

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»**

На правах рукописи



Кармалов Александр Иванович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ
СКВАЖИН НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ И
ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ**

Специальность

2.1.4. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных
ресурсов

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Сколубович Юрий Леонидович

Новосибирск - 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	12
1.1 Устройство водозаборных скважин Сибирского региона.....	12
1.2 Характеристика подземных вод Сибирского региона	18
1.3 Снижение производительности водозаборных скважин и методы их восстановления.....	27
1.4 Постановка задач исследования	37
1.5 Выводы по главе 1.....	38
ГЛАВА 2 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОЦЕССОВ РЕАГЕНТНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН	40
2.1. Методика проведения исследований.....	40
2.1.1 Обследование водозаборных скважин	40
2.1.2 Изучение микрофлоры подземной воды.....	43
2.1.3 Определение коррозионной активности воды	45
2.1.4 Реагентная регенерация скважин.....	47
2.2 Экспериментальные исследования по восстановлению скважин	48
2.2.1 Характеристика водозаборов Томской области	48
2.2.2 Конструкции скважин водозаборных сооружений г. Северска.....	55
2.3 Исследование качества подземных вод Сибирского региона.....	59
2.3.1 Краткая характеристика химического состава подземных вод в районе водозаборов г.Северска.....	59
2.3.2 Характеристика группового состава микрофлоры воды водозабора.....	65
2.3.3 Изучение коррозионной активности микрофлоры	71
2.3.4 Изменение гидрогеохимических показателей и процессы вторичного минералообразования.	83
2.4 Выводы по главе 2.....	97
ГЛАВА 3 КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОССТАНОВЛЕНИЮ СКВАЖИН ПОДЗЕМНЫХ ВОДОЗАБОРОВ.....	99
3.1 Обследование водозаборных скважин и выбор процессов регенерации.....	99
3.2 Применение новых материалов для повышения эффективности работы скважин.....	110
3.3 Принципиальная схема комплексного подхода к восстановлению водозаборных скважин	123
3.4 Выводы по 3 главе.....	130
ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	132
4.1. Использование результатов исследований по повышению эффективности работы водозаборных сооружений	132
4.2 Результаты внедрения комплексного восстановления	142
4.2.1 Томское месторождение подземных вод. Томский водозабор.....	143
4.2.2 Северское месторождение подземных вод	151
4.2.3 Сосновское месторождение подземных вод.....	157
Орловский водозабор, г.Асино	157
4.3. Техничко-экономическое обоснование предложенных технологических решений	162
4.4. Выводы по 4 главе.....	166
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	168
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	168
Приложение А Акты внедрения	185
Приложение Б Карта состояния эксплуатационных скважин и наблюдательной сети на территории Томского и Северских водозаборов.....	192

Приложение В Конструкции эксплуатационных скважин	193
Приложение Г Микробиологический состав подземных вод.....	205
Приложение Д Плотность растворов соляной кислоты	209
Приложение Е Акт восстановления работоспособности скважины	210
Приложение Ж Заключение	212
Приложение И Стоимость работ	215
Приложение К Справка ПолиЭК	216

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Государственная программа «Чистая вода» предусматривает необходимость достижения высоких стандартов и требований, предъявляемых к качеству питьевой воды. Программа нацелена на решение сложных инженерно-технических задач, связанных с обеспечением и поддержанием микробиологических и химических показателей воды, защитой и сохранением водозаборного оборудования, внедрением новых и безопасных материалов и технологий. Следует отметить, что, начиная с 90-х годов прошлого столетия, в связи с затяжным характером изменения форм собственности, отсутствием своевременного технического обслуживания, ремонта и санации, увеличилась аварийность сетей и сооружений систем водоснабжения, сократился срок их службы, в том числе и водозаборных скважин, многие из которых в результате кольматации фильтров и прифильтровых зон потеряли производительность и вышли из строя. Возникла проблема организации эффективной эксплуатации и восстановления вышедших из строя водозаборных скважин. Как показал проведенный анализ, малозатратных и доступных технологий восстановления скважин на сегодняшний день нет, и поэтому проблема решается в основном путем строительства новых скважин, что не всегда является эффективным и экономически обоснованным решением этой проблемы.

Повышение эффективности использования и восстановления водозаборных скважин может быть достигнуто путем исследования процесса кольматации, количественного и качественного состава отложений, а также разработки на основе этих исследований регламента эксплуатации водозаборных скважин в сочетании с мероприятиями и средствами, предотвращающими эти негативные процессы. В конструкциях водозаборных скважин, в основном применяются стальные обсадные трубы и гидравлически несовершенные проволочные или сетчатые фильтры на трубчатых (стальных) каркасах с щелевыми или круглыми отверстиями, отличающиеся низкой эффективностью и качеством.

Большая часть водозаборных скважин для питьевого водоснабжения Сибирского региона пробурена в период 1970-1991 гг., из которых более половины

в настоящее время снизили свою производительность или не работают. Для их восстановления требуется решение задач организационного, технического, экономического и правового характера в комплексной системе «водоисточник – водозабор – водоподготовка – подача и распределение воды».

Степень разработанности темы исследования. В настоящее время проблема обеспечения работоспособности скважин решается путем их регенерации. Значительный вклад в это направление внесли такие известные ученые, как Ивашечкин В.В., Алексеев В.С., Кружилин Р.А., Акульшин А.А., Цымбалов А.А., Гребенников В.Т., Лобачёв П.В., Карелин В.Я., Минаев А.В., Турк В.И., Абрамов Н.Н., Лезнов Б.С., Авсюкевич А.П., Сомов М.А., Карамбиров С.Н., Штейнмиллер О.А., Фисенко В.Н., Щербаков В.И., Николенко И.В., Али М.С., а также зарубежные учёные: Гуринович А.Д., Thomas M., Tolvanen J., Anderson H., Sophocles S., Todini E., Rossman L и другие. Авторы рассматривают кольтматацию, как основную причину снижения производительности водозаборных скважин и предлагают различные способы решения данной проблемы, в основе которых лежат процессы регенерации скважин. Разработан и апробирован в производственных условиях ряд методов регенерации водозаборных скважин, позволяющих провести их восстановление. При этом рекомендуется применение как физических, так и химических методов декольтматации. При выборе метода регенерации авторы руководствуются преимущественно физической природой кольтматирующих отложений и экономическими затратами. Данный подход не всегда учитывает специфику условий и время эксплуатации водозаборных скважин, а также наличие антропогенной нагрузки на территории водозаборов. В частности, степень физического износа внутрискважинного оборудования может стать лимитирующим фактором для использования химической регенерации водозаборных скважин.

Таким образом, авторами рассматривается химическая регенерация чаще всего как изолированный процесс, без учета анализа природных и техногенных факторов.

Объектом исследования являются водозаборные скважины Сибирского региона.

Предметом исследования являются гидрохимические показатели воды, процессы коагуляции и регенерации скважин как факторы, определяющие повышение эффективности эксплуатации подземных водозаборов.

Цель работы

Исследование и выявление причин снижения дебита скважин, факторов, влияющих на процесс их регенерации и разработка комплексного подхода к восстановлению водозаборных скважин для повышения эффективности эксплуатации и надежности подземных водозаборов.

Задачи работы:

- провести анализ причин снижения производительности водозаборных скважин на примере населенных пунктов Сибирского региона;
- изучить влияние природных и техногенных факторов на условия формирования, а также изменения количественного и качественного состава подземных вод;
- исследовать процессы коагуляции и регенерации скважин, оценить эффективность диагностических работ и применения фильтров из композитных материалов;
- разработать комплексный подход к восстановлению водозаборных скважин, основанный на предварительном изучении природных и техногенных причин коагуляции, обосновании технологических параметров регенерации и применения полимерных фильтров;
- доказать эффективность разработанного комплексного подхода к восстановлению производительности скважин на примере водозаборов Томской и Новосибирской областей, выполнить технико-экономическое обоснование предложенного комплексного подхода.

Методы исследования

Для обследования водозаборных скважин использовался метод телеметрии, относящийся к комплексу геофизических исследований. Для обследования скважин применялся мобильный видеокомплекс, оборудованный фронтальной и боковой видеокамерами «КП-512ВК». На водозаборах гг. Томска, Северска видеообследование скважин проводилось системой телеинспекции jProbe LONG с моторизованным барабаном (ООО «ДЖЕНЕРАЛ ОПТИКС»).

Для определения микробиологического исследования использовались микроскопический метод (бактериоскопический и вирусоскопический), и культивирование, и выделение чистых культур микроорганизмов. При количественной оценке роста в пробирках пользовались таблицами Мак-Креди. Гетеротрофы определялись на мясопептонном агаре, разведенном в 10 раз, культивировались при температуре $19\div 24^{\circ}\text{C}$ в течение 7 суток. Сапрофиты различных трофических уровней выявляли посевом аликвоты на мясопептонный агар различной концентрации. Мезофильные сапрофиты высевались на концентрированный неразведенный мясопептонный агар. Аммонифицирующие бактерии выявляли на среде РВ. Нефтеокисляющие бактерии выявляли на агаризованной среде Мюнца. Нитрифицирующие микроорганизмы выявлялись на среде Виноградского методом предельных разведений. Сульфатредуцирующие бактерии культивировались на средах Таусона, Штурма. Эксперименты по определению микробиологических показателей, а также химического состава отложений проводились в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ФГАОУ ВО «Национальный институт Томский политехнический университет».

Для измерения плотности откачиваемой субстанции использовался поплавковый плотномер. Выявление закономерностей и прогнозирование интенсивности коррозионных процессов в скважинном оборудовании проведено с помощью методов статистического анализа. Математическая обработка данных лабораторных исследований осуществлялась с помощью пакетов прикладных программ Microsoft Excel. Аналитические исследования выполнялись в

аккредитованных лабораториях АО «Северский водоканал» и ОАО «Томскгеомониторинг».

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Степень достоверности результатов исследования обусловлена их соответствием ранее полученным результатам и разработкам и многолетним наблюдением за изменениями естественной структуры фильтрационных потоков подземных вод. Исследования проводились в лабораториях, имеющих аккредитацию в соответствующей области. Используемые физико-химические и математические модели и методы согласуются с реальными процессами кольтматации в трубном пространстве водозаборных скважин. Выводы достаточно хорошо коррелируются с результатами, полученными другими исследователями, и не противоречат физическим закономерностям в смежных областях знаний.

