м, колебания отметок составляют около 200 м.

Район Кепкинского месторождения характеризуется сложным геологическим строением, обусловленным наличием разломов кристаллического фундамента, приподнятых зон различного простирания, искажающего влияния кунгурских солей, широкого развития явлений палеокарста, а также шельфовых биогермов верхнего девона.

Климат района резко континентальный. В год выпадает 300—600 мм осадков, наблюдается достаточно резкая дифференциация осадков по территории республики, и их количество при этом зависит в первую очередь от характера атмосферной циркуляции. На западных склонах Уральских гор годовая сумма осадков достигает 640—700 мм, на восточных склонах не превышает 300—500 мм, в западной равнинной части Башкортостана — 400—500 мм. 60-70 % осадков выпадает в тёплое время года (с апреля по октябрь). На летние месяцы приходится максимум суточного количества осадков (78-86 мм).

Среднегодовая температура по РБ  $+0,3^{\circ}$  в горах и на равнине  $+2,8^{\circ}$ . Средняя температура января  $-18^{\circ}$ , июля  $+18^{\circ}$ .

На рисунке 1.1 представлена физическая карта республики Башкирии.

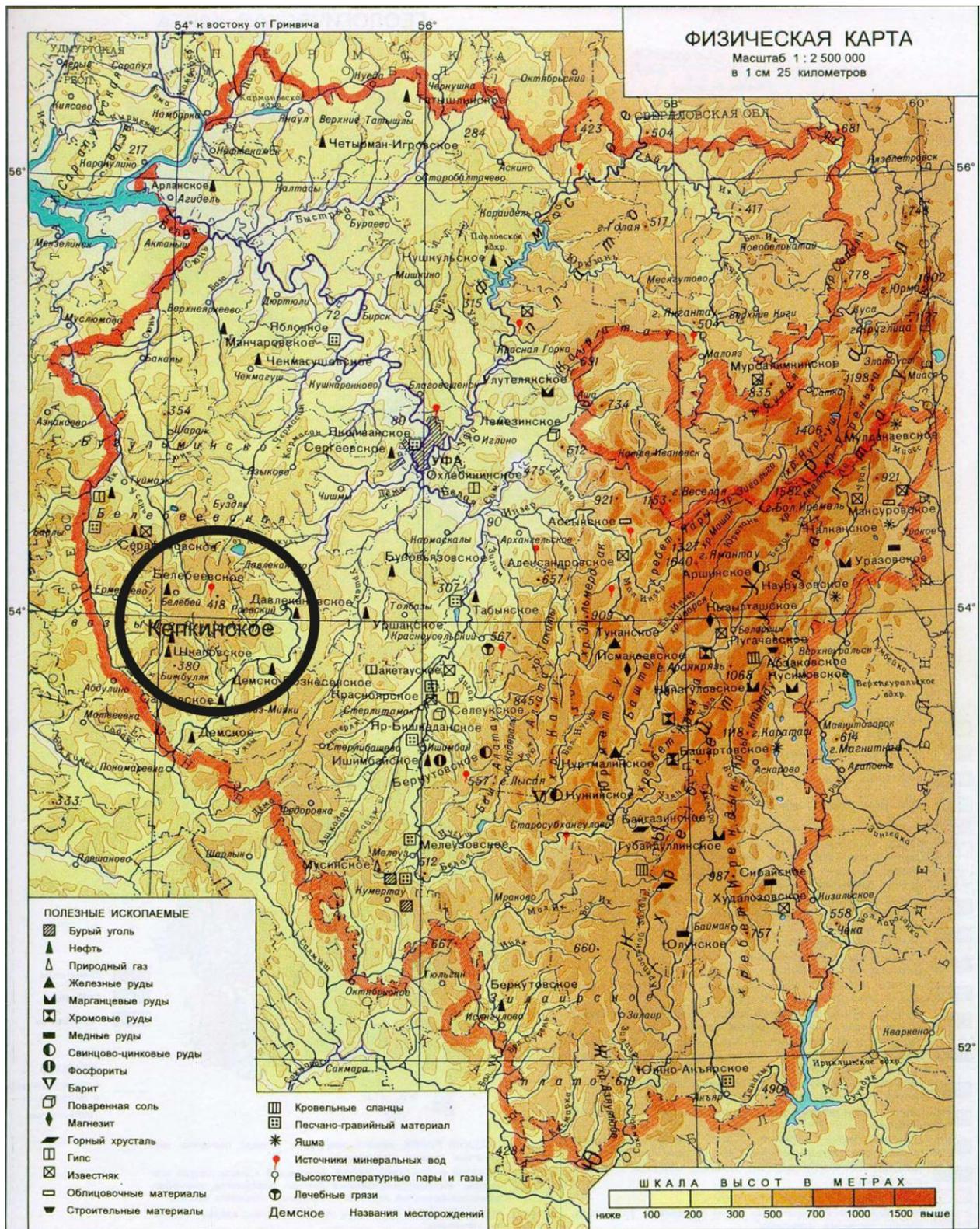


Рис. 1.1. Физическая карта республики Башкирии. Черным кружочком обведен участок Кепкинского нефтяного месторождения.

## Глава 2. Геологическое строение месторождения.

### 2.1. Стратиграфия

Геологический разрез Кепкинского месторождения представлен на геологической колонке – рисунок 2.1. За основу стратиграфической разбивки разреза принята обобщенная схема расчленения геологического разреза Башкирии 1998 г.

Четвертичная система Q. Четвертичные отложения развиты повсеместно и залегают на размытой поверхности верхнепермских осадков. Представлены они делювиальными образованиями на водоразделах и аллювиальными – по долинам рек: суглинки, глины, пески и галечники бурого и желтовато-бурого цвета. Толщина 2-20 м.

Пермская система P представлена верхним и нижним отделам.

Верхнепермский отдел P2 сложен породами татарского, казанского и уфимского ярусов.

Татарский ярус P2<sub>t</sub>. Отложения татарского яруса приурочены к водораздельным пространствам и не имеют повсеместного распространения. Представлены они песчаниками коричневатого-красными, коричневыми, красно-бурыми, розовато-коричневыми, мелко- и среднезернистыми. Встречаются прослои глин, известняков, мергелей и алевролитов. Глины коричневатого-красные, коричневые с розовым оттенком, крепкие, известковистые, прослоями слоистые. Известняки зеленовато-серые, реже темно- и светло-серые, пелитоморфные, скрытокристаллические, участками окремнелые, прослоями глинистые. Алевролиты коричневые, коричневатого-серые, редко кавернозные, с тонкими прослоями мергелей коричневатого-серых. Толщина яруса от 0 до 46 м.

Пермская система P представлена верхним и нижним отделам.

Верхнепермский отдел P2 сложен породами татарского, казанского и уфимского ярусов.

Татарский ярус P2<sub>t</sub>. Отложения татарского яруса приурочены к водораздельным пространствам и не имеют повсеместного распространения. Представлены они песчаниками коричневатого-красными, коричневыми, красно-бурыми, розовато-коричневыми, мелко- и среднезернистыми. Встречаются прослои глин, известняков, мергелей и алевролитов. Глины коричневатого-красные, коричневые с розовым оттенком, крепкие, известковистые, прослоями слоистые. Известняки зеленовато-серые, реже темно- и светло-серые, пелитоморфные, скрытокристаллические, участками окремнелые, прослоями глинистые. Алевролиты коричневые, коричневатого-серые, редко кавернозные, с тонкими прослоями мергелей коричневатого-серых. Толщина яруса от 0 до 46 м.



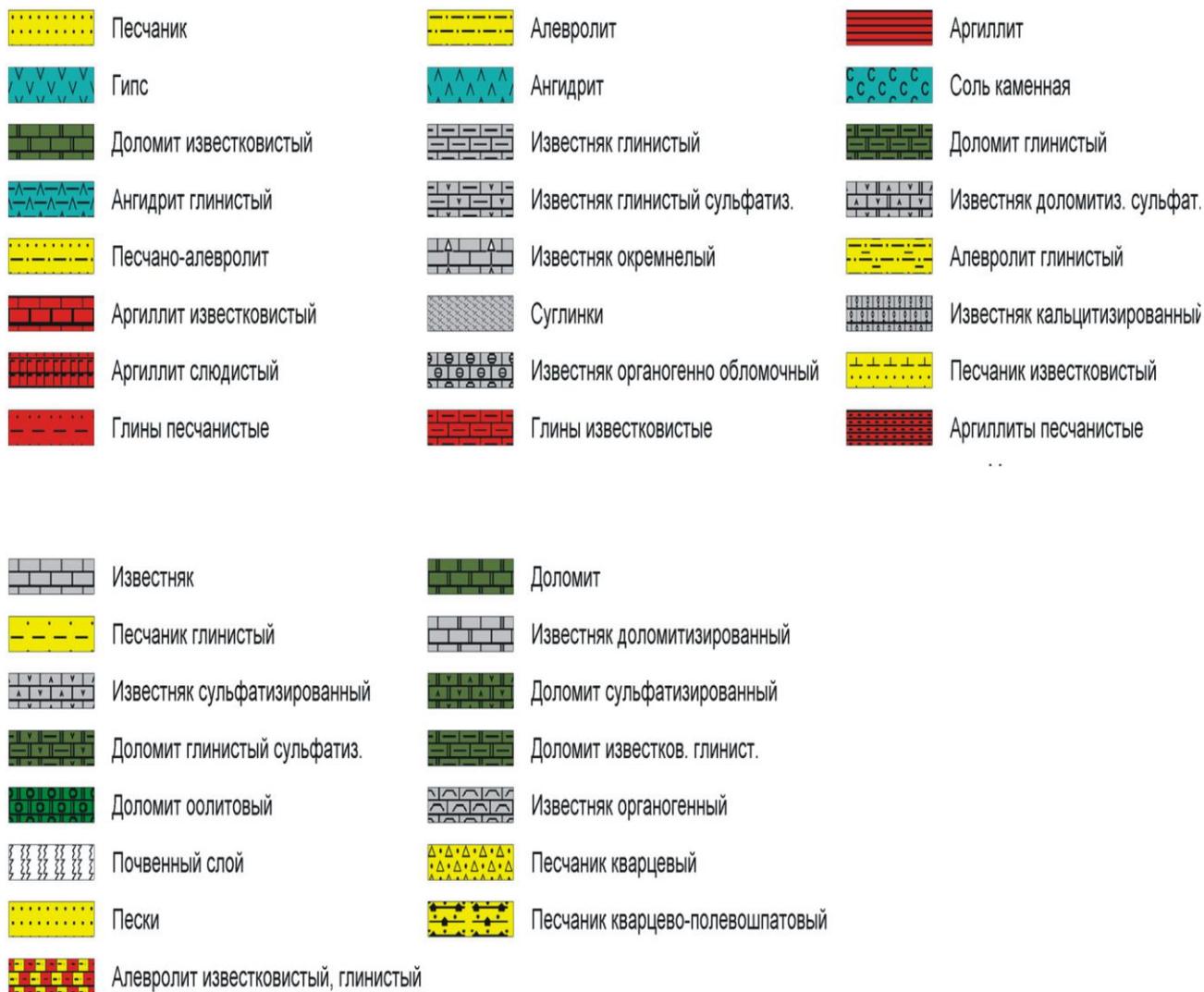


Рис. 2.1.б. Условные обозначения к Геологической колонке

Казанский ярус P2\_kz. По руководящей фауне и литолого-петрографическому составу казанский ярус подразделяется на два подъяруса: верхний – конхиферовый и нижний – спириферовый.

Конхиферовый подъярус P2\_kz2 по своему литологическому составу делится на три свиты.

Свита «Д» – песчаники красно-коричневые, разномерные, сцементированные известково-глинистым материалом, с прослоями глины, известняков, мергелей. Глины коричневые, алевролитистые, неравномерно известковистые и песчаные. Известняки серые, светло-серые, коричневатые-серые, пелитоморфные и скрытокристаллические, трещиноватые, прослоями глинистые, редко кавернозные. Толщина свиты от 11 до 21 м.

Свита «В+С» представлена известняками беловато-серыми, темно-серыми, скрытокристаллическими и пелитоморфными, крепкими, редко кавернозными, прослоями трещиноватыми, глинистыми, с редкими включениями гипса. Наблюдаются тонкие прослои мергелей темно-серых, песчаников и глин. Песчаники серые, зеленовато-серые, мелко- и среднезернистые, сцементированные известково-глинистым материалом. Глины темно-серые, известковистые, прослоями слоистые, трещиноватые. Толщина свиты от 15 до 64 м.

Свита «А» представлена известняками серыми, темно-серыми, скрытокристаллическими, неравномерно сульфатизированными и глинистыми, местами трещиноватыми. Толщина свиты от 16 до 34 м.

Толщина конхиферового подъяруса от 69 до 125 м.

Отложения спириферового подъяруса P2\_kz1 имеют в пределах площади повсеместное распространение. Песчаники серые, зеленовато-серые, кварцевые, плотные, крепкие, мелко- и среднезернистые. Встречаются линзовидные прослои конгломератов, состоящих из пестроокрашенных окатанных обломков кремней. Глины темно-серые, серые, зеленовато-серые песчаные, известковистые, прослоями мергелистые, оскольчатые, с редкими прослоями песчаников, известняков, мергелей. Мергели серые, темно-серые, плотные, крепкие, слабослоистые, слюдяные, с фауной брахиопод, с отпечатками растений. Толщина спириферового подъяруса от 50 до 74 м.

Толщина казанского яруса от 113 до 215 м.

Уфимский ярус P2\_u подразделяется на соликамский и шешминский горизонты, которые ввиду близкого литологического состава и отсутствия надежных каротажных реперов рассматриваются совместно. Сложен ярус аргиллитами, алевролитами, песчаниками, с подчиненными прослоями доломитизированных известняков и доломитов. Песчаники красно-коричневые с зеленоватым и фиолетовым оттенками, полимиктовые, разномерные, пористые, часто глинистые, в нижней части разреза сульфатизированные. Аргиллиты

красноокрашенные с фиолетовым оттенком, известковистые, неравномерно-песчанистые, прослоями сильно сульфатизированные гипсом. Алевриты красно-коричневые, известковистые, крепкие, трещиноватые, в различной степени загипсованные. Доломиты и известняки серые, коричневато-серые, очень крепкие, с линзами песчаников, глин. Толщина яруса от 115 до 155 м.

Нижнепермский отдел P1 сложен породами кунгурского, артинского и ассельского+сакмарского ярусов.

Кунгурский ярус P1\_k по литологическому признаку и электрокаротажной характеристике условно подразделяется на два горизонта: иреньский и филипповский.