Научная новизна

1. Разработан комплексный подход к восстановлению закольтмированных водозаборных скважин, основанный на предварительных гидрогеохимических исследованиях околотрубного пространства, применении методов химической регенерации и использовании новых конструкций полимерных фильтров.

2. Выявлены закономерности воздействия различных физиологических групп микроорганизмов на процессы кольтматации скважин и образования отложений на трубопроводах и оборудовании.

3. На основании установленной специфики микрофлоры в воде околотрубного пространства получены зависимости интенсивности коррозионных процессов скважинного оборудования от времени эксплуатации.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Значение для теории образования отложений на поверхности скважин состоит в том, на процесс их формирования оказывают различные компоненты микрофлоры, находящиеся в воде и в околотрубном пространстве.

2. Предложена типовая схема, состоящая из четырех последовательных этапов процесса восстановления скважин, учитывающая не только качественный и количественный состав подземных вод, но и условия эксплуатации водозаборов.

3. Разработан технологический регламент эксплуатации подземных водозаборов, внедрение которого в производственных условиях позволит существенно продлить срок их службы и избежать строительство новых скважин.

4. Определены оптимальные параметры применения соляной кислоты (концентрация –12-15 мас. %, время выдержки в стволе скважины – 5-24 ч.) и бисульфата натрия (концентрация –10-12 мас. %, нагрев до 45÷50°C) для регенерации скважин с различной степенью кольматации.

5. Предложено для скважин с высоким риском колматации и значительной коррозией применять фильтры из полимерных материалов, конструкции которых разработаны автором.

6. На примере водозаборных сооружений Томской, Новосибирской областей, показана эффективность разработанного комплексного подхода, позволившего снизить себестоимость работ по капитальному ремонту водозаборных скважин и обеспечить экономический эффект. В частности, на водозаборе г. Асино полученный экономический эффект составил более 4 млн. руб.; на территории площадки ООО «Томлесдрев» (г. Томск) полностью восстановлены 4 неработающие скважины путем химической регенерации, экономический эффект составил более 20 млн. руб. Имеются соответствующие акты о внедрении.

Положения, выносимые на защиту

1. Комплексный подход к эксплуатации и восстановлению работающих и закольматированных водозаборных скважин, включающий четыре этапа: оценку гидрогеохимических показателей воды и гидротехнических параметров скважины; диагностику и изучение содержания солей и веществ, образующих состав кольматанта; химическую регенерацию скважины и оценку эффективности ее применения.

2. Закономерности, определяющие интенсивность коррозионных процессов в скважинном оборудовании в зависимости от уровня воздействия физиологических групп микроорганизмов подземных вод, которые позволяют оптимизировать условия химической регенерации водозаборных скважин.

3. Методика определения оптимальных параметров применения соляной кислоты для регенерации скважин с высокой степенью кольматации.

4. Результаты применения полимерного фильтра для водозаборных скважин, позволяющего обеспечить работоспособность внутрискважинного оборудования в агрессивных условиях водоносных горизонтов.

5. Результаты расчетов эффективности использования предлагаемого подхода к регенерации внутрискважинного оборудования на примере интенсификации работы водозаборных сооружений Томской, Новосибирской областей.

Личный вклад автора. Автор с 1985 по 2024 гг. принимал непосредственное участие в работах, связанных с регенерацией артезианских скважин Северского, Томского, Орловского месторождений подземных вод и одиночных скважин Сибирского региона. В соответствующие эксплуатационные организации автором внедрена методология комплексной регенерации водозаборных скважин совместно с установкой дополнительных фильтров из композитных материалов и использованием стеклопластиковых водоподъемных колонн.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационного исследования были представлены на конференциях различного уровня: научно-практическая конференция «Основные водохозяйственные проблемы и пути их решения» (г. Томск, Томскводоканал, 2005); научно-практическая конференция «Обеспечение безопасности питьевого водоснабжения и водоотведения» (г. Новосибирск, НГТУ, 2006 г.); научно-производственная конференция «Решение проблем экологической безопасности в водной отрасли» (г. Новосибирск, НГТУ, 2009 г.), VII Международная научно-производственная конференция «Надежность и экологическая безопасность работы систем водоснабжения и водоотведения», (г. Новосибирск, НГТУ, 2011 г.); V Международная специализированная выставка «Композит-Экспо» 2012 (г. Москва, МВЦ Крокус Экспо, 2012 г.); VII

Международная научно-производственная конференция «Решение проблем экологической безопасности в водохозяйственной отрасли», (г. Новосибирск, НГТУ, 2012 г.); научно-практическая конференция, посвященной памяти академика РАН, профессора, д.т.н. А.Ф. Порядина «Экологическая безопасность водопользования» (г. Новосибирск, 2022 г.).

Область исследования

соответствует паспорту научной специальности 2.1.4. «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», а именно п. 2 «Качество природных и сточных вод, методы определения отдельных компонентов загрязнений, закономерности процессов их взаимодействия в водных объектах и в системах водного хозяйства, прогнозирование изменения качества воды в естественных и искусственных водных объектах», п. 17 «Предотвращение отложений, биологических обрастаний, коррозии трубопроводов, оборудования и сооружений в системах водного хозяйства».

Публикации

Автор имеет по теме диссертации 24 работы, в том числе одну монографию, одну статью в сборнике Scopus, 8 статей в журналах из перечня ВАК, одно авторское свидетельство.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 139 наименований. Работа изложена на 216 страницах машинописного текста, включая 23 таблиц и 107 рисунков; имеется 10 приложений.

ГЛАВА 1

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

1.1 Устройство водозаборных скважин Сибирского региона

Известно, что под системой водоснабжения населенного места понимают комплекс инженерных сооружений, расположенных в определенном технологическом порядке по ходу подачи (течению) воды и предназначенных для обеспечения потребителей необходимым количеством воды требуемого качества [8].

В общем случае система водоснабжения населенного пункта из подземных источников включает сооружения для забора воды из источника (в данном случае, скважины), насосные станции, сооружения водоподготовки, запасные и регулирующие емкости, водоводы и водопроводные сети.

Выбор схемы водозаборных сооружений и расположение отдельных ее элементов обусловлены рядом природных факторов, в частности, глубиной залегания подземных вод, качеством воды, а также зависят от удаленности источника от потребителя, мощности водозабора, количества водопотребителей и т.д. [9]. Например, могут отсутствовать водоподготовительные сооружения (если вода соответствует требованиям [10]).

Водоснабжение осуществляется из водоносного слоя или горизонта. При этом основными параметрами, обуславливающими возможность эффективной эксплуатации являются: условия залегания (глубина, мощность, форма и площадь распространения); литологический состав слагающих его пород; фильтрационные параметры (коэффициент фильтрации, проницаемость, пьезопроводность); химический состав подземных вод; естественные ресурсы на период запроектированной эксплуатации водозабора; условия питания и разгрузки (неограниченный пласт, полуограниченный открытый, и др.); степень

гидравлической связи со смежными водоносными горизонтами и поверхностными водами [4, 11-14].

Наиболее распространенным типом водозаборных устройств являются скважины. Их применяют в самых разнообразных гидрогеологических условиях для добычи подземных вод из водоносных пластов мощностью больше 5÷6 м, залегающих на глубинах от 10 до 1000 м и более. Скважины бурят в земле, укрепляют обсадными трубами и оборудуют специальными фильтрами для приема воды из грунта в пределах водоносного пласта [15-17].

Водозаборные скважины характеризуются глубиной, производительностью (дебитом), конструкцией (включая параметры фильтров и бесфильтровых водоприемных частей), а также способом бурения.

Водозаборная скважина должна отвечать двум основным требованиям: обеспечивать заданное количество воды с качеством, соответствующим составу воды выбранного водоносного горизонта, и быть надежной в эксплуатации [9, 15].

Конструкцию водозаборных скважин выбирают, исходя из общих геологических и гидрогеологических условий участка размещения водозабора: глубин залегания водоносных горизонтов; литологии пород, слагающих водоносный горизонт; необходимого диаметра скважины и наибольшей технико-экономической целесообразности способа бурения в конкретных условиях [9].

Ниже приведен небольшой обзор конструкций водозаборных скважин, характерных для Западно-Сибирского региона и применяемых при добыче воды из песчаных пород разной степени зернистости.

Чаще всего используется одноколонные скважины с сетчатым фильтром (Рисунок 1.1). Эти скважины просты в бурении и надёжны в эксплуатации [18].

Конструкция фильтра и его типоразмер зависят от индивидуальных характеристик скважины и водоносного слоя. Размеры ячеек подбираются в зависимости от диаметра твёрдых фракций, преобладающих в данном пласте.

Одноколонные скважины с фильтром с проволочной обмоткой и гравийной обсыпкой строят для добычи воды в крупнозернистых и гравийных пластах.