Иреньский горизонт в свою очередь подразделяется на три толщи: гипсо-ангидритовую, соленосную и подсоленосную.

Гипсо-ангидритовая толща P1ir\_ga сложена ангидритами серыми, белыми, голубовато-серыми, кристаллическими, доломитами темно-серыми, серыми, реже беловато-серыми, слабо сульфатизированными, прослоями глинистыми, гипсами серыми, светлосерыми, иногда белыми, кристаллическими, плотными, трещиноватыми. Толщина гипсо-ангидритовой пачки от 16 до 42 м.

Соленосная толща P1ir\_sn представлена каменными солями с прослоями ангидритов и доломитов. Каменные соли белые, серовато-белые, бесцветные, полупрозрачные, кристаллические, прослоями загрязнены глиной темно-серой и доломитом серым. Толщины солей изменяются от 0 до 127 м, количество прослоев от одного до трех (скв. 62ШКА). Ангидриты серые, голубовато-серые, участками голубые, кристаллические, средней крепости, мелко- и крупнокавернозные, с включениями каменных солей, прослоями трещиноватые. Доломиты серые, пелитоморфные неравномерно глинистые, слабо сульфатизированные, с тонкими прослоями аргиллитов темно-серых, слоистых. Толщина соленосной пачки изменяется от 76 до 134 м.

Подсоленосная толща P1ir\_psn представлена переслаиванием ангидритов и доломитов. Ангидриты голубые, голубовато-серые, реже серые, кристаллические, плотные, крепкие, неравномерно трещиноватые. Доломиты серые, темно-серые, желтовато-серые, крепкие, неравномерно-глинистые, местами сульфатизированные. Толщина пачки от 30 до 55 м.

Толщина иреньского горизонта от 182 до 202 м.

Филипповский горизонт P1fl по литологическим признакам и данным промыслово-геофизических исследований подразделяется на две толщи: глинистых ангидритов и доломитов и толщу оолитовых доломитов.

Толща глинистых ангидритов и доломитов (доломитовая толща) представлена

чередованием ангидритов и доломитов. Ангидриты серые, голубовато-серые, кристаллические, глинистые, трещиноватые, по трещинам отмечается темно-серый глинистый материал, реже доломит. Доломиты серые, темно-серые, неравномерно плотные и сульфатизированные, крепкие, прослоями глинистые, трещиноватые.

Толщина глинистых ангидритов и доломитов от 34 до 51 м.

В толще оолитовых доломитов, представленной переслаиванием доломитов и ангидритов, выделяются четыре пачки: "а4", "а3", "а2", "а1" (сверху вниз).

Пачка "а4" (верхняя пачка оолитовых доломитов) представлена доломитами серыми, темно-серыми, прослоями оолитовыми, плотными, неравномерно глинистыми и сульфатизированными, с прослоями и включениями в средней части ангидрита голубовато-серого и голубого. Толщина пачки изменяется от 10 до 12 м.

Пачка "а3" (ангидритовая) сложена ангидритами голубыми и голубовато-серыми, крепкими, кристаллическими, участками трещиноватыми, с прослойками и включениями доломитов серых и темно-серых, неравномерно-глинистых, сильно сульфатизированных. Толщина пачки от 7 до 11 м.

Пачка "а2" (нижняя пачка оолитовых доломитов) представлена доломитами серыми, участками оолитовыми и псевдооолитовыми, часто кристаллическими, участками глинистыми, неравномерно сульфатизированными, местами трещиноватыми, участками пористо-кавернозными. К пористым разностям приурочены нефтепроявления.

Кровля оолитовых доломитов под названием репера "К4" является одним из главных маркирующих горизонтов нижнепермских отложений при структурном картировании.

Толщина пачки от 5 до 10 м.

Пачка "а1" (чередующихся ангидритов и доломитов) представлена переслаиванием ангидритов и доломитов. Ангидриты серые и голубовато-серые, плотные, крепкие, кристаллические, участками трещиноватые (по трещинам – гипс, доломит, темно-серое глинистое вещество). Доломиты серые, плотные, местами глинистые, неравномерно сульфатизированные, участками пористые и трещиноватые. Данная пачка является надежной экранирующей крышкой для скопления углеводородов в кровельной части артинского яруса. Толщина её изменяется в широких пределах от 10 до 22 м.

Толщина оолитовых доломитов изменяется от 40 до 47 м.

Толщина филипповского горизонта изменяется от 77 до 84 м.

Отложения кунгурского яруса залегают на артинских отложениях с размывом. Толщина кунгурского яруса 253-292 м.

Артинский ярус Р1<sub>аг</sub> сложен преимущественно известняками и доломитами, с прослоями ангидритов в нижней части яруса. Известняки и доломиты серые, светло-серые,

буровато-серые, прослоями темновато-серые, неравномерно сульфатизированные, плотные, крепкие, участками тонкопористые и пористо-кавернозно-трещиноватые, прослоями неравномерно глинистые, с включениями пирита и ангидрита. Ангидриты голубые и голубовато-серые, массивные, кристаллические, плотные, крепкие, прослоями трещиноватые, с содержанием по трещинам темно-серого, зеленовато-серого глинистого вещества, с включениями серого доломита. В скв. 1153 из отложений артинского яруса получены промышленные притоки нефти (пачка Рарт). Толщина от 17 до 48 м.

Ассельский+сакмарский яруса P1\_a+s. На преобладающей части Южно-Татарского свода, ввиду идентичности литолого-петрографической характеристики и отсутствия кернового материала с фаунистическими определениями, уверенно расчленить ассельский и сакмарский ярусы не удастся.

Отложения ярусов представлены известняками и доломитами. Известняки и доломиты серые, светло-серые, буровато- и коричневатого-серые, реже темно-серые, пелитоморфные, мелкокристаллические и органогенно-обломочные, неравномерно сульфатизированные, плотные, крепкие, участками пористо-кавернозные, тонко-трещиноватые, прослоями глинистые, участками окремненные с включениями гипса и ангидрита. Кровля сакмарского яруса проводится по подошве карбонатно-сульфатной пачки.

На глубине 10-15 м от кровли сакмарского яруса прослеживается пласт с повышенными значениями ГК (гамма-репер), который используется в качестве маркирующего горизонта при построении карт и подготовки структур под глубокое бурение. Толщина от 100 до 200 м.

Каменноугольная система С представлена верхним, средним и нижним отделами.

Верхнекаменноугольный отдел С3 представлен известняками светло-серыми, тонко- и мелкокристаллическими, прослоями пористыми, сульфатизированными, с редкими прослоями доломитов серых, кристаллических, с редкими включениями гипсов и ангидритов. Толщина от 113 до 187 м.

Среднекаменноугольный отдел С2 представлен московским и башкирским ярусами.

Московский ярус С2\_m. Верхний подъярус С2\_m2. Мячковский горизонт С2mc. Известняки серые и темно-серые, органогенные, органогенно-детритусовые, прослоями пелитоморфные, участками глинистые, доломитизированные, окремненные, сульфатизированные, с подчиненными прослоями доломитов и доломитизированных известняков, приуроченных, в основном, к нижней части разреза. Толщина от 86 до 110 м.

Подольский горизонт С2pd представлен переслаиванием известняков коричневатого-серых, пелитоморфных, органогенно-шламовых, неравномерно глинистых и доломитов серых, кристаллических, сульфатизированных, местами кавернозно-пористых, с

прослойками зеленовато-серых аргиллитов. Толщина от 52 до 70 м.

Нижнемосковский подъярус C2\_m1. Каширский горизонт C2ks Сложен известняками с подчиненными прослоями доломитов. Известняки светло-серые, органогенно-обломочные, перекристаллизованные, пористые, сульфатизированные, прослоями пелитоморфные, глинистые. Доломиты светло-серые, серые, крупно-кристаллические, сульфатизированные. Толщина горизонта от 72 до 80 м

Верейский горизонт C2vg сложен известняками и доломитами с прослоями аргиллитов. Аргиллиты развиты преимущественно в верхней части горизонта. Известняки и доломиты серые, зеленовато-серые, органогенно-обломочные, перекристаллизованные и тонкокристаллические, глинистые, участками пористые с нефтепроявлениями в виде окраски пород в коричневый цвет и неравномерной пропитки нефтью. Аргиллиты зеленовато-серые, темно-серые, слоистые, с пропластками алевролита. Толщина 29-40 м.

Башкирский ярус C2\_b. Известняки светло-серые, почти белые, кристаллические и пелитоморфные, прослоями органогенные, пористые с нефтепроявлениями в виде неравномерной пропитки нефтью, в нижней части разреза окремнелые, с пропластками зеленовато-серых, тонкослоистых аргиллитов. Толщина от 32 до 44 м.

Нижнекаменноугольный отдел C1 включает в себя серпуховский, визейский и турнейский ярусы.

Серпуховский ярус C1\_s. Верхняя часть яруса сложена светлыми крупно-кристаллическими, мелкокавернозными, «сахаровидными» доломитами серыми, темно-серыми, кристаллическими, пористыми и мелкокавернозными, с редкими прослоями известняков и известняков доломитизированных. Толщина яруса от 133 до 202 м.

Визейский ярус C1\_v представлен верхним и нижним подъярусами.

Верхневизейский подъярус C1\_v2 включает окский надгоризонт C1ok, сложенный породами алексинского+михайловского+веневского горизонтов и тульского горизонтов.

Алексинский+михайловский+веневский горизонты C1al+mh+vn сложены известняками и доломитами с редкими прослойками аргиллитов. Известняки серые, серые с буроватым оттенком, доломитизированные, мелкокристаллические, крепкие, окремнелые, мелкокавернозные, сульфатизированные, с примазками темно-серой глины. Доломиты серые, буровато-серые, мелкокристаллические, крепкие, прослоями мелкозернистые, кавернозные, трещиноватые, окремнелые, сульфатизированные. Толщина от 120 до 169 м.

Тульский горизонт C1tl слагают известняки темно-серые, почти черные, тонкокристаллические, прослоями органогенно-детритусовые, местами глинистые, слабо пропитанные нефтью, с пропластками мергеля и черных аргиллитов. Толщина 30-35 м.

Нижневизейский подъярус C1\_v1. Кожимский надгоризонт C1kzh.

Бобриковский+Радаевский горизонт C1bb+C1rd сложен аргиллитами с подчиненными прослоями алевролитов и песчаников. Аргиллиты черные и темно-серые, плитчато-слоистые, углистые, с многочисленными растительными остатками, с включениями пирита, местами окремнелые, с линзами черного кремня. Алевролиты серые, темно-серые, неравномерно глинистые и пиритизированные. Песчаники серые, светло-серые, коричневато-серые и темно-бурые, мелкозернистые, кварцевые, пиритизированные, слабосцементированные, плотные, прослоями пористые, нефтенасыщенные (пласт CVI). Суммарная толщина пласта CVI от 0 до 25 м (скв. 830ШКА). В пределах Кепкинского месторождения выделяются две зоны увеличенных толщин песчаников. Первая прослеживается с северо-запада на юго-восток через сводовую часть Кепкинской структуры. Вторая зона также имеет направленность с северо-запада на юго-восток на запад от первой.

В западной, северной и юго-восточной частях Кепкинского месторождения песчаники полностью замещаются глинисто-алевролитовыми породами. Толщина горизонта колеблется от 8 до 30 м, в зависимости от увеличения толщины песчаников.

Турнейский ярус C1\_t представлен отложениями кизеловского, черепетского, упинского и малевского горизонтов.

Кизеловский C1ksl горизонт сложен коричневато- и светло-серыми органогенно-шламовыми известняками, иногда доломитизированными, трещиноватыми и кавернозно-пористыми, в верхней части разреза глинистыми и окремнелыми, плотными, нефтенасыщенными (пачка СТкз). Толщина от 12 до 24 м.

Черепетский C1cpr горизонт представлен известняками светло-серыми, органогенно-шламовыми и тонкозернистыми, прослоями доломитизированными. Толщина 20-29 м.

Малевский C1ml+ упинский C1up горизонты сложены известняками серыми, светло-серыми, коричневато-серыми, мелко- и тонкозернистыми, органогенно-обломочными и пелитоморфными, доломитизированными, глинистыми. Толщина от 20 до 36 м.

Девонская система D представлена верхним и средним отделами.

Верхнедевонский отдел D3 включает фаменский и франкий яруса.

Фаменский ярус D3\_fm представлен верхним, средним и нижним подъярусами.

Верхнефаменский подъярус D3\_fm3. Заволжский надгоризонт D3zv представлен светло-серыми, коричневато-серыми известняками, пелитоморфными, тонкокристаллическими, неравномерно глинистыми, с включениями кальцита и стилолитовыми швами. Иногда известняки нефтенасыщены (пачка Dзв). Толщина от 52 до 74 м.

Среднефаменский подъярус D3\_fm2 слагают известняки коричневато-серые, пелитоморфные и органогенно-обломочные, перекристаллизованные, плотные, глинистые, участками слегка окремнелые, с массой тонких разнонаправленных трещин, выполненных

кальцитом, глиной, окисленным битумом или нефтью (пачка Dфмс). Доломиты коричневатого и зеленоватого-серые, зернистые, сульфатизированные. Толщина от 40 до 55 м.

Нижнефаменский подъярус D3\_fm1 представлен карбонатными породами, доломитами и известняками. Доломиты серые, зеленоватого-серые, песчаниковидные, плотные, сульфатизированные, мелко-кавернознопористые. Известняки светло-серые, серые, коричневатого-серые, пелитоморфные, пачками органогенно-обломочные, неравномерно доломитизированные, местами глинистые, с тонкими прослойками зеленоватого-серого аргиллита. Толщина от 103 до 133 м.

Верхнефранский подъярус D3\_f3. Мендымский горизонт D3md слагают известняки буроватого-серые, кристаллические, местами глинистые. Толщина от 17 до 30 м.

Среднефранский подъярус D3\_f2. Доманиковский горизонт D3dm представлен известняками темно-серыми, плотными, глинистыми, липко кристаллическими, окремнелыми, с прослоями мергеля черного битуминозного. Толщина от 10 до 20 м.

Саргаевский горизонт D3sg сложен известняками серыми и зеленоватого-серыми с прослоями зеленых глин. Толщина 3-5 м.

Нижнефранский подъярус. Коми надгоризонт. Кыновский горизонт D3kn представлен преимущественно аргиллитами с подчиненными прослоями алевролитов, известняков и песчаников. Аргиллиты зеленоватого-серые и шоколадно-коричневые, тонкослоистые, прослоями известковистые и алевролитистые. Толщина от 27 до 35 м.