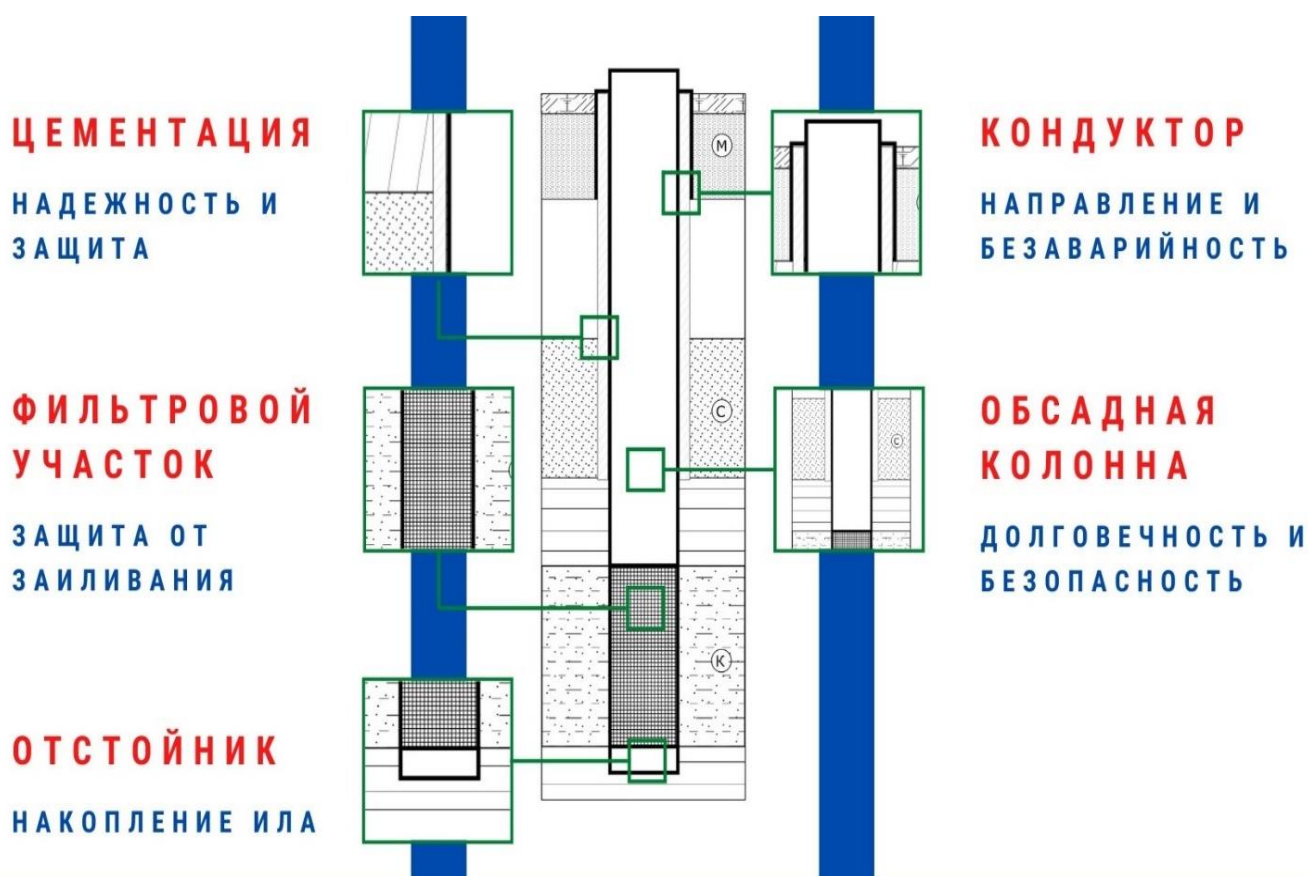


Рисунок 1.1 – Одноколонная скважина с сетчатым фильтром для добычи воды из рыхлых водоносков (песок и т.п.)

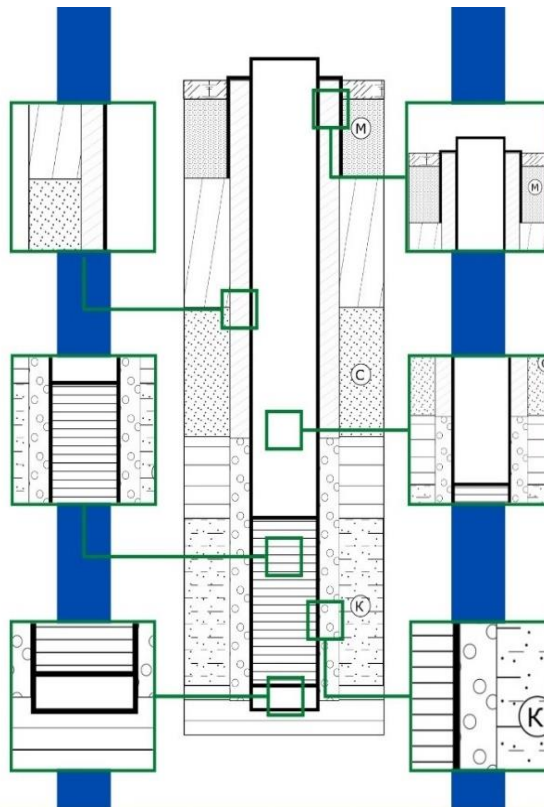
Конструктивно такие скважины почти не отличаются от предыдущих. Исключение составляет забойный фильтр. Он состоит из каркаса, на который вместо сетки намотана проволока (Рисунок 1.2). Для таких фильтров, как правило, в качестве дополнительного фильтрующего элемента используют так называемую гравийную обсыпку [18].

Скважину с фильтром, смонтированным «впотай» и гравийной обсыпкой используют при условии, если надфильтровая труба не выходит на устье скважины. При такой конструкции необходим монтаж сальника, герметизирующего кольцевой зазор между колоннами спущенных в скважину труб. Для очистки добываемой воды от твёрдых фракций, обычно делают гравийную обсыпку фильтровой части трубы (Рисунок 1.3) [18].

Фильтр выполняет функцию защиты колодца от занесения частицами грунта из водоносного слоя и представляет собой чаще всего трубчатый каркас. В

ЦЕМЕНТАЦИЯНАДЕЖНОСТЬ И
ЗАЩИТА**ЩЕЛЕВОЙ
ФИЛЬТР**ЗАЩИТА ОТ
ЗАВАЛИВАНИЯ**ОТСТОЙНИК**

НАКОПЛЕНИЕ ИЛА

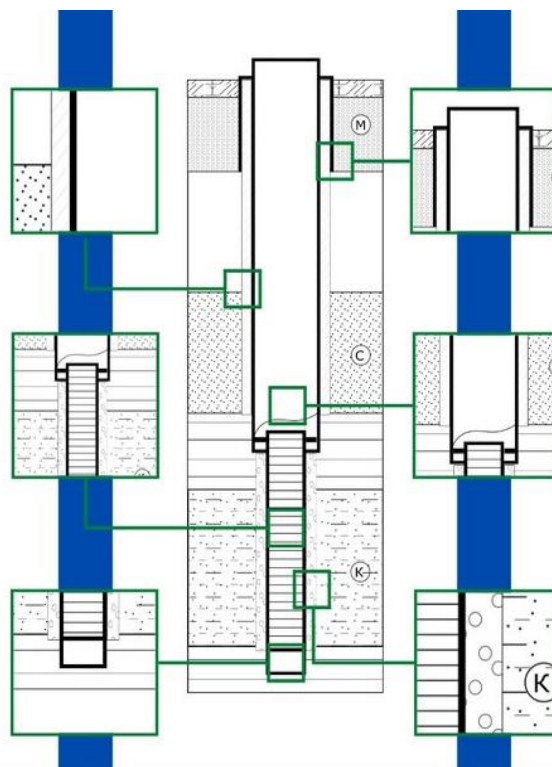
**КОНДУКТОР**НАПРАВЛЕНИЕ И
БЕЗАВАРИЙНОСТЬ**ОБСАДНАЯ
КОЛОННА**ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И
БЕЗОПАСНОСТЬ**ОБСЫПКА**

ЛУЧШЕ ФИЛЬТРАЦИЯ

Рисунок 1.2 – Одноколонная скважина с фильтром с проволочной обмоткой и гравийной обсыпкой

ЦЕМЕНТАЦИЯНАДЕЖНОСТЬ И
ЗАЩИТА**ЩЕЛЕВОЙ
ФИЛЬТР**УСТАНОВЛЕН
ВПОТАЙ**ОТСТОЙНИК**

НАКОПЛЕНИЕ ИЛА

**КОНДУКТОР**НАПРАВЛЕНИЕ И
БЕЗАВАРИЙНОСТЬ**ОБСАДНАЯ
КОЛОННА**С МЕСТОМ МОНТАЖА
ФИЛЬТРА ВПОТАЙ**ОБСЫПКА**

ЛУЧШЕ ФИЛЬТРАЦИЯ

Рисунок 1.3 – Скважина с фильтром, установленным впотай и обсыпанным гравием

нижней части фильтра предусмотрен участок глухой трубы (отстойник), куда оседают проникшие в колодец мелкие частицы грунта [19- 21].

На Рисунке 1.4 приведены схемы скважинных фильтров, характерных для водозаборных скважин Сибирского ФО [22].