Пашийский горизонт D3ps представлен чередованием аргиллитов серых, буроватого-серых неравномерно алевролитистых с глинистыми алевролитами и алевролитами крупнозернистыми. Песчаники светло-серые кварцевые, мелкозернистые, хорошо отсортированные, пористые, участками глинистые, нефтенасыщенные (пласт DІвх, DІ). Толщина от 25 до 28 м.

Среднедевонский отдел D2. Живетский ярус D2\_g. Старооскольский надгоризонт. Муллинский горизонт D2ml сложен переслаиванием аргиллитов и песчаников. В кровельной части залегают известняки коричневатого-серые, плотные, тонко-кристаллические, сульфатизированные. Аргиллиты темно-серые, тонкоплитчатые с прослоями плотных глинистых алевролитов. Песчаники светло-серые, мелкозернистые, алевролитистые, неравномерно глинистые, на большей части площади водонасыщенные (пласт DII). Толщина от 29 до 37 м.

Ардатовский горизонт D2ag слагают известняки буроватого-серые, темно-серые, скрытокристаллические, трещиноватые, неравномерно глинистые с прослоями черных мергелей и известковистых аргиллитов. Аргиллиты серые, тонкоплитчатые, с примесями алевролитов глинистых. Песчаники кварцевые, разнозернистые, слоистые, трещиноватые,

нефтенасыщенные (пласт DIVvx). Отложения ардатовского горизонта, участками с размывом, залегают на отложения воробьевского горизонта, в случае полного размыва последнего на известняках бийского горизонта. Толщина от 24 до 35 м.

Воробьевский горизонт D2vr. Аргиллиты темно-серые, известковистые, алевритистые. Известняки темно-серые, мелкокристаллические, сильно глинистые. Песчаники светло-серые, кварцевые, разнозернистые, нефтенасыщенные (пласт DIVнж). Отложения воробьевского и афонинского горизонтов участками частично или даже полностью смыты. Толщина от 0 до 10 м.

Эйфельский ярус. Верхнеэйфельский подъярус. Афонинская свита D2af представлена известняками темно-серыми, кристаллическими, органогенно-обломочными, плотными, трещиноватыми, трещины выполнены кальцитом. Толщина от 4 до 6 м.

Эйфельский ярус. Нижнеэйфельский подъярус. Бийский горизонт D2bs. Известняки серые, буровато-серые, органогенно-обломочные, пелитоморфные, мелкокристаллические, плотные, участками кремнеземные, глинистые, трещиноватые. В кровельной части залегают пропластки известковистых темно-серых, почти черных аргиллитов. Толщина от 24 до 33 м.

Эмский ярус. Верхнеэмский подъярус. Такатинский+конвейский горизонт D1tk+D2cv. Песчаники кварцево-полевошпатовые, разнозернистые, переходящие в гравелит, водонасыщенные (пласт DV). Алевролиты темно-серые, кварцевые, плотные глинистые. Аргиллиты темно-серые, плотные. Толщина от 15 до 20 м.

Отложения венда изучены по разрезу эксплуатационной скв. 740, вскрывшей разрез до глубины 5012 м.

Венд V. Шкаповская серия V\_sk. Карлинская свита Vkl представлена чередованием аргиллитов, песчаников и алевролитов. Аргиллиты темно-зеленовато-серые, гидрослюдистые, тонкослоистые. Песчаники зеленовато-серые, полимиктовые, глинистые. Алевролиты зеленовато-серые, в большинстве своем глинистые, прослоями известковистые. Вскрытая толщина отложений 514 м.

Салиховская свита Vsl. Алевролиты зеленовато-серые, разнозернистые, полимиктовые с подчиненными прослоями аргиллитов. Песчаники зеленовато-серые, кварцевые, мелкозернистые иногда глинистые. Вскрытая толщина отложений 143 м.

Каировская серия V\_kr. Старопетровская свита Vsp Тонкослоистое чередование аргиллитов алевритистых, гидрослюдистых и алевролитов темно-серых и зеленовато-серых, прослоями известковистых, сильно глинистых. Редкие прослои песчаника. Вскрытая толщина отложений 116 м.

Байкибашевская свита Vbk сложена песчаниками светло-серыми и розовыми, прослоями кирпично-красными, полимиктовыми с маломощными прослоями алевролитов и

зеленовато-серых аргиллитов. Вскрытая толщина отложений 67 м.

Рифей R. Абдулинская серия R3\_ab. Приютовская свита R3pr. Аргиллиты темно-серые, гидрослюдистые с подчиненными прослоями доломитов и доломитовых мергелей. Алевролиты бурые, кварцевые, кварцево-полевошпатовые. Песчаники розовато-зеленовато-серые, мелкозернистые, кварцевые, алевритистые. Аргиллиты красно-бурые, коричневые, зеленовато-серые. Вскрытая толщина отложений 720 м.

Леонидовская свита R3ln. Песчаники серые, красновато-коричневые, микроклиново-кварцевые, мелкозернистые, с прослоями алевролитов, редко аргиллитов. Вскрытая толщина отложений 1290 м.

Геологический разрез месторождения представлен на рисунке 4.

## **2.2.Тектоника.**

В региональном тектоническом плане Кепкинское месторождение располагается в пределах юго-восточного склона Южно-Татарского свода, в свою очередь, приуроченного к восточной окраине Волжско-Камской антеклизы – крупнейшей надпорядковой структуры Восточно-Европейской платформы.

Породы фундамента в Кепкинском районе скважинами не вскрыты. По геофизическим данным в районе Кепкинского поднятия в фундаменте прослеживаются зоны разломов преимущественно широтного простирания. Предполагается, что по фундаменту Кепкинскому поднятию соответствует самостоятельный блок. Средний рифей-вендский структурный этаж представлен осадочными породами, нивелирующими расчлененную поверхность фундамента. В пределах Кепкинского месторождения толщина отложений этого комплекса достигает 5000 м.

Основным элементом является обширная Кепкинская структура, которая прослеживается по всем горизонтам палеозоя. Это обширная брахиантиклиналь северо-западного простирания, размеры которой по замкнутой, изогипсе минус 1685 м (кыновский горизонт по верхнему известняку) составляет 20 x 13 км при амплитуде около 20 м. Углы наклона крыльев не более 50 м, т.е. складка очень пологая. На основной брахиантиклинали выделяются три относительно приподнятые зоны: центральная, юго-западная и северо-восточная. Вокруг основной структуры выявлено большое количество второстепенных мелких поднятий небольших размеров и амплитуды, отделенных седловинами. Особенно много таких структур в северной части площади.

Поверхность вендских отложений, перекрывающих рифейские, размыта и погружается в южном направлении от абсолютной отметки минус 1846 до минус 2024 м. Градиент погружения в среднем составляет 7,6 м на 1 км. Отложения палеозоя залегают на

размытой поверхности венда со стратиграфическим несогласием.

К этой структуре приурочено Кепкинское месторождение нефти с основными промышленными запасами в пластах D1 пашийского горизонта и DIV старооскольского надгоризонта. Позднее выявлена нефтеносность карбонатов турнейского и фаменского ярусов, песчаников муллинского горизонта, получены промышленные притоки в отложениях нижней перми.

Девонский структурный план приурочен к обширному структурному выступу, на фоне которого в отложениях терригенной толщи девона аккумуляровались крупные промышленные скопления нефти и представляет собой чередование субширотных структурных зон, ступенчато погружающихся в юго-восточном направлении. Каждая из зон осложнена локальными поднятиями, которые вытягиваясь в цепочки, образуют валы.

Нижним маркирующим горизонтом является кровля кыновского горизонта, по которому также наблюдается погружение на юго-восток от минус 1659 до минус 1724,4 м.

Следующим маркирующим горизонтом принята кровля среднефаменского подъяруса. Структурный план, в общих чертах, отражает структурный план по кровле кыновского горизонта и дается участками из-за недостатка информации. Фаменские отложения также испытывают погружение на восток от минус 1414,1 до минус 1509,6 м. На фоне регионального погружения фаменских отложений выделяются малоамплитудные поднятия различных размеров и простираний от субмеридиональных до субширотных и ряд контрастных структур, образовавшихся за счет облекания верхних франско-нижефаменских биогермов.

Третьей вышележащей маркирующей поверхностью принята кровля турнейского яруса. Структурный план также рисуется в виде крупной положительной структуры северо-западного простирания. Наиболее гипсометрически высокая – присводовая часть Кепкинской структуры, оконтуривается замкнутой изогипсой минус 1290 м. Размеры присводовой части, представленной в форме брахи-антиклинали, по длинной оси примерно 16 км, а по короткой от трех до восьми км.

Таким образом, район Кепкинского месторождения характеризуется достаточно сложным геологическим строением, обусловленным наличием разломов кристаллического фундамента, приподнятых зон различного простирания, искажающего влияния кунгурских солей, широкого развития явлений палеокарста, а также шельфовых биогермов верхнего девона. На Кепкинском месторождении отмечается общее соответствие структурных планов по отложениям девона, карбона и нижней перми, однако на локальных участках это соответствие нарушается биогермными сооружениями верхнего девона.

### **Глава 3. Общая гидрогеологическая характеристика района месторождения.**

В гидрогеологическом отношении район Кепкинского месторождения находится на западном борту Бельско-Уфимского артезианского бассейна, Икско-Демского водораздела. Площадь месторождения представляет собой возвышенную равнину, сложенную верхнепермскими породами и изрезанную долинами небольших рек, впадающих в рр. Ик и Дема.

Специальных гидрогеологических исследований на месторождении не проводилось. Водоносные горизонты на территории месторождения изучались по материалам геологических съемок и в процессе опробования скважин на приток пластового флюида.

Разрез палеозоя по литолого-фациальным особенностям, пьезометрической характеристике, солевому составу вод и их динамике делится на три гидрогеологических этажа (комплекса) – рисунок 2.1. Нижний гидрогеологический ярус включает в себя водоносные горизонты ТТД; средний – водоносные горизонты толщи, залегающей между кыновско- (тиманско)-доманиковыми отложениями и кунгурским водоупором, верхний – водоносные горизонты верхнепермских отложений выше кунгурской галогенно-карбонатной толщи.

Верхний гидрогеологический ярус охватывает водоносные горизонты четвертичных и верхнепермских отложений и находится в зоне активного водообмена.

Водонасыщенные пласты четвертичных отложений непостоянны и имеют локальное распространение, литологически представлены песками и галечниками. Источники наблюдаются, в основном, по склонам рек и оврагов, дебиты незначительные.

Отложения татарского яруса слагают отдельные водораздельные участки и верхние части склонов водоразделов на левобережье бассейна р. Дема и в бассейне р. Ик. Водоносны прослой слабо сцементированных песчаников в нижней части яруса. Водоупором являются глинистые породы, которые часто замещаются алевролитами или песчаниками, вследствие чего водоносные горизонты по простиранию не выдержаны. Режим вод татарских отложений полностью зависит от гидрометеорологических условий. Разгрузка вод происходит в верховьях основных рек, их притоков в виде отдельных сосредоточенных родников, пластовых выходов, заболоченностей. Дебиты родников до 10 л/сек. Полные уходы промывочной жидкости зафиксированы в процессе проходки скважин косвенно свидетельствуют о высокой пористости и проницаемости пластов.

Водоносный комплекс казанского яруса имеет повсеместное распространение. Более выдержанные водоносные горизонты залегают в нижней части конхиферового и в верхней части спириферового подъярусов. Водоносны пористые известняки и песчаники, Водоупором являются аргиллиты. Питание водоносного комплекса осуществляется за счет

инфильтрации атмосферных осадков на участках неглубокого залегания водопроницаемых пород, путем инфильтрации вод из вышележащих слоев при отсутствии разделяющего водоупора или по трещинам. Разгрузка вод в виде родников отмечена по берегам р. Ик и её притоков. Дебиты источников колеблются в пределах 15-30 л/мин.

В уфимском ярусе водоносные горизонты вследствие большой фациальной изменчивости пород не выдержаны по простиранию, приурочены к пластам песчаников и отдельным прослойкам кавернозных известняков в верхней части разреза. Питание в основном осуществляется за счет перетока вод из вышележащего комплекса.

Водопроявления отмечены в виде полных и частичных поглощений промывочной жидкости в ряде скважин. Больше всего поглощений промывочной жидкости встречено в отложениях казанского яруса.

Нижний и средний гидрогеологические этажи соответствуют зонам относительно застойного режима подземных вод и замедленного водообмена. Воды высоко-минерализованные.

Водоносные горизонты среднего гидрогеологического яруса приурочены к пористо-кавернозным и трещиноватым карбонатным отложениям нижней перми, карбона и верхнего девона, а также песчано-алевролитовым отложениям терригенной толщи нижнего карбона. Внутри яруса выделяются два относительных водоупора: аргиллиты и мергели верейского горизонта; аргиллиты и плотные глинистые алевролиты в терригенной толще нижнего карбона.

Водоносные горизонты в кунгурском ярусе приурочены к пористо-кавернозным доломитам подсолонной толщи иренского горизонта и оолитовым доломитам филипповского горизонта. Притоки пластовой воды получены из девяти скважин. Анализ воды представлен четырьмя анализами из трех скважин.

В сакмаро-артинских отложениях водоносны пласты пористо-кавернозных известняков и доломитов. Водоносность отложений верхнего карбона на месторождении не изучена.

Данные о водоносности среднего карбона весьма ограничены. В отложениях среднего карбона о наличии водоносных пластов свидетельствуют полные и частичные поглощения промывочной жидкости в скважинах.

В нижнем карбоне водоносные горизонты отмечены по всему разрезу.

О водонасыщенности серпуховских и окских отложений косвенно свидетельствуют полные и частичные поглощения промывочной жидкости в процессе проводки скважин. Водоносны пористо-кавернозные доломиты.

В четырех скважинах при опробовании ИП отложений серпуховского яруса получены притоки пластовой воды активностью до 594 м<sup>3</sup>/сут.

Более полно изучены и охарактеризованы водоносные горизонты бобриковского горизонта и турнейского яруса.

Водоносность бобриковского горизонта связана с песчаным пластом CVI. При опробовании притоки воды получены в 23 скважинах, притоки нефти с пластовой водой в 56 скважинах.

Водоносность в турнейском ярусе связана с пористо-кавернозными и трещиноватыми разностями известняков. Притоки воды при испытании турнейского яруса получены в 34 скважинах.

В фаменских отложениях водоносны поровые и порово-трещиноватые коллектора. Притоки пластовых вод установлены в 14 скважинах из заволжского надгоризонта и 12 скважинах из среднефаменского подъяруса. Дебиты притоков от 0,6 до 329 м<sup>3</sup>/сут.

В верхнефранском подъярусе притоки пластовой воды получены из шести скважин.

Нижний гидрогеологический этаж включает водоносные горизонты, приуроченные к песчано-алевролитовым пластам терригенного девона, с которыми связаны и нефтяные залежи (пласты DI, DII, DIV). Водоупором являются плотные глинистые породы вендских отложений.

В кыновском горизонте притоки воды получены в пяти скважинах. Пласт Dкн на месторождении имеет весьма ограниченное развитие.

Песчаный пласт DI пашийского горизонта на площади развит повсеместно и, в основном, промышленно нефтеносен. При испытании в 98 скважинах получены притоки пластовой воды, в 35 скважинах вода с пленкой нефти.

Из муллинского горизонта притоки пластовой воды получены при опробовании в пяти скважинах, пластовой воды с пленкой нефти также в пяти. Химический состав вод муллинского горизонта изучен по восьми анализам из шести скважин.

Ардатовский и воробьевский горизонты (пласт DIV) имеют широкое распространение. По данным опробования в 192 скважинах получен приток пластовой воды. Воды изучены по 657 анализам из 451 скважин.

Водоносны отложения бийского горизонта и пласт DV (кальцеолово-такатинский горизонт). При опробовании получены притоки пластовой воды в 39 скважинах.

#### Глава 4. Характеристика фильтрационных свойств горных пород

Для оценки фильтрационных свойств горных пород нами были рассчитаны средние арифметические значения коэффициента пористости (в %) и коэффициента проницаемости ( $\text{мкм}^2$  – единицы Дарси). Оба этих коэффициента определялись по результатам лабораторных испытаний. Коэффициент проницаемости был определен по экспериментам с газовым флюидом. В нашем распоряжении были только материалы по опробованию потенциально продуктивных нефтяных пачек. Поэтому фильтрационные свойства залегающих выше отложений, в частности в пределах верхнего гидрогеологического этажа, нами не рассматривались. Всего в статистическом анализе было использовано 4011 определений пористости и 2538 определений проницаемости. Количество определений пористости в пределах отдельных ярусов или горизонтов колебалось от 17 до 2121, а количество определений проницаемости – от 14 до 1163.

Как видно из таблицы 4.1, пористость и проницаемость горных пород нефтяных пачек практически не зависит от глубины их залегания. Пористость изменяется в достаточно узких пределах от 10 до 20 % практически вне зависимости от состава вмещающих пород. А проницаемость, наоборот, сильно зависит от состава этих водо- и нефтемещающих пород. Максимальная средняя проницаемость 0,5–0,8  $\text{мкм}^2$ , которая по наиболее распространенной классификации А.А. Ханина определяется как «высокая», характерна для песчаников, а минимальная средняя проницаемость 0,004–0,007  $\text{мкм}^2$ , которая по той же классификации А.А. Ханина определяется как «низкая», характерна для глинистых известняков и глинистых доломитов.

В соответствии с традиционными требованиями к анализу фильтрационных свойств горных пород нефтяных пачек нами по методу наименьших квадратов были рассчитаны зависимости значений коэффициента проницаемости от значений коэффициента пористости для потенциально перспективных пачек. В соответствии с обычным подходом к определению этих зависимостей, принятом для Башкирских месторождений нефти, в качестве осредняющей функции была выбрана показательная функция. Осреднение производилось только по тем образцам, для которых были совместно определены и коэффициент пористости, и коэффициент проницаемости. Графическое изображение результатов расчета этих функций представлено на рисунке 4.1.

Таблица 4.1

Основные статистические данные по пористости и проницаемости пород нефтяных пачек (по образцам ненарушенного сложения)

Пачка (ярус, горизонт) вмещающие горные породы	Средн. глуб. залегания, м	Пористость ( $k_p$ ), %				Проницаемость ( $k_{пр}$ ), мкм <sup>2</sup> (единицы Дарси)					
		Кол-во образцов, шт.	Значение			Кол-во образцов, шт.	Значение			Класс по А.А.Ханину (для нефтяных коллекторов) [8]	
			минимальное	максимальное	среднее		минимальное	максимальное	среднее		
Средний гидрогеологический этаж											
<b>Рарт</b> (артинский ярус P <sub>1ar</sub> ) / доломит глинистый	640	49	8,6	29,8	<b>17,4</b>	37	0,001	0,030	<b>0,004</b>	V (низкая)	
<b>CVI</b> (бобриковский + радаевский горизонты C <sub>1bb+rd</sub> ) песчаник кварцевый	1590	122	11,0	28,1	<b>18,4</b>	83	0,035	2,67	<b>0,773</b>	II (высокая)	
<b>СТкз</b> (кизеловский горизонт C <sub>1ksl</sub> ) известняк органогенный	1610	41	7,5	22,3	<b>10,4</b>	34	0,001	0,605	<b>0,044</b>	IV (пониженная)	
<b>Dзв</b> (заволжский надгоризонт D <sub>3zv</sub> ) известняк глинистый	1730	17	6,3	16,2	<b>11,7</b>	14	0,001	0,079	<b>0,007</b>	V (низкая)	
<b>Dфмс</b> (среднефаменский подъярус D <sub>3fm<sub>2</sub></sub> ) известняк органогенно-обломочный	1780	26	12,8	20,2	<b>18,1</b>	16	0,006	0,363	<b>0,092</b>	IV (пониженная)	
Нижний гидрогеологический этаж											
<b>DI</b> (пашийский горизонт D <sub>3ps</sub> ) песчаник кварцевый	1990	1462	9,4	34,6	<b>19,8</b>	1056	0,001	2,12	<b>0,501</b>	II (высокая)	
<b>DII</b> (муллинский горизонт D <sub>2ml</sub> ) песчаник кварцевый, аргиллит	2015	173	11,5	29,1	<b>18,6</b>	135	0,001	0,765	<b>0,145</b>	III (средняя)	
<b>DIV</b> (ардатовский горизонт D <sub>2ar</sub> ) песчаник кварцевый	2065	2121	9,1	24,7	<b>18,1</b>	1163	0,001	7,23	<b>0,512</b>	II (высокая)	

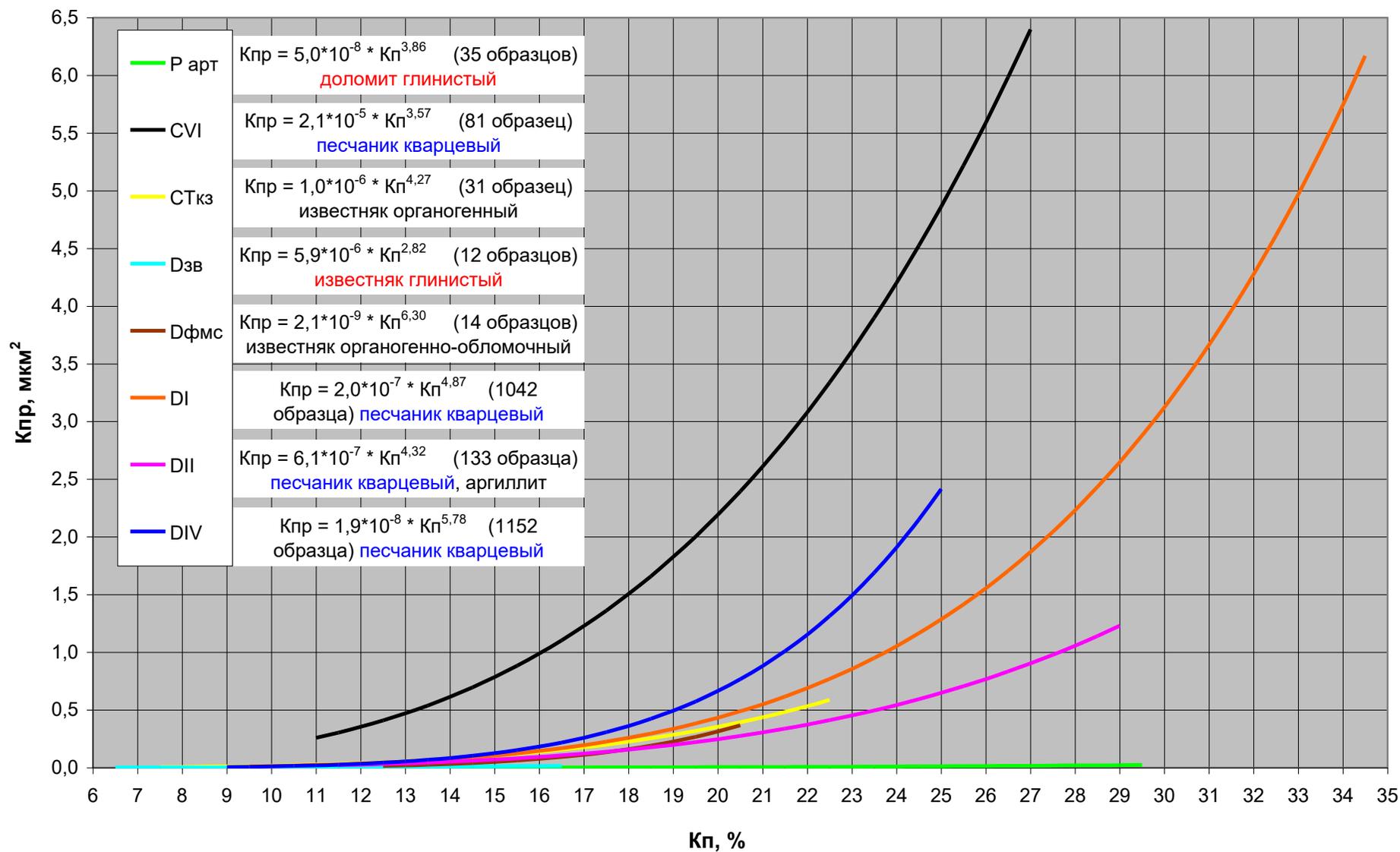


Рис. 4.1а Осреднённые графики зависимости величины Коэффициента проницаемости  $K_{пр}$  ( $\text{мкм}^2$ ) от величины Коэффициента пористости  $K_{п}$  (%) для горных пород нефтяных пачек (рассчитаны по методу наименьших квадратов)

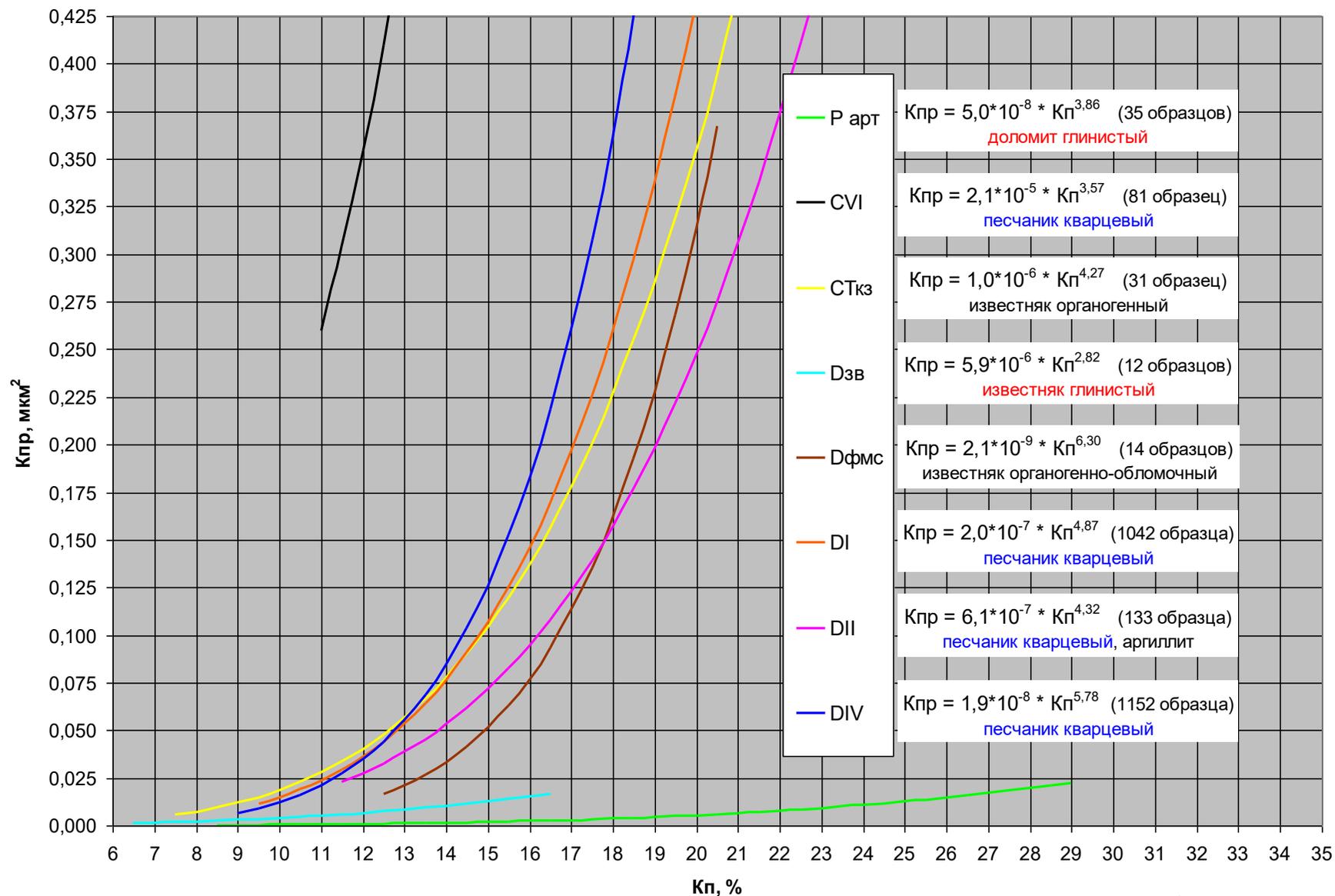


Рис. 4.16 Осреднённые графики зависимости величины Коэффициента проницаемости  $K_{пр}$  ( $\mu m^2$ ) от величины Коэффициента пористости  $K_p$  (%) для горных пород нефтяных пачек (рассчитаны по методу наименьших квадратов)

## Глава 5. Характеристика химического состава пластовых вод

В нашем распоряжении были только данные по макрокомпонентным составам пластовых вод, осредненные по ярусам и горизонтам. Количество проб, по которым проводилось осреднение, колебалось от 2–8 для непродуктивных (по нефти) стратиграфических подразделений до 100–650 для продуктивных пачек (табл. 5.1). По этим осредненным результатам анализов нами были рассчитаны эквивалентные и %-эквивалентные концентрации по каждому из макрокомпонентов, составлены формулы общего солевого состава (формулы Курлова) и даны названия воды в соответствии с классификациями по минерализации, кислотно-щелочным свойствам и общему солевому составу (по формуле Курлова), а также вычислены генетические коэффициенты: сульфат-хлорный, натрий-хлорный и хлор-бромный (табл. 5.1).