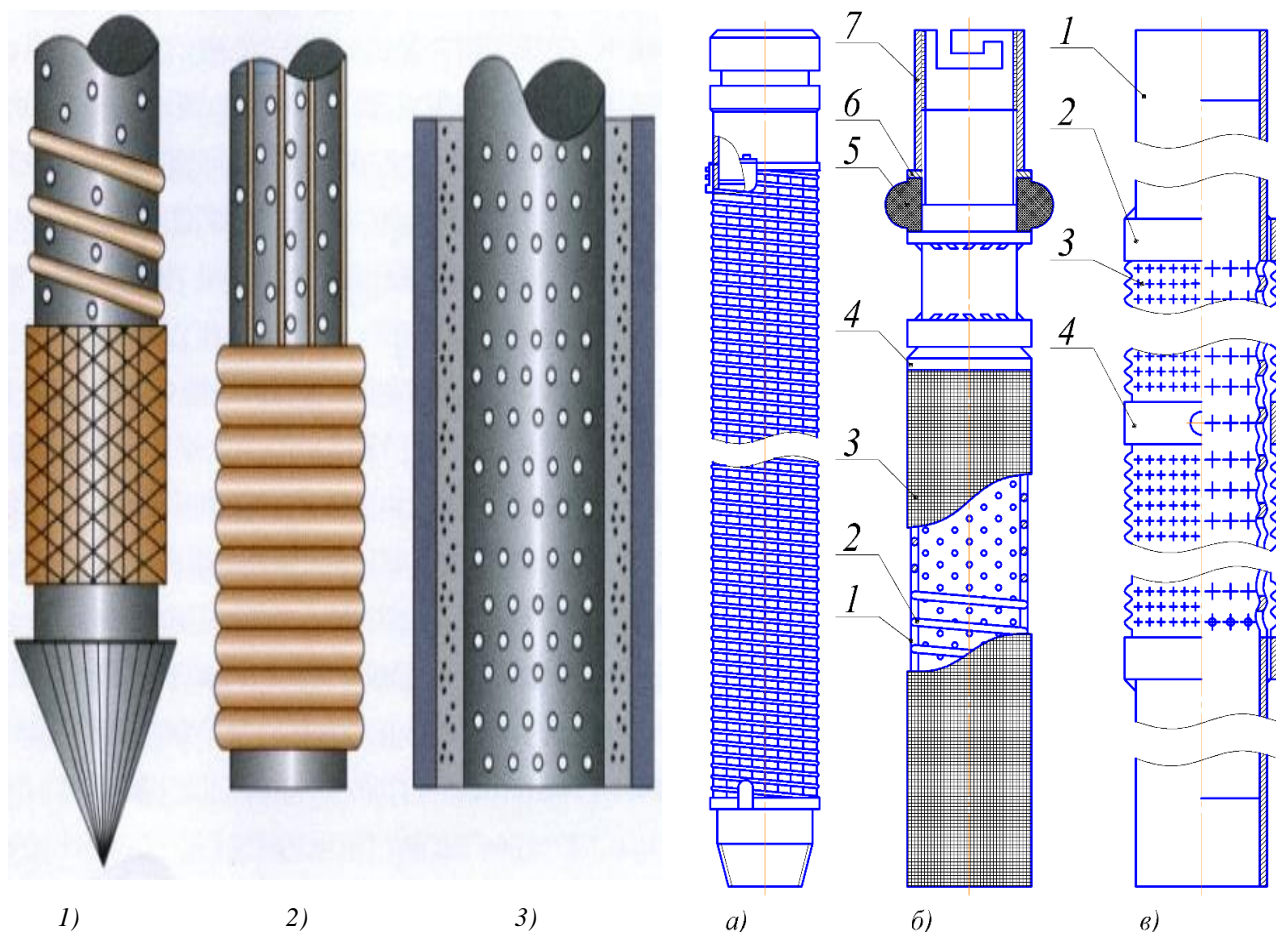


Рисунок 1.4 – Схема конструкции фильтров водозаборных скважин
 1 – сетчатый; 2 – с проволочной обмоткой; 3 – гравийный; фильтры с покрытием
 а – из проволоки; б – из сетки (сетчатый фильтр); в – из просечного листа: 1 –
 каркас; 2 – проволочная обмотка; 3 – сетка; 4 – опорное кольцо; 5 – резиновая
 манжета; 6 – нажимное кольцо; 7 – муфта

В практике эксплуатации водозаборных сооружений чаще всего используются проволочные фильтры с диаметром проволоки от 3 до 5 мм. При наличии мелкозернистых и пылеватых песков используются сетчатые фильтры, сетки которых чаще всего выполняются из латуни, нержавеющей стали,

полиэтилена, пропилена, винипласта и др. Высокими антикоррозийными свойствами обладают фильтры из сеток, выполненных из нержавеющей стали и полимерных материалов [22].

Фильтры, устанавливаемые в скважину, выполняют следующие функции: предохраняют стенки водоносного пласта от разрушения; не позволяют проникать мелким частицам внутрь водоподъемной колонны и, тем самым предохраняют центробежные и погружные насосы от преждевременного износа.

Фильтры водозаборных скважин должны отвечать следующим требованиям: при минимальных размерах обеспечить пропуск необходимого количества откачиваемой воды; иметь минимальные гидравлические сопротивления, максимально возможную скважность и площадь фильтрации; обладать необходимой механической прочностью; пропускать песок и мелкие фракции пород только в начальный период работы. В скважинах, рассчитанных на длительную эксплуатацию, фильтры должны обладать устойчивостью против коррозии и зарастания, а также обеспечивать использование механических, гидравлических, а в ряде случаев и химических методов восстановления проницаемости прифильтровых зон и фильтров [22].

В устойчивых горных породах, а также в бесфильтровых скважинах с устойчивой кровлей каркасы фильтров не устанавливают.

Основной причиной выхода из строя и потери производительности водозаборной скважины является кольятация. Причинами кольятирующих процессов могут быть как природные особенности подземных вод, так и наличие антропогенных факторов.

Подземные воды представляют собой сложные природные растворы, содержащие в своем составе все известные химические элементы в виде простых и сложных ионов, комплексных соединений, растворенных или газообразных молекул. Сложность состава подземных вод определяется не только присутствием в них большого числа химических элементов, но и различным количественным содержанием каждого из них, которое к тому же резко меняется в различных типах вод, а также разнообразием растворенных форм каждого из элементов [23-25].

1.2 Характеристика подземных вод Сибирского региона

Территория Сибирского региона обширна и имеет различные геологические и климатические условия, что является одним из ключевых факторов различного качественного состава подземных вод [26]. Статистические данные [27] подтверждают годовые и сезонные колебания количественных и качественных показателей подземных вод ввиду изменения их условий питания, а также условия их отбора из водоносных горизонтов, что сопровождается перераспределением водных потоков в соседних горизонтах.

Исследования Ю.К. Смоленцева [28], С.Л. Шварцева [23, 24], Н.А. Ермашовой [29] химического и газового состава, температуры, режима, условий питания и разгрузки подземных вод свидетельствуют о четко выраженной вертикальной и площадной зональности подземных вод территории Сибирского региона.

В пределах артезианских бассейнов пластовых вод по вертикали выделяются три гидрогеохимические зоны. Наибольшее значение для водоснабжения имеют подземные воды, циркулирующие в верхней зоне – интенсивного водообмена. Воды нижних зон в процессе водообмена практически не возобновляются, их запасы не пополняются [30].

Зона интенсивного водообмена характеризуется наиболее разнообразным химическим составом подземных вод, обусловленным процессами окисления и выщелачивания пород различной степени литификации. Особенно сильное окисление и физико-химическое выветривание отложений происходило в конце мелового периода и в палеоген-неогеновое время [31, 32].

На большей территории Сибирского региона в зоне интенсивного водообмена подземные воды в различном сочетании имеют кальциевый, кальциево-натриевый, кальциево-магниевый, гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриевый и сульфатный натриевый состав с солесодержанием, не превышающем 1,0 г/л, слабокислой, нейтральной или слабощелочной средой [26,

31, 33-35].

Различие геологических и климатических условий формирования и питания подземных вод территории определяют различие их качественного состава. Степень естественной загрязненности подземных вод, как правило, повышается с юга на север, при этом дополнительный отпечаток на качество подземных вод, не вписывающийся в общую тенденцию, накладывается в районах нефтегазодобычи, где в подземных водах появляются загрязнения антропогенного происхождения [35].

Анализ данных [26, 31, 33-35] позволяет говорить о том, что южная часть Западно-Сибирского региона является весьма водонасыщенной гидрогеологической структурой, позволяющей при определенных условиях использовать подземные воды для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения, а ее масштабы говорят об огромнейших, постоянно восполняемых запасах вод, что позволяет и позволит в течение длительного времени обеспечивать население региона необходимым количеством воды.

В средней части Сибирского региона пригодными для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения являются воды, залегающие на глубине до 60÷120 м в долинах рек и до 150 м на междуречных пространствах. В южной части региона наиболее ценными можно считать воды, залегающие на глубине до 200 м. Мощность зоны пресных вод в пределах территорий составляет – от первой сотни метров в южной, юго-западной и северной частях региона до 1600÷1800 м в восточной части региона по Обь-Енисейскому водоразделу [26, 31, 33-35].

Основой водоснабжения Западно-Сибирского региона является водоносный комплекс палеогеновых отложений, развитых практически по всей территории Западно-Сибирской плиты [36]. На него приходится наибольшее число (18 из 29) разведанных месторождений и на нем базируется водоснабжение гг. Томска, Северска, Колпашево, Стрежевого, Асино и многих более мелких населенных пунктов (Рисунок 1.5).

В состав пород комплекса общей мощностью до 200 м входят водоносные горизонты отложений новомихайловской, атлымской, юрковской свит. Водовмещающие породы представлены разномерными, от тонкозернистыми до



Рисунок 1.5 – Схема расположения водозаборов г.Томска и г. Северска

1 – линии эксплуатационных скважин водозабора города Томска;

2 – водозаборы г. Северска

гравелистых, песками. Удельные дебиты скважин колеблются от сотых долей до 6,5 л/с [28, 37-41].

На юге региона, в пределах Колывань-Томской складчатой зоны, на Томь-Яйском и частично на Томь-Чулымском междуречьях, где палеогеновые отложения отсутствуют, интенсивно эксплуатируются подземные воды комплекса палеозойских образований, являющиеся здесь единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Они сосредоточены в верхней неравномерно-трещиноватой зоне (песчаники, алевролиты, аргиллиты), осложненной тектоническими нарушениями [26, 27, 34].

Для подземных вод палеогеновых отложений характерны повышенные содержания железа, присутствующего повсеместно (Рисунок 1.6, Таблица 1.1).

Также водам комплекса свойственен марганец. Встречаемость скважин с водами некондиционными по марганцу, на юге региона составляет 37%, достигая 74% в северных районах [29, 42].

В подземных водах палеогеновых отложений часто отмечается присутствие

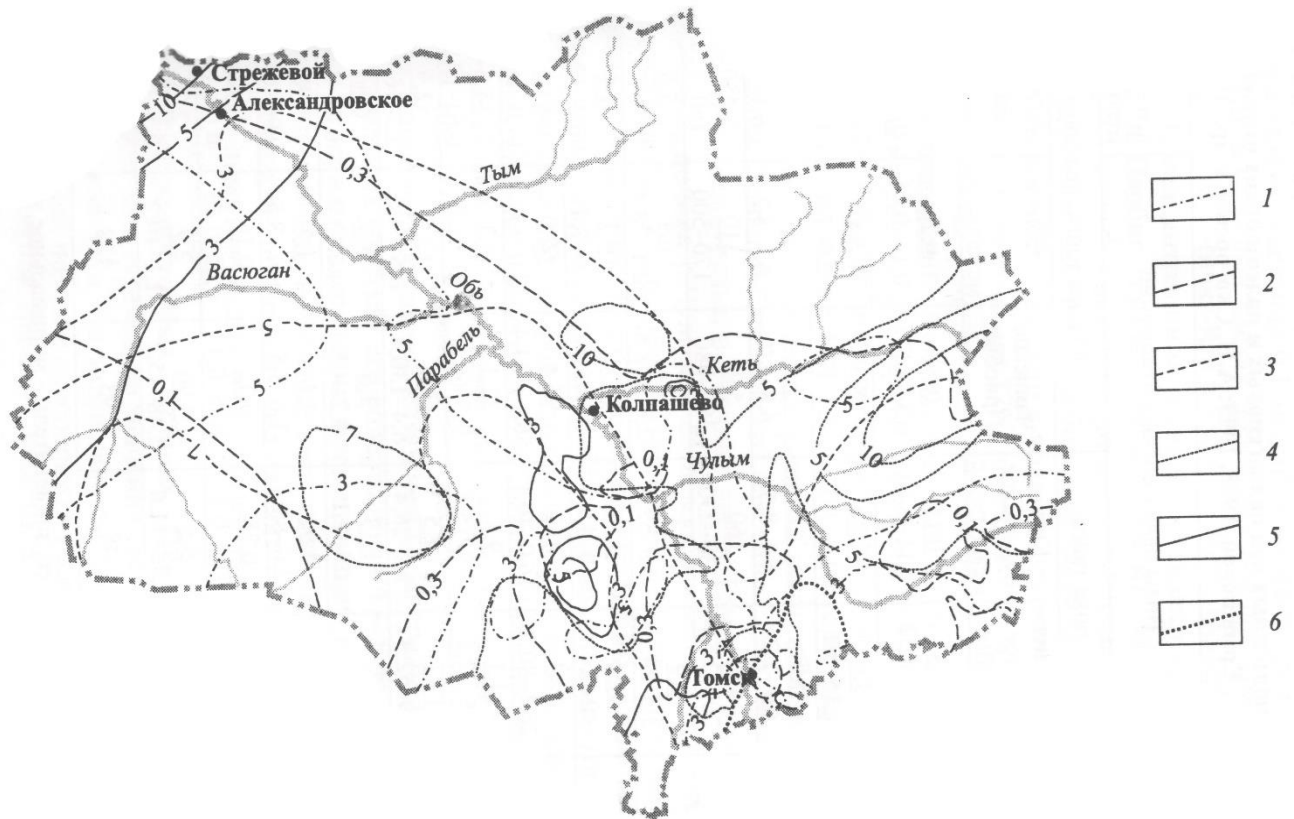


Рисунок 1.6 – Распределение компонентов химического состава подземных вод палеогеновых и палеозойских отложений, 1 – 5 изолинии содержания в подземных водах, мг/л:

1 – железа общего; 2 – марганца; 3 – солей жесткости; 4 – окисляемости; 5 – аммония; 6 – граница выступа палеозойского фундамента

органических веществ. Доля некондиционных вод по пермангантной окисляемости в скважинах составляет 56% в северных районах и около 10% в южных [26, 27, 34].

Воды первого класса качества с окисляемостью менее 3 мг O_2 /л, распространены вдоль палеозойского обрамления Западно-Сибирского бассейна. Максимальное содержание органических веществ отмечается в водах на

Таблица 1.1 – Химический состав палеогеновых и палеозойских отложений¹

Компоненты	Воды палеогеновых отложений				Воды палеозойских отложений
	Средняя тайга		Южная тайга, подтайга		
	Александровское Приобье	Кеть-Чулымское междуречье	Чаинское Приобье	Обь-Томское междуречье	Томь-Яйское междуречье
Сухой остаток (вычисленный), г/л	<u>0,23</u> 0,18÷0,32	<u>0,15</u> 0,11÷0,20	<u>0,54</u> 0,34÷0,79	<u>0,26</u> 0,14÷0,41	<u>0,37</u> 0,14÷0,58
Жесткость, мг-экв./л	<u>3,6</u> 1,15÷5,1	<u>2,26</u> 1,3÷3,0	<u>8,3</u> 5,3÷12,9	<u>4,8</u> 2,3÷7,3	<u>5,6</u> 1,3÷10,9
рН	<u>6,6</u> 6,1÷7,2	<u>7,1</u> 6,6÷8,5	<u>7,1</u> 6,8÷7,7	<u>6,7</u> 6,4÷8,2	<u>7,8</u> 6,1÷8,6
HCO ₃ ⁻ , мг/л	<u>260</u> 200÷370	<u>160</u> 130÷230	<u>580</u> 380÷880	<u>310</u> 170÷500	<u>450</u> 160÷720
Cl ⁻ , мг/дм ³	<u>9,9</u> 3,5÷24,1	<u>7,3</u> 1,8÷52,5	<u>28,3</u> 2,8÷198,6	<u>6,4</u> 2,1÷28,4	<u>5,6</u> 0,71÷71,0
SO ₄ ²⁻ , мг/л	<u>0,35</u> 0,0÷5,7	<u>0,54</u> 0,0÷4,9	<u>4,5</u> 0,0÷65,4	<u>0,7</u> 0,0÷7,4	<u>1,1</u> 0,2÷32,9
Ca ²⁺ , мг/л	<u>47,4</u> 26,1÷80,2	<u>30,2</u> 16,0÷40,1	<u>96,4</u> 56,1÷184,4	<u>67,0</u> 18,0÷110,2	<u>81,5</u> 14,0÷160,3
Mg ²⁺ , мг/л	<u>14,3</u> 8,5÷32,8	<u>9,5</u> 4,9÷15,8	<u>22,1</u> 9,7÷60,8	<u>8,3</u> 0,0÷62,6	<u>18,6</u> 0,61÷53,5
Na+K, мг/л	<u>17,7</u> 0,9÷52,9	<u>12,5</u> 1,2÷26,4	<u>60,3</u> 6,4÷130,4	<u>12,5</u> 0,5÷51,5	<u>42,9</u> 2,3÷163,7
NH ₄ ⁺ , мг/л	<u>3,2</u> 0,1÷6,0	<u>1,13</u> 0,1÷2,1	<u>2,6</u> 0,2÷4,5	<u>0,6</u> н.о.÷3,0	<u>0,66</u> 0,01÷2,3
Fe _{общ} , мг/л	<u>3,6</u> 0,35÷8,0	<u>4,63</u> 2,0÷8,0	<u>4,14</u> 1,6÷8,5	<u>1,7</u> н.о.÷8,5	<u>1,97</u> 0,06÷16,0
Mn, мг/л	<u>0,6</u> 0,2-1,8	<u>0,28</u> 0,15÷0,5	<u>0,32</u> 0,05÷0,4	<u>0,16</u> 0,05÷0,46	<u>0,29</u> 0,02÷1,0
Окисляемость, мг O ₂ /л	<u>6,5</u> 3,6÷9,6	<u>0,15</u> 2,72÷11,6	<u>0,54</u> 2,48÷15,2	<u>0,26</u> 1,1÷10,2	<u>0,37</u> 0,5÷10,4÷0,58
Число значений	59	48	93	128	123

¹ В числителе – среднее, в знаменателе – минимальное и максимальное содержание.

правобережье р. Оби. Причиной является отсутствие изолирующих глинистых водоупоров от повсеместно распространенных здесь заболоченных участков.

Значения окисляемости в этих условиях в 13÷15 раз превышают норму [26, 27, 34].

Некоторые авторы [6] отмечают наличие аммония в подземных водах. При этом максимальные концентрации фиксируются в северной части региона, превышение нормативов может достигать в 4÷5 раз, в южных районах аммоний в подземных водах встречается реже.

Помимо указанных компонентов, эксплуатацию водозаборных сооружений осложняет присутствие в составе водорастворенных газов значительных количеств метана. Особенно это характерно для северных районов региона, более подробно рассмотрено на примере Северского месторождения. Практически повсеместное присутствие сероводорода в составе водорастворенных газов обеспечивает природной воде запах интенсивностью выше ПДК, что легко устраняется в процессе водоподготовки путем аэрации [38, 39].

Подземные воды комплекса палеозойских образований в основном нейтральные и слабощелочные, резко, по сравнению с подземными водами палеогенового возраста, снижается содержание органических веществ (доля скважин, некондиционных по величине перманганатной окисляемости, составляет менее 7%). В формировании химического состава существенную роль приобретает литогенная составляющая. В связи с этим среди типичных для всей гумидной области гидрокарбонатных кальциевых, магниевых-кальциевых либо натриево-магниевых-кальциевых вод с величиной сухого остатка от 0,14 до 0,58 г/л на отдельных участках появляются типичные гидрокарбонатно-натриевые (содовые) воды с содержанием натрия 110÷160 мг/л (Таблица 1.1) [29, 43].

Несмотря на значительно более благоприятные условия миграции (низкое содержание органических веществ, более щелочная среда) и меньший уровень накопления железа и марганца, встречаемость подземных вод палеозоя, содержащих эти элементы в концентрациях, превышающих предельно допустимые, очень высока и составляет соответственно 93% и 97%. Обычное

содержание как железа, так и марганца превышают предельно допустимые концентрации в 4÷8 раз. Характерен для подземных вод палеозойских образований и повышенный уровень жесткости. Однако в связи с тем, что накопление кальция и магния в этих условиях лимитируется образованием вторичных карбонатов, жесткость, превышающая нормативные значения, проявляется только на отдельных участках, как правило, связанных с зонами тектонических нарушений и восходящей разгрузкой вод, обогащенных углекислотой. Помимо рассмотренных показателей, воды палеозойских образований характеризуются иногда присутствием бария, свинца, бериллия, ртути, брома и других компонентов в концентрациях, превышающих предельно допустимые нормы [6, 29, 32].

Томский водозабор эксплуатирует воды палеогеновых отложений новомихайловской и юрковской свит, представленных мелко-средне-крупнозернистыми песками [43].

В целом по составу они типичные гидрокарбонатно-магниевые-кальциевые, в основном умеренно-жесткие и жесткие. Среда вод нейтральная и слабощелочная. Они характеризуются малыми концентрациями хлоридов 1÷5 мг/л, иногда 10÷15 мг/л, сульфатов 2÷6 мг/л. Для подземных вод палеогена характерно повсеместное присутствие железа и марганца, ухудшающих органолептические свойства воды, и практически всегда превышающих ПДК. Минимальные концентрации железа в подземных водах юго-восточных районов области 0,05÷1,2 мг/л, максимальные – к центральным и северным частям области 3÷7 мг/л. Характерные для вод концентрации марганца составляют 0,1÷0,4 мг/л [31, 34, 44, 45, 46].

Район расположения Северского месторождения подземных вод в гидрогеологическом отношении приурочен к юго-восточной окраине Западно-Сибирского артезианского бассейна платформенного типа на стыке с Томь-Колыванской складчатой зоной. Объектом эксплуатации являются подземные воды палеогенового водоносного комплекса эоцен-олигоценых отложений

юрковской свиты и атлымской свиты и водоносного горизонта сымской свиты верхнего мела [28, 37- 40].

Воды эксплуатируемых отложений, как первого, так и второго водозабора, являются пресными (сухой остаток на водозаборе № 1 – 276÷293 мг/л и на водозаборе № 2 – 206÷290 мг/л) и относятся к гидрокарбонатному типу. По величине общей жесткости подземные воды относятся к умеренно жестким (классификация Алекина О.А.), величина общей жесткости в среднем составляет 5,7 мг-экв/л на первом и 4,1 мг-экв/л на втором водозаборе. Среда вод определяется как нейтральная, среднее значение рН составляет 7,1 [39].