Кроме того, для осредненных анализов пластовых вод каждого стратиграфического подразделения нами на программе PHREEQC были произведены физико-химические расчеты степени насыщения подземных вод по отношению к карбонатным, сульфатным и хлоридным минералам. Программа PHREEQC, разработанная геологической службой США и находящаяся в свободном доступе в Интернете, позволяет рассчитывать физико-химические равновесия в многофазных и многокомпонентных системах с учетом комплексообразования в водном растворе (равновесное соотношение свободных ионов, комплексных ионов и нейтральных ассоциатов) и возможного осаждения или растворения различных минералов. Коэффициенты активности ионов в зависимости от ионной силы раствора рассчитываются в программе по уравнению Дэвиса или по V-dot-уравнению для относительно слабоминерализованных вод. Высокоминерализованные системы могут рассчитываться в программе по методике К.С. Питцера. Степень установления равновесия с твердой фазой (степень насыщения) характеризуется в программе индексом насыщения, который рассчитывается по формуле:

$$SI = \lg\left(\frac{PA}{PP}\right),$$

где ПА – произведение активностей (кажущихся концентраций) макрокомпонентов раствора, которые входят в состав рассматриваемого минерала; ПР – произведение растворимости, являющееся термодинамической константой для рассматриваемого минерала. Значение  $SI$  около нуля (ориентировочно  $-0,25 < SI < +0,25$ ) отвечают растворам, близким к насыщению по отношению к рассматриваемому минералу; больше нуля (ориентировочно  $SI > +0,25$ ) – пересыщенным растворам; меньше нуля (ориентировочно  $SI < -0,25$ ) – недонасыщенным

Осредненный химический состав пластовых вод

Таблица 5.1

Страфическое подразделение	Пачка	Кол-во проб	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Содержание ионов, г/дм <sup>3</sup>						Формула общего солевого состава	Название воды	Генетические коэф-ты			
				Na+K <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			SO <sub>4</sub> /Cl	rNa/rCl	Cl/Br	
Верхний гидрогеологический этаж															
спириферовый подъярус P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>		4	<b>4,0</b>	0,50	0,65	0,08	0,74	1,1	1,0	M <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> 38 Cl 35 HCO <sub>3</sub> 27 Ca 53 Na+K 36 Mg 11	Гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатная натриево-кальциевая	<b>1,49</b>	<b>1,04</b>	
уфимский ярус P <sub>2</sub> u		2	<b>6,4</b>	1,77	0,31	0,16	2,4	1,4	0,36	M <sub>6</sub>	Cl 65 SO <sub>4</sub> 29 HCO <sub>3</sub> 6 Na+K 73 Ca 15 Mg 13	Сульфатно-хлоридная натриевая	<b>0,58</b>	<b>1,14</b>	
Средний гидрогеологический этаж (Верхний подэтаж)															
кунгурский ярус (подсолев.) P <sub>1</sub> k		4	<b>152</b>	33,0	17,4	5,7	95	0,72	0,27	M <sub>152</sub>	Cl 99 SO <sub>4</sub> 1 Na+K 52 Ca 31 Mg 17	Хлоридная кальциево-натриевая	<b>0,008</b>	<b>0,54</b>	
артинский ярус P <sub>1</sub> ag	<b>Рарт</b>	5	<b>178</b>	46,6	13,8	6,2	111	0,92	0,24	M <sub>178</sub>	Cl 99 SO <sub>4</sub> 1 Na+K 63 Ca 21 Mg 16	Хлоридная натриевая	<b>0,008</b>	<b>0,65</b>	
серпуховский ярус C <sub>1</sub> s		4	<b>150</b>	48,1	7,9	2,3	91	1,3	0,08	M <sub>150</sub>	Cl 99 SO <sub>4</sub> 1 Na+K 78 Ca 15 Mg 7	Хлоридная натриевая	<b>0,014</b>	<b>0,67</b>	
Средний гидрогеологический этаж (Нижний подэтаж)															
бобриковский + радаевский горизонты C <sub>1</sub> bb+rd	<b>CVI</b>	113	<b>264</b>	92,2	9,2	2,1	160	1,0	0,17	M <sub>264</sub>	Cl 99 Na+K 86 Ca 10 Mg 4	Хлоридная натриевая	<b>0,006</b>	<b>1,28</b>	<b>502</b>
кизеловский горизонт C <sub>1</sub> ksl	<b>CTкз</b>	46	<b>250</b>	82,5	13,4	2,4	151	0,86	0,36	M <sub>251</sub>	Cl 99 Na+K 81 Ca 15 Mg 4	Хлоридная натриевая	<b>0,006</b>	<b>1,15</b>	<b>415</b>
заволжский надгоризонт D <sub>3</sub> ZV	<b>Дзв</b>	3	<b>265</b>	100,2	3,5	1,4	158	1,9	0,22	M <sub>265</sub>	Cl 99 SO <sub>4</sub> 1 Na+K 94 Ca 4 Mg 3	Хлоридная натриевая	<b>0,012</b>	<b>1,39</b>	
среднефаменский подъярус D <sub>3</sub> fm <sub>2</sub>	<b>ДФмс</b>	11	<b>258</b>	89,1	10,7	1,8	154	1,5	0,70	M <sub>258</sub>	Cl 99 SO <sub>4</sub> 1 Na+K 85 Ca 12 Mg 3	Хлоридная натриевая	<b>0,010</b>	<b>1,24</b>	
верхнефранский подъярус D <sub>3</sub> f <sub>3</sub>		5	<b>254</b>	91,3	7,2	2,0	152	1,8	0,23	M <sub>254</sub>	Cl 99 SO <sub>4</sub> 1 Na+K 88 Ca 8 Mg 4	Хлоридная натриевая	<b>0,012</b>	<b>1,27</b>	
Нижний гидрогеологический этаж															
пашийский горизонт D <sub>3</sub> ps	<b>DI</b>	550	<b>256</b>	67,5	26,8	4,1	158	0,26	0,04	M <sub>256</sub>	Cl 100 Na+K 64 Ca 29 Mg 7	Хлоридная кальциево-натриевая	<b>0,002</b>	<b>0,94</b>	<b>276</b>
муллинский горизонт D <sub>2</sub> ml	<b>ДИ</b>	8	<b>261</b>	64,7	30,4	4,4	161	0,71	0,03	M <sub>261</sub>	Cl 100 Na+K 60 Ca 32 Mg 8	Хлоридная кальциево-натриевая	<b>0,004</b>	<b>0,90</b>	<b>212</b>
ардатовский горизонт D <sub>2</sub> ag	<b>ДИV</b>	657	<b>256</b>	62,4	31,9	3,7	158	0,11	0,03	M <sub>256</sub>	Cl 100 Na+K 59 Ca 35 Mg 7	Хлоридная кальциево-натриевая	<b>0,001</b>	<b>0,87</b>	<b>193</b>
бийский горизонт D <sub>2</sub> bs		22	<b>243</b>	62,8	26,9	3,3	150	0,41	0,12	M <sub>243</sub>	Cl 100 Na+K 63 Ca 31 Mg 6	Хлоридная кальциево-натриевая	<b>0,003</b>	<b>0,87</b>	<b>103</b>

Для океанической воды [3]: **SO<sub>4</sub>/Cl = 0,139**    **rNa/rCl = 0,86**    **Cl/Br = 279**

Пример расчета равновесного состояния подземных вод на программе FREEQC  
(пластовые воды пачки CVI – C<sub>1</sub>bb+rd)

**Исходный валовый состав раствора**

(по результатам химического анализа)

temp	21
pH	6.0
units	g/l
density	1.18
Ca	9.22
Mg	2.12
Na	92.2
Cl	159.7
SO4	0.90
HC03+CO3	1.70

$$SI = \lg\left(\frac{ПА}{ПП}\right), \text{ где}$$

**ПА** – произведение активностей компонентов раствора, входящих в состав рассматриваемого минерала; **ПП** – произведение растворимости, являющееся эмпирической термодинамической константой для рассматриваемого минерала.

Состав растворенных форм (свободных ионов, комплексных ионов, нейтральных ассоциатов)		Индексы насыщения раствора по отношению к минералам	
Species	Molality	Phase	SI
CO3	3.048e-002	Anhydrite	-0.84 CaSO4
NaHCO3	1.766e-002	Aragonite	-0.09 CaCO3
CO2	4.944e-003	Calcite	0.06 CaCO3
HCO3-	4.916e-003	Dolomite	-0.78 CaMg(CO3)2
CaHCO3+	2.046e-003	Epsomite	-3.86 MgSO4:7H2O
MgHCO3+	9.125e-004	Gypsum	-0.64 CaSO4:2H2O
CaCO3	6.814e-006	Halite	-0.74 NaCl
NaCO3-	1.985e-006	Magnesite	-0.91 MgCO3
MgCO3	1.652e-006		
CO3-2	8.630e-007		
Ca	2.517e-001		
Ca+2	1.622e-001		
CaCl2	6.228e-002		
CaCl+	2.391e-002		
CaHCO3+	2.046e-003		
CaSO4	1.212e-003		
CaCO3	6.814e-006		
Cl	4.928e+000		
Cl-	3.772e+000		
NaCl	9.642e-001		
CaCl2	6.228e-002		
MgCl+	4.331e-002		
CaCl+	2.391e-002		
Mg	9.541e-002		
Mg+2	5.040e-002		
MgCl+	4.331e-002		
MgHCO3+	9.125e-004		
MgSO4	7.897e-004		
MgCO3	1.652e-006		
Na	4.279e+000		
Na+	3.292e+000		
NaCl	9.642e-001		
NaHCO3	1.766e-002		
NaSO4-	5.837e-003		
NaCO3-	1.985e-006		
SO4	1.025e-002		
NaSO4-	5.837e-003		
SO4-2	2.412e-003		
CaSO4	1.212e-003		
MgSO4	7.897e-004		
HSO4-	2.357e-008		

*SI* около нуля ( $-0,25 < SI < +0,25$ ) – растворы, близкие к насыщению по отношению к рассматриваемому минералу

*SI* больше нуля ( $SI > +0,25$ ) – пересыщенные растворы

*SI* меньше нуля ( $SI < -0,25$ ) – недонасыщенные растворы.

Таблица 5.3

Результаты расчетов на программе FREEQC степени насыщения пластовых вод

гидрогеологический этаж (подэтаж)	ярус / горизонт	пачка	индекс насыщения $SI = Lg (ПА / ПР)$ (-0,25 ÷ +0,25 – равновесие (насыщение); < -0,25 – недонасыщение; > +0,25 – пересыщение)							
			карбонаты				сульфаты			хлориды
			кальцит	арагонит	магнезит	доломит	гипс	ангидрит	эпсомит	галит
			CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	NaCl
верхний этаж	спириферовый подъярус P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>		+0,12	-0,03	-0,99	-0,95	-0,17	-0,50	-3,42	-5,36
	уфимский ярус P <sub>2</sub> u		+0,11	-0,03	-0,86	-0,68	-0,21	-0,54	-3,12	-4,17
средний этаж (верхний подэтаж)	кунгурский ярус (подсолев.) P <sub>1</sub> k		+0,24	+0,10	-0,53	-0,21	-0,18	-0,45	-3,10	-1,42
	артинский ярус P <sub>1</sub> ag	<b>Парт</b>	+0,21	+0,06	-0,48	-0,20	-0,24	-0,49	-3,07	-1,20
	серпуховский ярус C <sub>1</sub> s		+0,23	+0,09	-0,59	-0,25	-0,23	-0,49	-3,17	-1,30
средний этаж (нижний подэтаж)	бобриковский + радаевский горизонты C <sub>1</sub> bb+rd	<b>CVI</b>	+0,07	-0,08	-0,91	-0,78	-0,64	-0,84	-3,86	-0,74
	кизеловский горизонт C <sub>1</sub> ksl	<b>СТкз</b>	+0,12	-0,02	-0,84	-0,65	-0,59	-0,80	-3,79	-0,80
	заволжский надгоризонт D <sub>3</sub> zv	<b>Дзв</b>	-0,03	-0,17	-0,82	-0,50	-0,73	-0,92	-3,75	-0,70
	среднефаменский подъярус D <sub>3</sub> fm <sub>2</sub>	<b>ДФмс</b>	+0,07	-0,08	-0,94	-0,82	-0,53	-0,73	-3,78	-0,76
	верхнефранский подъярус D <sub>3</sub> f <sub>3</sub>		+0,01	-0,14	-0,90	-0,84	-0,47	-0,68	-3,61	-0,77
нижний этаж	пашийский горизонт D <sub>3</sub> ps	<b>ДИ</b>	+0,19	+0,06	-0,93	-0,74	-0,76	-0,97	-4,12	-0,89
	муллинский горизонт D <sub>2</sub> ml	<b>ДИ</b>	+0,17	+0,04	-0,98	-0,89	-0,30	-0,49	-3,68	-0,89
	ардатовский горизонт D <sub>2</sub> ar	<b>ДИV</b>	+0,18	+0,04	-1,08	-0,73	-1,06	-1,27	-4,54	-0,92
	бийский горизонт D <sub>2</sub> bs		+0,18	+0,03	-1,07	-0,82	-0,65	-0,87	-4,11	-0,95

растворам. Пример результатов расчета одного из осредненных составов пластовых вод представлен в таблице 5.2. Результаты расчетов по оценке степени насыщения всех пластовых вод по отношению к карбонатным, сульфатным и хлоридным минералам представлены в таблице 5.3.

В пределах ранее выделенного среднего гидрогеологического этажа есть воды с различным химическим составом: воды, развитые ниже соляной толщи в нижнепермских отложениях (кунгурский и артинский ярусы) и в верхней части нижнекарбонатовых отложений (серпуховский ярус), имеют минерализацию 150–180 г/л и натрий-хлорный коэффициент 0,5–0,7, а воды, содержащиеся в нижней части нижнекарбонатовых отложений (бобриковский и радаевский горизонты, кизеловский горизонт) и в верхней части верхнедевонских отложений (заволжский надгоризонт, среднефаменский подъярус и верхнефранский подъярус), имеют минерализацию 250–265 г/л и натрий-хлорный коэффициент 1,2–1,4. В связи с этим мы предлагаем разделить средний гидрогеологический этаж на два подэтажа: верхний и нижний, соответственно (табл. 5.1 и 5.3). Дополнительным основанием для этого служит наличие разделяющей эти подэтажи относительно водоупорной толщи, представленной, в частности, глинистыми доломитами серпуховского яруса  $C_{1s}$ , прослоями аргиллитов верхневизейского подъяруса  $C_{2v_2}$  и глинистыми известняками с прослоями мергеля и аргиллитов тульского горизонта  $C_{1t_1}$  (о низкой проницаемости глинистых известняков и глинистых доломитов уже было сказано нами в Главе 4).