В подземных водах отмечаются повышенные концентрации железа и марганца, имеющие естественную природу, что является характерной особенностью, отличающей подземные воды региона в целом. В отобранных пробах концентрация железа изменяется от 3,3 до 8,7 мг/л на первом и от 1,7 до 3,6 мг/л на втором водозаборах, при ПДК 0,3 мг/л, и марганца 0,11÷0,44 мг/л и 0,14÷0,37 мг/л соответственно при допустимом 0,1 мг/л. По составу водорастворенных газов, в основном, азотные. Насыщенность водовмещающих отложений палеогена (особенно новомихайловской свиты) органическими веществами, имеющими, как природное, так и антропогенное происхождение, способствует образованию метана в подземных водах в повышенных количествах на отдельных участках. Здесь воды становятся метаново-азотными (Таблица 1.2), что установлено на отдельных участках в долине р. Томи на ее левом берегу [47].

При сравнительном анализе многолетних предыдущих и актуальных результатов химических, бактериологических, микробиологических, паразитологических и радиологических исследований подземной воды Северского месторождения существенного ухудшения её качества не выявлено.

Подземные воды палеогеновых отложений, используемые водозаборами городов Томск и Северск, хорошо защищены слабо проницаемыми глинистыми слоями от поверхностного загрязнения. На большей части территории области они считаются защищенными, за исключением зон, где отсутствуют глинистые

водоупоры, так называемые «литологические окна». В этих местах возможно перемещение вод из верхних горизонтов в нижние слои [31, 38, 39].

Таблица 1.2 – Сравнительный состав водорастворенных газов подземных вод²

Объем газа Глубина залегания	O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄	O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄
	об. %/л				мл/л			
Обь-Томское междуречье и правобережье р. Томи								
Водоносный горизонт четвертичных отложений								
30÷45	3÷13	63÷82	7÷22	1÷12	1,3÷3,9	21÷33	2÷10	0,4÷5,4
Водоносный комплекс палеогеновых отложений								
30÷70	2÷12	60÷78	3÷13	3÷44	0,6÷4,9	21÷40	1÷9,5	4÷16
Водоносный комплекс меловых отложений								
30÷78	1÷5	40÷92	1÷13	7÷41	0,3÷3,5	15÷30	0,3÷5,2	2÷24,6
Северский водозабор (палеогеновый комплекс)								
16÷38	3÷17	69÷90	2÷9	0,2÷21	0,5÷6,4	13÷29	0,5÷1,6	0,03÷4

Источником появления метана в подземных водах является органическое вещество, заключенное в водовмещающих отложениях палеогенового комплекса. Биохимические процессы, проходящие в подземной гидросфере с участием микроорганизмов, приводят к разложению органического вещества с образованием метана в условиях восстановительной обстановки (анаэробной) [48].

Повышению количества метана в добываемой воде могут способствовать также метанобразующие бактерии. В условиях застойного режима в водоводе, в скважине (при остановках скважины, перекрытии задвижек и др.) процессы метанообразования усиливаются. Микробная деятельность может негативным образом влиять на состояние инженерных сооружений водозабора: способствовать дополнительному накоплению метана и создавать в комплексе с другими микробами, присутствующими в водоносных горизонтах, активную коррозионную среду [48].

² С глубиной залегания водоносных подразделений увеличивается общая газонасыщенность подземных вод.

Помимо водозаборов гг. Томска, Северска, Асино работы по комплексной регенерации проводились на водозаборах подземных вод Новосибирской области, эксплуатирующие палеозойские отложения.

1.3 Снижение производительности водозаборных скважин и методы их восстановления

Под эффективной работой существующих водозаборов (водозаборных скважин) подразумевается такой оптимальный вариант, при котором одновременно достигается максимальный водоотбор и сохраняется заданная гидрогеологическая обстановка [15].

Снижение производительности в процессе эксплуатации водозаборных скважин обусловлено, чаще всего, процессами кольматации как прифильтровой зоны скважин, так и самих фильтров скважин. Кольматирующие отложения увеличивают гидравлическое сопротивление, вследствие чего отмечается снижение притока воды в скважины [49]. Решением вопросов поддержания производительности в разное время занимались многие авторы [50-54].

Процессы кольматации фильтров являются одной из основных причин, приводящих к снижению дебита водозаборных скважин. При этом закономерно увеличение срока окупаемости, а, следовательно, и себестоимости добываемой воды. Так, в частности, исследования гидрогеологов НТГУ показали, что в Новосибирской области при заборе воды из аналогичных водоносных слоев, что и в Томской области, от 22% до 65% скважин становятся непригодными вследствие кольматажа [55].

В зарубежной литературе термин «кольматация» применяется для обозначения процесса механического осаждения частиц в поровом пространстве, а для обозначения химического осаждения различных минеральных соединений используется термин инкрустация [56].

Эффективность работы фильтров водозаборных скважин значительно зависит от кольматационно-суффозионных процессов на контактах каркас фильтра

– порода, гравийная обсыпка – порода и каркас фильтра – гравийная обсыпка [12, 19]. В ходе эксплуатации скважин в большинстве случаев наблюдается снижение их производительности, обусловленное отложением в отверстиях фильтров (Рисунок 1.7), порах гравийной обсыпки и водоносных породах осадков физико-химического и биологического происхождения.



Рисунок 1.7 – Кадры обследования водозаборной скважины (№ 33).

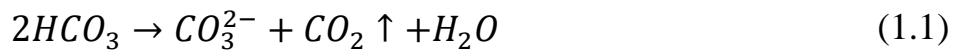
Наблюдается частичная кольматация в отверстиях фильтра

Различают три вида кольматации: механическую, химическую и биологическую [57, 58].

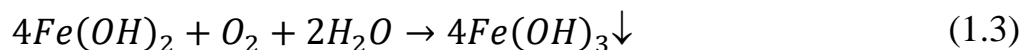
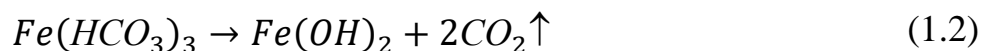
Механическая кольматация наблюдается в фильтрах вследствие несоответствия проходных отверстий фильтров гранулометрическому составу водовмещающих пород. В результате водоприемные отверстия фильтров заклиниваются или перекрываются песком, глиной, гравием, в связи с чем дебит скважин снижается на 20÷30% [19, 21]. Механическая кольматация пород прифилтровой зоны наблюдается в результате суффозионных процессов. Суффозия может повлечь за собой как улучшение проницаемости пород (при выносе частиц), так и ее снижение (при закупорке поровых каналов). Причиной суффозии может быть резкое увеличение производительности скважин по сравнению с достигнутой на стадии освоения. С увеличением производительности скважин происходит вынос частиц пород в фильтр (пескование скважины) и

увеличение пропускной способности прифилтровой зоны [51, 54]. Уменьшению механической кольматации способствует создание дополнительного фильтра из крупнозернистого песка или правильно выполненная гравийная обсыпка вокруг водоприемной части искусственного фильтра [57-59].

Химическая кольматация обусловлена нарушением химического состава подземных вод в результате изменения гидродинамических параметров фильтрационного потока. При уменьшении давления воды в ней уменьшается растворимость газов (в основном CO_2), происходит их выделение и нарушается углекислотное равновесие:



Прямое определение состава осадков, кольматирующих фильтры и прифилтровые зоны скважин, извлеченных через различные периоды работы, показывает, что они, в основном представлены $\text{Fe}(\text{OH})_2$; $\text{Fe}(\text{OH})_3$; CaCO_3 , $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Mn}(\text{OH})_4$, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, сульфидами металлов. Наиболее распространенными кольматирующими отложениями являются железистые осадки, которые выделяются при откачке подземных вод, содержащих гидроксид железа (II). Переход гидроксида железа (II) в гидроксид железа (III) и выпадение в осадок происходит за счет понижения давления в пласте. Этому также способствует выделение CO_2 и повышение рН воды вследствие нарушения углекислотного равновесия:



Гидроксид железа (III), имеющий студнеобразный вид, откладывается на поверхности фильтров и в поровом пространстве прифилтровых зон продуктивного горизонта. Интенсивность выпадения железистых осадков возрастает при неравномерной откачке воды из скважины [12, 19, 57-59].

Присутствие желто-коричневых отложений свидетельствует о железосодержащей природе осадков. Прогнозирование химической кольматации

фильтров и прифильтровой зоны скважин, причиной которой является нарушение углекислотного равновесия, невозможно, ввиду нарушения естественного гидравлического режима водоносного пласта. Устранение химической коагуляции, вызванной выпадением в осадок гидроксидов железа, возможно снижением величины рН в фильтре и прифильтровой зоне. В этом случае осадки начинают растворяться, и проницаемость пород восстанавливается.

Биологическая коагуляция обусловлена жизнедеятельностью микроорганизмов. Наиболее активно бактерии размножаются вокруг фильтров, где в основном скапливаются осадки, образовавшиеся под действием химических и электрохимических процессов. В большинстве случаев осадки, коагулирующие фильтры и прифильтровые зоны скважин, являются многокомпонентными и могут содержать одновременно соли железа, марганца, карбонаты кальция и магния, а также песок и глину [57, 58].

Выявление причин и типа коагулирующих отложений позволяет осуществлять выбор соответствующих методов профилактики и устранения. В производственных условиях данный фактор следует учитывать при планировании мероприятий по проведению ремонтно-восстановительных работ (РВР) на скважинах [54].

Методы восстановления водоотдачи делятся на физические и реагентные. У каждого из этих методов есть свои достоинства, недостатки и ограничения.

К физическим методам относят: гидравлические и импульсные. В российской практике наиболее распространены следующие гидравлические методы интенсификации работы водозаборных сооружений: эрлифтная прокачка скважин, чистка гидравлическим ершом, струйными аппаратами, свабирование и желонирование [54, 57-60, 62, 63].

Гидравлические методы основаны на размыве глинистой корки струей воды и создании перепада давлений в системе пласт – скважина. В результате происходит обрушение заглинизированной зоны ствола. Гидравлические методы способствуют разрушению водноколлоидных связей

рыхлых кольтматирующих образований фильтровых отверстий внутренней части фильтра и рабочих колонн. При этом производится удаление шлама из забоя.

Свабирование и эрлифтная откачка являются стандартными операциями, выполняемыми буровыми бригадами, но их успешность низкая. Зачастую после данных обработок дебит не повышается, а, наоборот, за счет повышенной суффозии при значительных нагрузках, имеет место снижение дебита. Также имеют место случаи порыва фильтровых сеток после свабирования (как из легированных сталей, так и из лавсановых), что требует проведения более дорогих ремонтных работ по ликвидации пескования скважины. Этими методами не достигается разрушение кристаллизационных связей цементированного кольтматанта фильтра и прифильтровой зоны [54, 57- 60, 63].

Импульсные способы декольтматации основаны на разрушении кольтматанта ударными волнами и импульсными потоками жидкости. Средства для создания гидроимпульсов давления могут быть самыми различными: вибрации, откачка эрлифтом с прерывателем потока жидкости, электровзрыв, пневмовзрыв и т.д. (Рисунок 1.8) [57-60]. Для подобных методов используется специализированные установки и оборудование [61].

Вибрационные методы интенсификации добычи пластовых флюидов известны и промышленно апробированы с 70-х годов прошлого века [57, 64]. Их реализация возможна с привлечением дополнительного оборудования, не входящего в компоновку буровой установки. Использование импульсных методов регенерации обеспечивает достаточно полное механическое разрушение кольтматирующих осадков и их частичный вынос. При импульсном воздействии ударной волной на кольтматант и создании высокоскоростных гидродинамических потоков создается искусственная трещиноватость в цементированных отложениях. Арсенал технических средств, способных создать гидроимпульсное воздействие на фильтровую часть скважины, широк. К ним относятся: взрыв торпеды тротилового детонирующего шнура, взрыв газовой смеси, пневмоимпульс, высоковольтный электрический разряд и др. Источником создания упругих гидродинамических воздействий может быть вибрация и



Рисунок 1.8 – Схема работ по восстановлению дебита скважин с одновременной откачкой песка, продуктов коррозии, кольматанта из ствола скважины [59]

ультразвук. Успех этих работ обеспечивается обоснованным выбором периода между восстановлением технологических параметров скважин [57-59].

Импульсная обработка скважин целесообразна при химической кольматации. При данном способе восстановления производительности скважины следует учитывать прочностные характеристики фильтра, которые должны быть настолько высоки, чтобы выдержать действие волны давления и гидротока. Импульсная обработка противопоказана при наличии процесса пескования скважины ввиду нарушения целостности фильтров, поскольку присутствует риск полного закрытия фильтра [54].

Импульсную обработку скважин целесообразно применять в водозаборных скважинах, оборудованных фильтрами, снизивших свою производительность в

результате кольтматации зон притока осадками химического происхождения. Производительность скважины может быть восстановлена только в том случае, если ее снижение связано с падением проницаемости вследствие кольтматации фильтра и прифилтровой зоны пласта, а прочностные характеристики фильтра достаточно высоки, чтобы выдержать действие волны давления и гидротока. Противопоказанием к использованию импульсной аппаратуры является пескование скважины вследствие нарушения целостности фильтров, которая приводит, к полному закрытию фильтра [54].

Однако следует помнить о том, что при различных способах создания гидроудара, его физическое воздействие на фильтр оказывается практически одинаковым, что подтверждают многочисленные научные работы [64, 65]. Кроме того, неудаленные частицы разрушенных образований являются катализатором процесса кольтматации (в частности, за счёт способности гидроксидов железа адсорбировать различные элементы). Поэтому процесс «старения» водозаборных скважин, обработанных гидроимпульсными способами, протекает значительно интенсивнее, чем у новых водозаборных сооружений или восстановленных реагентным методом. В результате после виброволновой, пневмоимпульсной или электрогидроимпульсной обработки также возможно не повышение, а снижение дебита [60, 66].

На форсированных режимах обработки пневмоимпульсные и электрогидроимпульсные методы дают высокие результаты повышения дебита, но при этом до 30–50% скважин, оснащенных сетчатыми фильтрами, начинают песковать. Наиболее целесообразно использование таких методов на бесфильтровых скважинах [60, 66].

Структура и характер отложений цементированных пород в зоне установки фильтров подтверждают, что все механические и гидромеханические способы очистки фильтров через ствол не могут удалить осадки на его внешней поверхности и в зоне прилегающих пород. Применение взрывного способа также малоэффективно, поскольку при взрыве растрескиваются зацементированные

зоны, образуются микротрещины без нарушения связи химических осадков с частицами горных пород.

Известен способ, который заключается в герметизации скважины заглушкой на глубине ниже статического уровня воды с последующей ее выдержкой от 3 до 6 месяцев. После выдержки и отмирания биологического кольматанта производят очистку внутренней поверхности ствола скважины и фильтра с последующей откачкой пульпы. Откачку пульпы производят насосным агрегатом с обрезиненными лопастями. Далее выдерживается скважина в течение 7÷14 дней в спокойном состоянии. После выдержки этого времени происходит стабилизация потоков воды и размывка отмершего биологического кольматанта из прифильтровой зоны [67]. Недостатком этого способа является сложность, невозможность размещения пневматической заглушки на необходимой глубине ниже статического уровня, низкая эффективность за счет остаточного кольматажа в прифильтровой зоне скважины.

Основной задачей работ при восстановлении производительности скважин, оборудованных фильтрами, является удаление кольматирующих отложений с фильтра и из прифильтровой зоны. При этом главная трудность заключается в удалении кольматанта с наружной поверхности фильтра и гравийной обсыпки (водоносных пород).

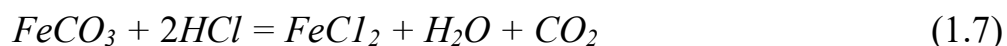
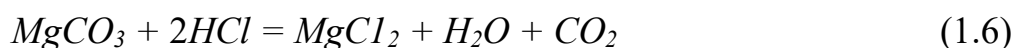
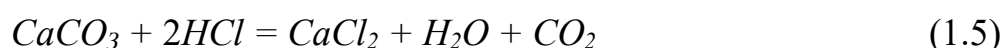
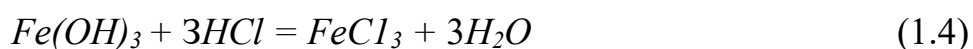
Наиболее эффективно в таких случаях воздействие химических реагентов на закольматированные фильтры и прифильтровые зоны. Сущность реагентных методов восстановления водоотдачи заключается в воздействии на фильтр и прифильтровую зону реагентов, растворяющих кольматирующие вещества. Кроме того, реагенты могут воздействовать на более удаленную зону пласта, формируя в породе новые фильтрационные каналы [63].

В практике эксплуатации скважин могут применяться четыре основных реагентных способа регенерации: 1) реагентная ванна; 2) циклическое задавливание реагента за контур фильтра сжатым воздухом; 3) создание поля гидродинамических возмущений; 4) циркуляция реагента в прифильтровой зоне скважины [62].

При обработке скважин применяются, в основном, жидкие или порошкообразные реагенты. В качестве химических реагентов применяют соляную кислоту, глинокислоту (смесь плавиковой и соляной кислот), бисульфат натрия NaHSO_4 ; дитионит натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, триполифосфат натрия $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$ и др. [57, 58, 68, 69]. Некоторые авторы предлагают использовать водный раствор гидросульфата натрия и гексаметафосфата натрия [70].

Эффективный и надёжный реагент выбирают после анализа состава осадков, отлагающихся на водопроводных трубах, погружных насосах и внутренней поверхности обсадных труб. Наиболее распространенным реагентом является соляная кислота HCl , в которую для придания ей антикоррозионных свойств часто вводят ингибиторы (ПБ-5, соль мышьяка и др.). Оптимальная концентрация соляной кислоты для растворения железистых осадков находится в пределах $20 \div 25$ %. [71, 72]. Для повышения эффективности обработки скважины в раствор концентрированной соляной кислоты рекомендуется вводить добавки полифосфатов $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ в количестве $1 \div 1,5\%$ [73]. Высокая эффективность обработки скважин соляной кислотой связана с хорошей растворимостью хлоридов в воде, образующихся в результате взаимодействия кислоты с веществами кальматанта.

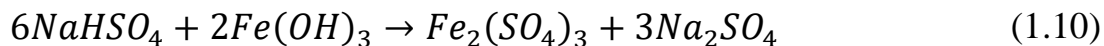
Под воздействием HCl соли переходят в растворимое состояние по следующим уравнениям:



Образующиеся в результате указанных реакций растворенные продукты и газы удаляются из скважины при последующей откачке. Процесс растворения

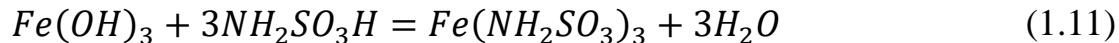
существенно интенсифицируется нагревом кислоты до температуры $50\div 60^\circ\text{C}$ [71-73].

Механизм основных процессов взаимодействия порошкообразного бисульфата натрия с кольматирующими соединениями может быть описан следующим уравнением (для гидроксида железа):



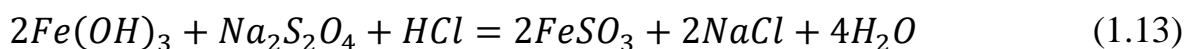
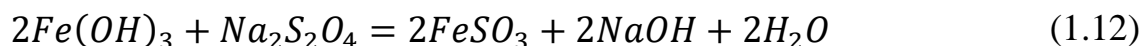
Оптимальные условия применения этого реагента характеризуются следующими пределами: концентрация $5\div 7\%$, температура $60\div 70^\circ\text{C}$. Известен способ обработки скважин раствором сульфаминовой кислоты $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$, которая применяется обычно в порошкообразном или гранулированном виде. При ее диссоциации в воде раствор приобретает сильно выраженные кислотные свойства [71-73].

Основные реакции сульфаминовой кислоты с кольматирующими соединениями записываются следующим образом:



В соответствии с опытными данными оптимальная концентрация сульфаминовой кислоты находится в пределах $7\div 10\%$ и ее растворяющая способность железистых соединений в 10 раз ниже, чем у соляной кислоты. Степень растворения кольматирующих соединений максимально увеличивается в диапазоне температур $80\div 100^\circ\text{C}$ [71-73].

Механизм процесса восстановления трехвалентного железа дитионитом натрия в водном растворе от щелочной до кислой сред описывается следующими уравнениями:



Оптимальные параметры использования этого реагента следующие: концентрация $6\div 8\%$, pH среды $6\div 8$, температура не выше 18°C [71-73].