В соответствии с описанными выше вычислениями нами была дана характеристика пластовых вод для каждого из стратиграфических подразделений.

#### *Верхний гидрогеологический этаж*

##### Спириферовый подъярус $P_{2kz_1}$

Солоноватые с минерализацией порядка 4 г/л, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные натриево-кальциевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту, а также гипсу; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 1,49; натрий-хлорный коэффициент – 1,04; хлор-борный коэффициент не определялся.

##### Кфимский ярус $P_{2u}$

Солоноватые с минерализацией порядка 6 г/л, сульфатно-хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту, а также гипсу; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,58; натрий-хлорный коэффициент – 1,14; хлор-борный коэффициент не определялся.

#### *Средний гидрогеологический этаж (Верхний подэтаж)*

##### Кунгурский ярус (подсолев.) $P_{1k}$

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 150 г/л, хлоридные кальциево-натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту, арагониту и доломиту, а также гипсу; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,008; натрий-хлорный коэффициент – 0,54; хлор-бормный коэффициент не определялся.

Аргинский ярус  $P_{1ag}$  (пачка Рарт)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 180 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту, арагониту и доломиту, а также гипсу; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,008; натрий-хлорный коэффициент – 0,65; хлор-бормный коэффициент не определялся.

Серпуховский ярус  $C_{1s}$

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 150 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту, арагониту и доломиту, а также гипсу; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,014; натрий-хлорный коэффициент – 0,67; хлор-бормный коэффициент не определялся.

*Средний гидрогеологический этаж (Нижний подэтаж)*

Бобриковский + Радаевский горизонты  $C_{1bb+rd}$  (пачка CVI)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 260 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,006; натрий-хлорный коэффициент – 1,28; хлор-бормный коэффициент – 502.

Кизеловский горизонт  $C_{1ksl}$  (пачка СТкз)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 250 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,006; натрий-хлорный коэффициент – 1,15; хлор-бормный коэффициент – 415.

Заволжский надгоризонт  $D_{3zv}$  (пачка Dзв)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 270 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,012; натрий-хлорный коэффициент – 1,39; хлор-бормный коэффициент не определялся.

Среднефаменский подъярус  $D_{3fm_2}$  (пачка Dфмс)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 260 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,010; натрий-хлорный коэффициент – 1,24; хлор-бормный коэффициент не определялся.

Верхнефранский подъярус  $D_{3f_3}$

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 250 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный

коэффициент – 0,012; натрий-хлорный коэффициент – 1,27; хлор-борный коэффициент не определялся.

#### *Нижний гидрогеологический этаж*

##### Папийский горизонт D<sub>3ps</sub> (пачка DI)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 260 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,002; натрий-хлорный коэффициент – 0,94; хлор-борный коэффициент – 276.

##### Муллинский горизонт D<sub>2ml</sub> (пачка DII)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 260 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,004; натрий-хлорный коэффициент – 0,90; хлор-борный коэффициент – 212.

##### Ардатовский горизонт D<sub>2ar</sub> (пачка DIV)

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 260 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,001; натрий-хлорный коэффициент – 0,87; хлор-борный коэффициент – 193.

##### Бийский горизонт D<sub>2bs</sub>

Крепкие рассолы с минерализацией порядка 240 г/л, хлоридные натриевые; близкие к насыщению по отношению к кальциту и арагониту; пересыщения нет. Сульфат-хлорный коэффициент – 0,003; натрий-хлорный коэффициент – 0,87; хлор-борный коэффициент – 103.

Обобщая сказанное выше при погоризонтном описании химического состава пластовых вод, можно утверждать следующее.

Все пластовые воды по результатам расчетов оказались в состоянии равновесия с карбонатными минералами кальцитом и арагонитом. Это объясняется тем, что практически по всему опробованному разрезу в составе водовмещающих пород имеются либо собственно известняк, либо известковистый цемент. Равновесие (насыщенность) подземных вод по отношению к доломиту в пределах верхнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа может быть объяснена тем, что в этом интервале имеют широкое развитие доломитовые толщи.

Равновесие (насыщенность) подземных вод по отношению к сульфатному минералу гипсу в пределах верхнего гидрогеологического этажа и верхнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа (для надсолевой и подсолевой толщ) объясняется тем, что непосредственно в этих интервалах или в ближайшем контакте с ними имеют широкое развитие либо собственно гипсы и ангидриты, либо сульфатизированные известняки. При этом в солоноватых водах верхнего гидрогеологического этажа сульфат-хлорный коэффициент составляет 0,6–1,5, что значительно выше, чем в океанической воде – 0,139 [3], а в рассолах верхнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа – 0,08–0,015, что

значительно ниже, чем в океанической воде. Кроме того, и те и другие воды являются значительно недонасыщенными по отношению к галиту, несмотря на их близость к толще каменной соли. И, таким образом, следует принять, что воды верхнего гидрогеологического этажа по своему генезису ближе к водам выщелачивания – растворения гипса водовмещающих пород после формирования этих вод. А воды верхнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа скорее ближе по генезису к седиментогенным, образовавшимся из исходно морских вод после их некоторого упаривания на стадии садки гипса, но задолго до стадии садки галита. На это же указывают и значения натрий-хлорного коэффициента: 1,0–1,2 для верхнего гидрогеологического этажа (выше величины в океанической воде – 0,86 [3]) и 0,5–0,7 для верхнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа (ниже величины в океанической воде). То есть воды верхнего гидрогеологического этажа претерпели обратную метаморфизацию – разбавление инфильтрационными водами (с попутным растворением ранее образовавшегося гипса), а воды верхнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа претерпели метаморфизацию в прямом направлении, сопровождающуюся, видимо, увеличением исходной минерализации исходных захороненных океанических вод. К сожалению, в этих пластовых водах не определялось содержание брома, и, следовательно, невозможно конкретизировать определение их генезиса по хлор-бромному коэффициенту.

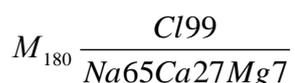
В пластовых водах более низких этажей (подэтажей), ещё более минерализованных, чем воды верхнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа, значение сульфат-хлорного коэффициента является ещё более низким 0,001–0,010 (опять значительно ниже, чем в океанической воде), и эти воды также являются значительно недонасыщенными по отношению к галиту. Значения хлор-бромного коэффициента составляют 410–500 для вод нижнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа (что значимо выше его величины в океанической воде – 279 [3]) и 100–280 для вод нижнего гидрогеологического этажа (что в большинстве горизонтов существенно ниже величины, характерной для океанической воды, и с тенденцией к уменьшению с глубиной). При этом натрий-хлорный коэффициент в водах нижнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа (1,1–1,4) как и в верхнем гидрогеологическом этаже выше, чем в океанических водах, а в водах нижнего гидрогеологического этажа (порядка 0,9) соизмерим с его значением для океанической воды. Таким образом, можно предположить, что воды нижнего подэтажа среднего гидрогеологического этажа являются результатом смешения седиментогенных вод, образовавшихся из исходно морских вод после их упаривания на стадии садки гипса, но до стадии садки галита (как и в случае с водами верхнего подэтажа), с водами выщелачивания – растворения галита соляной толщи пород. А воды нижнего гидрогеологического этажа являются собственно седиментогенными водами, образовавшимися опять-таки из исходно

морских вод после их упаривания на стадии садки гипса, но до стадии садки галита. Увеличение концентрации брома с глубиной (и соответствующее снижение хлор-бромного коэффициента) на глубинах порядка 1,5–3 км отмечается и для других нефтегазоносных провинций [1, 2, 4, 5, 6, 9]. Предполагать для этой зоны наличие седиментогенных вод, образовавшихся после упаривания исходной морской воды на стадии садки галита (каменной соли), нет оснований, так как, во-первых, по отношению к галиту эти воды находятся в состоянии недонасыщения, а во-вторых, в пределах девонских отложений соляные породы вообще отсутствуют (галогенез в рассматриваемом районе имел место только в ранней перми). Обычно повышение концентрации брома на больших глубинах объясняется его миграцией снизу из мантийного источника и частично растворением органического вещества нефтей [1, 2, 4, 5, 6, 9].

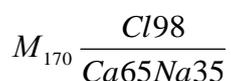
## Глава 6. Химический состав поверхностных и приповерхностных подземных вод.

Фоновая характеристика химического состава поверхностных и приповерхностных подземных вод на территории Кепкинского месторождения и прилегающих к нему участках была произведена ещё до начала разработки и в первые годы разработки. До начала разработки месторождения зона пресных гидрокарбонатных вод (до 1 г/л) распространялась до глубины 150–160 м. Химический состав поверхностных вод и водоносных комплексов татарского яруса и верхнеказанского подъяруса был гидрокарбонатный кальциево-магниевый с минерализацией не более 0,5 г/л и концентрации ионов хлора 3,5–30 мг/л.

Начало загрязнения вод территории месторождения относится к началу 60-х годов, когда началась закачка сточных вод в нагнетательные скважины. Стоки, с которыми связано начальное загрязнение пресных подземных вод в данном районе, были представлены попутными рассолами, извлекаемыми вместе с нефтью из пластов терригенного девона и характеризовались следующим осредненным составом:



Одним из загрязнителей являлась и дистиллерная жидкость, которая представляет собой крепкий рассол с химическим составом:



Эти стоки представлены хлоридными рассолами, которые относят к категории стойких загрязнителей. Они не поглощаются биологическим путем и не подвержены сорбции.

По результатам предыдущих опробований уже к 80-м гг. XX-го века на месторождении химический состав всего пресноводного комплекса претерпел довольно значительные изменения. Обследования Кепкинского месторождения 1992 и 1997 гг. показали, что минерализация вод составляла 1,3-5,4 г/л, а концентрация ионов хлора – от 1 до 7 ПДК.

В нашем распоряжении были результаты химических анализов гидрохимического опробования, проводившегося в 2011–12 г.г. по 21-му водопункту поверхностных вод и по 21-му водопункту приповерхностных подземных вод (родники, водозаборные колонки) (рис. 6.1, табл. 6.1 и 6.2). По результатам этого опробования можно сделать заключение о высокой степени загрязнения поверхностных и приповерхностных вод в ходе предыдущей эксплуатации нефтяного месторождения и другой хозяйственной деятельности.

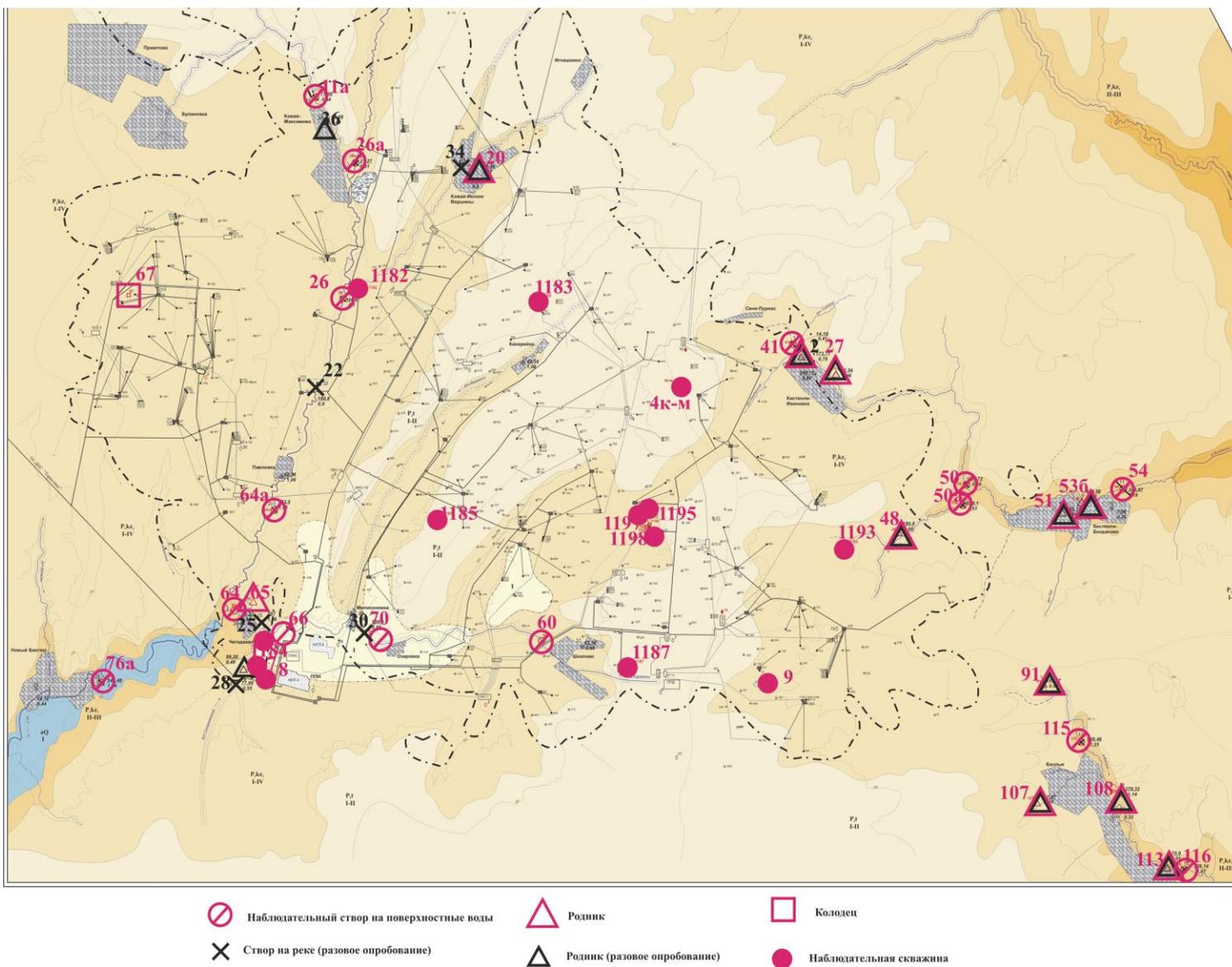


Рис. 6.1. Схема расположения водопунктов гидрохимического опробования поверхностных и приповерхностных подземных вод

Таблица 6.1

## Химический состав поверхностных вод (опробование 2011–12 г.г.)

Точка отбора пробы	рН	Ионный состав, мг/л								Общая жесткость, мг-экв/л	Минерализация, мг/л
		Анионы					Катионы				
		CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>		
р. Кистенли, до с. Кистенли-Ивановка	8,3	14	17	256	12	20	70	22	4	5,3	415
р. Кистенли, до р. Чаатра	7,8	178	155	293	0		129	46	63	10,2	864
р. Кистенли, после с. Кистенли-Богданово	8,3	344	203	268	12	19	196	73	70	15,8	1186
р. Чаатра, до р. Кистенли	8,2	638	108	262	6	17	208	69	203	16,1	1512
р. Чаатра, с. Кистенли-Богданово	7,5	659	177	306	0		200	108	191	18,9	1641
р. Базлык, до с. Базлык	8,3	549	16	232	12	24	96	43	274	8,3	1246
р. Базлык, после с. Базлык	8,2	326	72	305	6	37	140	40	140	10,3	1067
р. Ик, д. Павловка	7,9	394	408	268	0	14	228	66	171	16,8	1550
р. Ик, мост д. Павловка	7,6	490	537	285	0		301	40	262	18,3	1915
р. Ик, бывш. н/п Степановка	8,2	181	176	275	6	14	130	50	69	10,6	901
р. Ик, с. Новый Биктяш	8,2	549	519	256	6	14	333	77	183	22,9	1937
р. Ик, с. Кожай-Максимово	8,3	21	79	268	12	13	76	35	8	6,7	514
р. Ик, мост с. Вершина-Приютово	7,8	107	252	312	0		141	50	50	11,2	912
р. Ик, мост с. Новый Биктяш	7,6	648	700	270	0		392	101	213	27,9	2324
р. Кармалка, д. Чегодаево	7,7	787	200	275	0	9	343	81	166	23,8	1860
р. Кармалка, д. Милисоновка	7,7	939	742	244	0	18	507	95	302	33,1	2848
р. Кармалка, с. Шкапово	7,8	111	649	310	0		224	32	180	13,8	1506
р. Кармалка, до ц. ППН	7,7	1086	806	251	0		541	130	316	37,7	3130
р. Кармалка, после ц. ППН	7,5	1779	569	327	0		644	140	543	43,7	4002
руч. Сухоречка	8,2	78	21	299	6	7	78	33	26	6,6	548
руч. Глубокий	8,3	78	51	317	12	19	96	34	32	7,6	639

**Красным** – превышение ПДК по питьевой воде (по СанПиН 2.1.4.1074-01 [7])

**Синим** – трёхкратное превышение кларковского значения для вод зоны гипергенеза лесостепной и степной зоны (по С.Л. Шварцеву [10])

Таблица 6.2

## Химический состав приповерхностных подземных вод (опробование 2011–12 г.г.)

Точка отбора пробы	Геологический индекс	pH	Ионный состав, мг/л								Общая жесткость, мг-экв/л	Минерализация, мг/л
			Анионы					Катионы				
			CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>		
Колонка, д. Милисоновка	P <sub>2</sub> t	7,9	39	<b>400</b>	293	0	<b>7</b>	176	50	33	<b>12,9</b>	<b>999</b>
Родник Верхний, с. Кистенли-Ивановка	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	7,8	<b>174</b>	23	329	0	<b>35</b>	120	26	75	<b>8,1</b>	782
Родник Магазин, с. Кистенли-Ивановка	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	8,2	43	14	262	6	<b>20</b>	68	22	23	5,2	458
Родник Известь, с. Кистенли-Богданово	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	8,2	<b>181</b>	14	256	6	<b>31</b>	92	56	23	<b>9,2</b>	659
Колонка, с. Кистенли-Ивановка	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	7,6	<b>248</b>	73	299	0	<b>27</b>	156	62	22	<b>12,9</b>	887
Родник Шурту-Ай, с. Базлык	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	8,4	<b>163</b>	9	214	18	<b>37</b>	74	33	64	6,4	610
Родник Яларны-Сирма, с. Базлык	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	7,8	<b>627</b>	24	299	0	<b>37</b>	156	47	276	<b>11,7</b>	<b>1468</b>
Родник по дороге Кожай - Икские Вершины	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	7,8	28	11	299	0	<b>25</b>	78	29	1	6,3	472
Родник по дороге Кожай - Максимово	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	8,2	<b>85</b>	10	238	6	<b>27</b>	74	32	17	6,3	489
Колонка, д. Канарейка	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	8,2	43	<b>445</b>	293	6	<b>7</b>	176	47	64	<b>12,7</b>	<b>1082</b>
Колонка, д. Павловка	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	8,2	43	<b>431</b>	287	6	<b>7</b>	178	46	55	<b>12,7</b>	<b>1053</b>
Колонка, с. Шкапово	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	7,8	43	<b>379</b>	299	0	<b>7</b>	182	46	28	<b>12,9</b>	<b>984</b>
Родник Шурсыл, с. Кистенли-Богданово	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	7,4	<b>599</b>	<b>237</b>	262	0	<b>25</b>	<b>277</b>	<b>116</b>	75	<b>23,3</b>	<b>1590</b>
Родник Контора, с. Кистенли-Богданово	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	7,4	<b>635</b>	<b>345</b>	268	0	<b>38</b>	<b>325</b>	<b>122</b>	89	<b>26,2</b>	<b>1821</b>
Колонка, с. Кистенли-Богданово	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	8,2	7	12	238	6	<b>21</b>	50	27	2	4,7	363
Родник Въезд, с. Базлык	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	8,3	7	32	201	12	<b>9</b>	46	27	0	4,5	334
Родник Большой, с. Базлык	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	7,7	<b>379</b>	83	299	0	<b>40</b>	152	54	137	<b>12,0</b>	<b>1144</b>
Родник Черемуха, с. Базлык	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	8,2	71	<b>414</b>	244	6	<b>7</b>	160	60	44	<b>12,9</b>	<b>1006</b>
Родник по дороге Чегодаево - Сухоречка	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	7,8	<b>99</b>	12	232	0	<b>16</b>	64	32	30	5,8	486
Колонка, с. Новый Биктяш	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	8,0	14	17	262	6	<b>45</b>	56	35	4	5,7	440
Колонка, д. Чегодаево	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	7,8	21	<b>400</b>	299	0	2	174	43	38	<b>12,2</b>	<b>978</b>

**Красным** – превышение ПДК по питьевой воде (по СанПиН 2.1.4.1074-01 [7])

**Синим** – трёхкратное превышение кларкового значения для вод зоны гипергенеза лесостепной и степной зоны (по С.Л. Шварцеву [10])

По концентрации хлоридов более чем в половине проб поверхностных вод и в четверти проб приповерхностных подземных вод отмечается превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) для питьевых вод 350 мг/л [7] и в большинстве остальных проб отмечается превышение более чем в 3 раза кларкового значения для вод зоны гипергенеза лесостепной и степной зоны 29,8 мг/л (по данным С.Л. Шварцева [10]).

Соответственно и по общей минерализации более чем в половине проб поверхностных вод и в пятой части проб приповерхностных подземных вод отмечается превышение ПДК для питьевых вод 1000 мг/л [7].

В трети проб поверхностных вод выявлено превышение ПДК для питьевых вод 500 мг/л [7] для сульфатов и приблизительно в половине остальных проб поверхностных вод и приблизительно в половине проб приповерхностных подземных вод отмечается превышение содержания сульфатов более чем в 3 раза кларкового значения для вод зоны гипергенеза лесостепной и степной зоны 40,7 мг/л [10].

Концентрации нитратов в поверхностных и приповерхностных подземных водах, хотя и не превышают ПДК для питьевых вод 45 мг/л [7], но при этом во всех пробах более чем в 3 раза превышают кларковое значение для вод зоны гипергенеза лесостепной и степной зоны 1,9 мг/л [10]. Вероятнее всего, это связано не с последствием нефтедобычи, а с результатом сельскохозяйственной деятельности, а именно с использованием минеральных удобрений.

Превышение значения общей жесткости 10–30 мг-экв/л при величине ПДК = 7 мг-экв/л [7] (и, соответственно, концентраций кальция и магния), скорее всего, объясняется не техногенным загрязнением, а естественными причинами, так как в залегающих ниже надсолевых пластовых водах казанского и уфимского ярусов верхней Перми эта величина в среднем составляет порядка 30 мг-экв/л (см. табл. 5.1), то есть приблизительно в 4 раза больше ПДК.

Ниже приведем более детальную характеристику произведенного гидрохимического опробования 2011–12 годов.

#### ***Поверхностные воды.***

Гидрографическая сеть месторождения представлена р. Ик и ее притоками – р. Кармалка, руч. Глубокий. На восточной и юго-восточной окраине месторождения подземные воды дренируются рр. Кистенли и Базлык с многочисленными притоками.

Воды р. Ик характеризуются следующими параметрами: превышение ПДК по общей жесткости до 11,2 мг-экв/л; при минерализации 490 мг/л – на водопункте 64а, превышение ПДК по  $Cl$  490 мг/л,  $SO_4$  537 мг/л, общ жесткости 18,3 мг-экв/л; при минерализации 648 мг/л – на водопункте 76, превышение ПДК 648 мг/л по  $Cl$ , 700 мг/л по  $SO_4$ , минерализации 2324 мг/л, общей жесткости 27.9 мг-экв/л – на водопункте 76а. Отмечено периодическое

превышение ПДК по меди, никелю, стронцию, бром, содержание которых определено в пределах от 0,002 до 0,003 мг/л, от 0,024 до 0,073 мг/л, от 1,1 до 5,1 мг/л, от 2,2 до 2,7 мг/л соответственно. При этом полевые исследования не выявили содержание нефтепродуктов выше ПДК.

В водах ручья в с. Кожай-Икские Вершины хлоридов 46 мг/л, минерализация и жесткость – 0,5 г/л и 6,2 мг-экв/л, соответственно. Содержание микрокомпонентов ниже ПДК.

Качество вод в руч. Глубокий следующее: содержание хлоридов составляет 78 мг/л; содержание нефтепродуктов и микрокомпонентов ниже ПДК.

Уровень загрязнения вод р. Кармалка однозначно свидетельствует о влиянии техногенного воздействия на состояние ее вод: содержание ионов хлора 111–1779 мг/л, минерализация 1,5–4,0 г/л, общая жесткость 13,9–43,8 мг-экв/л с тенденцией к повышению всех показателей сверху-вниз по течению. Отмечено превышение ПДК по меди, никелю, стронцию, бром, содержание которых определено в пределах от 0,005 до 0,008 мг/л, 0,051 мг/л, от 3,2 до 6,7 мг/л, от 4,1 до 4,2 мг/л соответственно. Содержание нефтепродуктов по течению реки не превышает ПДК. На левом притоке р. Кармалка – руч. Сухореченский содержание ионов хлора составляет 78 мг/л, минерализация – 0,55 г/л, жесткость воды – 6,6 мг-экв/л. Содержание нефтепродуктов и микрокомпонентов в ручье не превышает ПДК.

Воды р. Кистенли характеризуются следующим образом: незначительное превышение ПДК по иону хлора отмечается только на водопункте 54 – 355 мг/л (в двух других точках опробования содержание хлор-ионов 14 и 178 мг/л); минерализация и жесткость увеличиваются вниз по течению (последовательно водопункты 41, 50 и 54). В водопункте 50 отмечается превышение ПДК по стронцию в два раза; в водопункте 54 отмечено превышение ПДК по меди, никелю, стронцию, бром, содержание которых определено 0,002 мг/л, 0,04 мг/л, 4,1 мг/л, 1,4 мг/л, соответственно. Содержание нефтепродуктов по течению реки не превышает ПДК.

В водах р. Чаатра содержание хлор-ионов составило 638 мг/л, минерализация – 1,5 г/л, жесткость – 16,1 мг-экв/л, содержание нефтепродуктов и микрокомпонентов ниже ПДК.

В водах р. Базлык содержание ионов хлора – 326,14–549,48 мг/л, минерализация – 1,1–1,3 г/л, жесткость – 10,3–8,3 мг-экв/л. Отмечено превышение ПДК по меди, никелю, стронцию, бром, содержание которых определено в пределах 0,006 мг/л, от 0,056 до 0,06 мг/л, от 1,1 до 2,4 мг/л, от 1,9 до 3,4 мг/л соответственно. Содержание нефтепродуктов ниже ПДК.

#### ***Приповерхностные подземные воды***

Полевое обследование родника Верхнего (водопункт 27) выявило следующее:

содержание ионов хлора – 173 мг/л, минерализация составила 0,78 г/л, жесткость – 8,1 мг-экв/л. Содержание микрокомпонентов не превышает ПДК.

В водах родника за магазином в с. Кистенли-Ивановка (водопункт 29) содержание хлор-иона 42 мг/л, минерализация – 0,46 г/л, жесткость – 5,2 мг-экв/л.

В водах родников Известь (водопункт 48) и Шурту-Ай № 2 (водопункт 91) содержание ионов хлора составило для родника Известь – 180 мг/л, для родника Шурту-Ай – 163 мг/л, минерализация – 0,61–0,66 г/л, жесткость – 6,4–9,2 мг-экв/л. Отмечено превышение ПДК по бром до 4ПДК (0,81 мг/л).

В с. Кистенли-Богданово обследованы два родника: Шурсыл № 1 (водопункт 51) и родник около конторы (водопункт 53б): содержание хлор-ионов – 599–634 мг/л, минерализация – 1,6–1,8 г/л, жесткость – 23,3–26,2 мг-экв/л. Содержание микрокомпонентов не превышает ПДК, кроме никеля и брома, содержание которых составляет 0,059–0,064 мг/л и 2,3–2,4 мг/л соответственно.

В водах родника Большой (водопункт 108) в с. Базлык концентрация ионов хлора составила 379 мг/л при минерализации 1,1 г/л и жесткости 12,0 мг-экв/л.

Полевое обследование родников в с. Базлык показало следующее. Содержание хлоридов в роднике Яларны-Сирма составило 627 мг/л при минерализации 1,5 г/л и общей жесткости 11,7 мг-экв/л; в пробе воды обнаружен бром выше ПДК (3,7 мг/л). В двух других родниках: 1) на въезде в село и 2) Черемуха (водопункты 113 и 114), содержание ионов хлора составляет 7,0 и 71 мг/л, минерализация – 0,33 и 1,0 г/л, жесткость – 4,5 и 12,9 мг-экв/л. В водах родника Черемуха выявлено превышение ПДК по стронцию и бром до 8,1 и 0,35 мг/л, соответственно.

В водах родника в районе д. Чегодаево (водопункт 65) содержание ионов хлора – 1007 мг/л, минерализация составила 3,8 г/л, жесткость – 45,5 мг-экв/л. Содержание микрокомпонентов не превышало ПДК, за исключением лития, концентрация которого в пробе составила 0,1 мг/л.

Содержание ионов хлора при опробовании родника в с. Кожай-Максимово составило 85 мг/л при минерализации 0,49 г/л и жесткости 6,3 мг-экв/л.

Результаты опробования родника по дороге Чегодаево-Сухореченский показали содержание ионов хлора 99 мг/л при минерализации 0,49 г/л и жесткости 5,8 мг-экв/л. Содержание микрокомпонентов не превышает ПДК, за исключением брома, концентрация которого в пробе составила 0,55 мг/л.

В роднике в с. Кожай-Икские Вершины, воды которого используются для водоснабжения села, содержание ионов хлора составляет 28,36 мг/л, минерализация – 0,47 г/л, жесткость – 6,3 мг-экв/л.

При проведении полевого обследования были отобраны пробы воды из колонок водоснабжения в населенных пунктах: Кистенли-Ивановка, Кистенли-Богданово, Канарейка, Павловка, Новый Биктяш, Чегодаево, Милисоновка, Шкапово. Питьевая вода, отобранная из колонок, в целом, характеризуется удовлетворительными показателями качества воды по общему солевому составу и по содержанию микрокомпонентов. Высокая минерализация обусловлена, в основном, повышенным природным содержанием сульфатов. В отдельных случаях отмечается повышенное содержание ионов хлора до 248 мг/л и превышение ПДК по бромю до 1,2 мг/л.

Суммируя сказанное, можно констатировать, что степень влияния разработки Кепкинского месторождения на качество поверхностных и приповерхностных подземных вод по содержанию хлор-иона и других макрокомпонентов выражено в различной степени. Влияние на качество поверхностных вод от разработки месторождения отмечается преимущественно на участках рек в районах плотного расположения нефтепромысловых объектов. На месторождении можно выделить несколько обособленных участков загрязнения хлоридами подземных и поверхностных вод.

Значительный уровень загрязнения поверхностных и подземных вод приурочен к бассейну р. Кармалка в районе ц. ППН Чегодаево и участку р. Ик от впадения в нее руч. Кармалка до створа у с. Новый Биктяш. Это объясняется наличием в данном районе значительной техногенной нагрузки (ГЗУ, БКНС, ц.ППН Чегодаево, мощного узла действующих нефтепроводов от нескольких месторождений, наличия большого количества скважин и т.д.). Еще один участок загрязнения поверхностных и подземных вод приурочен к среднему течению р. Кистенли (ее притока р. Чаатра) в районе с. Кистенли-Богданово. Источниками загрязнения данного района являются: КНС-3, погребенный амбар, карстовые воронки, служившие в прошлые годы естественным накопителем сточных вод. Восточный участок загрязнения природных вод, в основном, расположен за пределами Кепкинского месторождения – в верховьях р. Базлык и среднем течении р. Кистенли. Основной загрязнитель – погребенный пруд-накопитель.

Стронций, бром и литий широко распространены в пресных водах и территориально сопутствуют друг другу. Также эти элементы являются маркерами нефтяных месторождений. Источником стронция служат гипсосодержащие отложения нижней перми.

Повышенное содержание меди в поверхностных водах возможно из-за коррозии медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системах водоснабжения.

Среди поверхностных и приповерхностных вод нами были отдельно рассмотрены пресные воды, предположительно ещё не подверженные загрязнению со стороны нефтепромыслов. Эти воды были выбраны нами по минерализации меньше 600 мг/л. Средний химический состав этих вод и результаты физико-химических расчетов на программе PHREEQSI приведены в таблицах 6.3 и 6.4.

Эти воды являются слабощелочными, гидрокарбонатными магниево-кальциевыми. Обращает внимание резко повышенное содержание нитратов, более чем в 11 раз превышающее кларковое значение для вод зоны гипергенеза лесостепной и степной зоны (по С.Л. Шварцеву [10]). И это, как уже говорилось выше, вероятнее всего, связано с результатом сельскохозяйственной деятельности, а именно с использованием минеральных удобрений. Данные воды являются насыщенными по отношению к карбонатным минералам кальциту и арагониту и недонасыщенными по отношению к сульфатным и тем более хлоридным минералам.

В заключение нами была сделана оценка химической совместимости поверхностных вод и вод казанского яруса верхней перми, залегающих на небольших глубинах, с пластовыми водами основных продуктивных нефтяных пластов: пачек CVI и DI. Основная цель этих расчетов – оценить возможность использования поверхностных и приповерхностных подземных вод для законтурного или внутриконтурного заводнения при добыче нефти. Основная опасность при заводнении – это выпадение в осадок вторичных минералов при смешивании закачиваемых и исходных пластовых вод. И, как следствие, – коагуляция порового пространства пород-коллекторов и снижение их проницаемости. Расчет возможности этого производился нами, как и ранее, на программе PHREEQC. Результаты данных расчетов представлены в таблицах 6.5 и 6.6.

Как видно из таблицы 6.5, смешение поверхностных или приповерхностных вод с пластовыми водами пачки CVI в различных соотношениях не приведет к пересыщению смешанного раствора ни по отношению к карбонатным, ни по отношению к сульфатным минералам. И, следовательно, не приведет к осаждению этих минералов. Смешанные воды будут оставаться насыщенными только по отношению к карбонатным минералам, как и исходные пластовые воды (см. табл. 5.3). Таким образом, для заводнения в пределах пачки CVI могут быть использованы поверхностные воды и воды казанского яруса.

Напротив, смешение поверхностных или приповерхностных вод с пластовыми водами пачки DI при соотношении более, чем 20% / 80%, приведет к пересыщению смешанных вод по отношению к карбонатным минералам кальциту и арагониту. И, следовательно, может привести к осаждению этих минералов в поровом пространстве пород пачки. Таким образом, заводнение в пределах пачки DI поверхностными водами и водами казанского яруса является опасным.

Таблица 6.3

Осредненный химический состав **пресных** (< 600 мг/л) поверхностных и приповерхностных подземных вод

гидрогеологический этаж	характеристика водопунктов	Ионный состав, мг/л							Минерализация, мг/л	рН	Формула общего солевого состава
		CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>			
верхний этаж	Поверхностные воды (реки, ручьи)	43,9	31,5	289,3	<b>21,9</b>	71,2	30,2	17,1	487	7,6	HCO <sub>3</sub> 69 Cl 17 SO <sub>4</sub> 9 NO <sub>3</sub> 5 Ca 52 Mg 37 (K+Na) 11
	Воды из родников и колонок (татарский и казанский ярусы, P <sub>2t</sub> и P <sub>2kz</sub> )	42,7	26,8	258,1	<b>21,9</b>	61,4	29,0	15,1	438	7,7	HCO <sub>3</sub> 67 Cl 19 SO <sub>4</sub> 9 NO <sub>3</sub> 5 Ca 50 Mg 39 (K+Na) 11
<b>Кларковое значение</b> для вод зоны гипергенеза лесостепной и степной зоны (по С.Л. Шварцеву [10])		29,8	40,7	398,1	1,9	65,3	30,5	51,2	638	7,5	HCO <sub>3</sub> 79 SO <sub>4</sub> 11 Cl 10 Ca 40 Mg 32 (K+Na) 28

Таблица 6.4

Результаты расчетов на программе FREEQC степени насыщения **пресных** (< 600 мг/л) поверхностных и приповерхностных подземных вод

гидрогеологический этаж	характеристика водопунктов	индекс насыщения SI = Lg (ПА / ПР) (-0,25 ÷ +0,25 – равновесие (насыщение); < -0,25 – недонасыщение; > +0,25 – пересыщение)						
		карбонаты				сульфаты		хлориды
		кальцит	арагонит	магнезит	доломит	гипс	ангидрит	галит
		CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	CaSO <sub>4</sub>	NaCl
верхний этаж	Поверхностные воды (реки, ручьи)	<b>+0,09</b>	<b>-0,06</b>	-0,69	-0,53	-2,16	-2,49	-8,11
	Воды родников и колонок (татарский и казанский ярусы, P <sub>2t</sub> и P <sub>2kz</sub> )	<b>-0,07</b>	<b>-0,21</b>	-0,79	-0,75	-2,27	-2,60	-8,19

Таблица 6.5

Результаты расчетов на программе FREEQC степени насыщения смешанных поверхностных / приповерхностных подземных вод и пластовых вод продуктивной пачки CVI ( $C_{1bb+rd}$ )

смешиваемые воды	процентное соотношение	индекс насыщения $SI = Lg (ПА / ПР)$ (-0,25 ÷ +0,25 – равновесие (насыщение); < -0,25 – недонасыщение; > +0,25 – пересыщение)				
		карбонаты			сульфаты	
		кальцит	арагонит	доломит	гипс	ангидрит
		$CaCO_3$	$CaCO_3$	$CaMg(CO_3)_2$	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	$CaSO_4$
поверхностные воды + воды пачки CVI	20% + 80%	+0,11	-0,04	-0,70	-0,71	-0,94
	50% + 50%	+0,18	+0,03	-0,56	-0,89	-1,15
	80% + 20%	+0,22	+0,07	-0,46	-1,27	-1,57
воды из родников и колонок (татарский ярус $P_{2t}$ и конхи- феровый подъярус $P_{2kz_2}$ ) + воды пачки CVI	20% + 80%	+0,10	-0,05	-0,71	-0,71	-0,94
	50% + 50%	+0,16	+0,01	-0,59	-0,89	-1,16
	80% + 20%	+0,18	+0,03	-0,55	-1,27	-1,58
пластовые воды спириферового подъяруса $P_{2kz_1}$ + воды пачки CVI	20% + 80%	+0,09	-0,06	-0,73	-0,60	-0,82
	50% + 50%	+0,12	-0,02	-0,69	-0,54	-0,81
	80% + 20%	+0,09	-0,05	-0,78	-0,49	-0,80

Таблица 6.6

Результаты расчетов на программе FREEQC степени насыщения смешанных поверхностных / приповерхностных подземных вод и пластовых вод продуктивной пачки **DI** ( $D_{3ps}$ )

смешиваемые воды	процентное соотношение	индекс насыщения $SI = Lg (ПА / ПР)$ (-0,25 ÷ +0,25 – равновесие (насыщение); < -0,25 – недонасыщение; > +0,25 – пересыщение)				
		карбонаты			сульфаты	
		кальцит	арагонит	доломит	гипс	ангидрит
		$CaCO_3$	$CaCO_3$	$CaMg(CO_3)_2$	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	$CaSO_4$
поверхностные воды + воды пачки DI	20% + 80%	+0,24	+0,10	-0,60	-0,83	-1,06
	50% + 50%	+0,31	+0,16	-0,47	-0,99	-1,26
	80% + 20%	+0,39	+0,24	-0,31	-1,31	-1,61
воды из родников и колонок (татарский ярус $P_{2t}$ и конхи- феровый подъярус $P_{2kz_2}$ ) + воды пачки DI	20% + 80%	+0,24	+0,09	-0,61	-0,83	-1,06
	50% + 50%	+0,30	+0,15	-0,51	-1,00	-1,27
	80% + 20%	+0,34	+0,20	-0,40	-1,33	-1,63
пластовые воды спириферового подъяруса $P_{2kz_1}$ + воды пачки DI	20% + 80%	+0,23	+0,09	-0,62	-0,53	-0,76
	50% + 50%	+0,28	+0,13	-0,55	-0,32	-0,59
	80% + 20%	+0,28	+0,14	-0,53	-0,20	-0,51

## Заключение

В результате выполнения исследовательских работ можно сделать следующие основные Выводы.

- Пористость и проницаемость горных пород нефтяных пачек практически не зависит от глубины их залегания.
- Максимальная средняя проницаемость 0,5–0,8 мкм<sup>2</sup> характерна для песчаников – «высокая» по классификации А.А. Ханина; минимальная средняя проницаемость 0,004–0,007 мкм<sup>2</sup> характерна для глинистых известняков и глинистых доломитов – «низкая» по классификации А.А. Ханина.
- По методу наименьших квадратов рассчитаны зависимости значений Кпр от значений Кп по показательной функции для всех потенциально перспективных нефтяных пачек.
- По химическому составу пластовых средний гидрогеологический этаж разделен на два подэтажа: верхний и нижний, разделяющиеся относительно водоупорными глинистыми доломитами, аргиллитами и глинистыми известняками серпуховского яруса, верхневизейского подъяруса и тульского горизонта.
- Воды верхнего гидрогеологического этажа являются водами выщелачивания – растворения гипса водовмещающих пород.
- Воды среднего и нижнего гидрогеологических этажей являются преимущественно седиментогенными и, возможно смешанными с водами выщелачивания – растворения галита.
- Поверхностные и приповерхностные подземные воды являются в значительной степени загрязненными за счет действия нефтепромыслов и сельскохозяйственных работ.
- Поверхностные и приповерхностные воды могут быть использованы для заводнения при добыче нефти из карбоновых нефтяных пачек. Их использование для заводнения в девонских нефтяных пачках опасно.

## Список литературы

1. Всеволожский В.А., Киреева Т.А. Влияние глубинных флюидов на формирование состава пластовых вод нефтегазоносных месторождений. / Вестник московского университета. Серия 4 Геология, 2010 № 3, с. 57–62.
2. Киреева Т.А., Бычков А.Ю. Новый метод диагностики конденсационных вод нефтегазовых месторождений Западной Сибири. / Геология нефти и газа, 2011, № 2, с. 103–108.
3. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия: Учебн. Для вузов. / М.: Недра, 1993, 384 с.
4. Коротков А.И., Стуккей М.Г. К палеогидрогеологии Восточно-Европейской артезианской области. В кн.: Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 1997, с. 231–233
5. Коротков А.И., Хархордин И.Л. Формирование подземных рассолов Южно-Татарского свода. VI Толстихинские чтения. СПб, 1997.
6. Носырева С.Н. Формирование и геохимические особенности рассолов Южного Предуралья. / диссертация на соискание ученой степени к.г.-м.н. Пермь, 2007.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 – гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. / М.: мин-во здравоохранения РФ, 2001
8. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. / М.: Недра, 1969, 368 с.
9. Хархордин И.Л., Коротков А.И., Стуккей М.Г. Формирование химического состава подземных вод зоны активного водообмена на юго-востоке Волго-Камского артезианского бассейна. В кн.: Проблемы региональной гидрогеологии. VII Толстихинские чтения (11-12 ноября 1998 года). 1998, с. 90-95.
10. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. / М.: Недра, 1998, 366 с.