При реагентной обработке растворяют кольматирующие отложения при подаче реагента в призабойную зону скважины, однако опыт регенерации водозаборных скважин выявил, что данные химические реагенты являются агрессивной средой и зачастую при неправильном подборе концентраций, могут вызвать образование питтингов и язв на водоподъемном оборудовании, стволе скважины и фильтре, что приводит к окончательному выводу из строя водозаборных скважин.

Существует способ повышения эффективности процесса регенерации путем увеличения кислотности раствора реагента. Поставленная цель достигается тем, что, согласно способу реагентной регенерации фильтров водозаборных скважин, включающему в фильтровую зону подачу реагента и его электролиз, под действием постоянного электрического тока одновременно с электролизом реагента производят откачку прикатодного слоя реагента [74].

Следует отметить, что в производственной практике имеются случаи снижения дебита скважин после их кислотной обработки. Причиной является нерациональный подбор концентрации соляной кислоты или ее низкое качество. Повышенное содержание железа может приводить к образованию водонерастворимых соединений, а также к пескованию скважин, вызванного разрушением каркаса и сеток фильтровой колонны из-за агрессивного кислотного действия на изношенные элементы фильтра.

1.4 Постановка задач исследования

Водоснабжение Западно-Сибирского региона в большей части основано на использовании подземных водоисточников. Артезианская скважина – первый и основной элемент системы водоснабжения данного вида, в большинстве случаев работает недостаточно эффективно, по ряду причин. В связи с этим тема диссертационной работы, направленная на исследования и разработку методов повышения эффективности работы систем водоснабжения из подземных водоисточников, позволяет решить актуальную задачу в области народного хозяйства.

Основной причиной снижения производительности водозаборных скважин является кольматаж оборудования.

В рамках поставленных задач необходимо было провести аналитические исследования качественного и количественного состава подземных вод, характеристик и свойства минеральных новообразований в регионах Сибири с целью увеличения срока эксплуатации водозаборных скважин путем их регенерации, а также замены материала основных конструктивных элементов на полимеры.

Для решения задачи максимального сокращения негативного воздействия реагентов, применяемых для регенерации необходимо проведение технологических исследований по подбору вида реагента, его количества, обоснования рациональной технологии обработки в зависимости от гидрогеологических условий и конструкции скважины, а также надежного метода контроля хода обработки и критерия оценки ее окончания.

1.5 Выводы по главе 1

1. Водозаборные скважины являются первым и крайне важным элементом системы водоснабжения из подземных источников. В зависимости от общих геологических и гидрогеологических условий участка размещения водозабора выбирают конструкцию водозаборных скважин, а также тип фильтра, предназначенного для защиты скважины от занесения частицами грунта из водоносного слоя.

2. Анализ состояния подземных вод Сибирского региона показал, что все подземные воды, пригодные для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, имеют повышенное содержание железа и марганца, а также значительное количество органических примесей. Наличие в подземных водах органических веществ и микроорганизмов приводит к образованию метана, что в сочетании с жизнедеятельностью бактерий создает активную коррозионную среду.

3. В процессе эксплуатации водозаборных скважин за счет кольматации фильтров и прифильтровых зон водоносного пласта происходит снижение дебита

скважин вплоть до полного прекращения забора воды. Существует ряд методов для восстановления водоотдачи скважин: физические и реагентные. При выборе вида регенерации скважины должны быть учтены все факторы, определяющие виды кольматации для условий конкретного водоносного пласта. Однако все известные методы регенерации скважин имеют ограничения, не позволяющие эффективно регенерировать бóльшую часть скважин Сибирского региона, вследствие наличия в них не только химических, но и биологических обрастаний.

Поэтому автор, как приверженец реагентного способа интенсификации дебита, поставил перед собой задачу разработки эффективного комплексного подхода к восстановлению водозаборных скважин.

ГЛАВА 2

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОЦЕССОВ РЕАГЕНТНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

2.1. Методика проведения исследований

2.1.1 Обследование водозаборных скважин

Для обследования водозаборных скважин использовался метод телеметрии, относящийся к комплексу геофизических исследований (ГИС). Применялась современная геофизическая аппаратура, позволяющая оперативно производить комплексную обработку и интерпретацию промыслово-геофизической информации с помощью персональных компьютеров, использующих новейшие средства программного обеспечения. Гамма каротаж, относящийся к классическим методам ГИС, позволяет расчленить геологический разрез, по естественной радиоактивности пород [75, 76].

Телеинспекция видеокамерой и отбивка башмака колонны и интервала фильтров позволяют определить техническое состояние водозаборных скважин, определить необходимость их ремонта или перебуривания с целью получения необходимого объема воды. Расходомерия и термометрия позволяют расчленить геологический разрез по фильтрационным свойствам в интервалах установки фильтров и необсаженной части водозаборных скважин [62, 77].

Телеметрия (теледиагностика) водозаборной скважины дает наглядную полную картину технического состояния ствола скважины и фильтра. Телеметрия позволяет вести визуальные наблюдения за внутренним состоянием скважины, имеется возможность определить нарушения различного рода в конструкции любой скважины, отследить присутствие посторонних предметов в самой скважине, оценить степень зарастания стенок скважины и перфорации фильтров кольматантом, при этом на экране отчетливо видно происхождение кольматанта (биологический или физико-химический), а также определить отметку участка пескования и многое др. [78].

Телевизионная диагностика осуществлялась при проведении ремонтных работ. Суть метода заключается в использовании миниатюрной видеокамеры для визуального осмотра скважины и выявления дефектов. Также на камере имеется светодиод для работы в темноте. С помощью этого метода можно определить целостность фильтра, обсадной трубы и швов, степень заиливания, характер отложений, статический и динамический уровни воды и, в случае застревания насоса, его причину и положение насоса в трубе [77, 79].

Использование прибора визуального контроля сокращает временные затраты по регенерации скважины в десятки раз, соответственно, и экономические элементы затрат как в части регенерации скважин, так и в технологическом обеспечении производства в целом [62]. При обрыве водоподъемного оборудования и извлечении посторонних предметов сокращение временных затрат обусловлено возможностью регулировать местоположение захватного устройства в различных направлениях осуществляющим данные работы специалистом инженерно-технической службы.

В настоящее время существует множество приборов телевизионной диагностики. В рамках данной работы для обследования скважин применялся мобильный видеокомплекс, в состав которого входили: лебедка с электроприводом, система для контроля каротажа и прибор контроля технического состояния скважин, оборудованный фронтальной и боковой видеокамерами «КП-512ВК» (Рисунок 2.1) [78]. Максимальная глубина визуального обследования 500,00 м. Разрешающая способность видеокамер и регистратора «Геофит ВК1110» достаточна для четкого распознавания любого дефекта в конструкции скважины.



Рисунок 2.1

Видеокамера «КП-512ВК»

На водозаборах гг. Томска, Северска и др. видеообследование скважин проводилось системой телеинспекции скважин jProbe LONG с моторизованным барабаном (ООО «ДЖЕНЕРАЛ ОПТИКС») [79].

Следует отметить, что анализ состояния скважин различен в зависимости от того, производится оценка работающей или неработающей скважины. Во всех случаях обязательны оценка работы водоподъемного оборудования, демонтаж насоса, измерение глубины скважины, определение динамического $H_{дин}$ и статического уровней $H_{ст}$, дебита Q (в работающей скважине) и расчет удельного дебита:

$$q=Q \cdot S, \quad (2.1)$$

где S – понижение уровня воды в скважине при откачке:

$$S = H_{дин} - H_{ст} \quad (2.2)$$

Помимо оценки технического состояния водоподъемного оборудования производилась экспертная оценка его соответствия потенциальным возможностям пласта.

Фактическую глубину скважины на момент обследования сравнивали с начальной глубиной, т.е. заявленной в паспорте. Исходя из этих данных, делался вывод о степени заиливания фильтра и необходимости чистки скважины для удаления механических и химических осадков из отстойника, а также из нижней части фильтра.

Значения динамического и статического уровней позволяли сопоставить их величины во время подготовки регенерационных работ и пуска скважины в эксплуатацию, а также определить удельный дебит скважины в данный период.

Уровни в скважине измеряли от одной отметки. Вначале в работающей скважине электроуровнемером измеряли ее динамический уровень $H_{дин}$ и дебит Q . Откачка при опробовании скважины осуществлялась при понижении уровня, близком к понижению уровня в начальный период эксплуатации скважины. Дебит скважины определяли по расходомеру или объемным способом. При откачке в воде определяли содержание песка. Эта норма не должна превышать 0,01% по

массе при установке электропогружных насосов. Восстановительные мероприятия в пескующих скважинах до ликвидации этого процесса не производили.

Затем скважину отключали и измеряли восстановление уровня, т.е. постепенный его подъем до статического уровня $H_{ст}$. Выполняли 8÷10 промежуточных замеров восстановления уровня и прослеживали его восстановление не менее 2 часов.

В простаивающей скважине последовательность операций несколько иная: вначале определяли $H_{ст}$. Затем монтировали водоподъемное оборудование и после 2÷3 часов откачки определяли дебит скважины Q и динамический уровень $H_{дин}$ в ней. Далее рассчитывали понижение уровня S и удельный дебит q .

Сопоставление текущего удельного дебита с первоначальным позволяло выявить необходимость восстановительных мероприятий. Как правило, такая необходимость возникает при снижении удельного дебита на 20÷30% по сравнению с первоначальным, т.е. при сдаче скважины в эксплуатацию.

Для анализа и прогноза изменений гидрогеологических условий в районе работающих водозаборов предусмотрена система мониторинга уровней и качества подземных вод. Аналитические работы выполнялись в аккредитованных лабораториях АО «Северский водоканал» и ОАО «Томскгеомониторинг» [43, 45, 79-80].

2.1.2 Изучение микрофлоры подземной воды

Изучение микрофлоры подземной воды водозабора №1 проводилось в течение трех лет. С различной периодичностью опробовались от 3 до 25 скважин, в которых выявлялись те или иные физиологические группы микроорганизмов.

В воде скважин выявлялись следующие физиологические группы бактерий: мезофильные сапрофиты, гетеротрофы, нефтеокисляющие, нитрифицирующие, денитрифицирующие, сульфатредуцирующие и уробактерии.

При исследовании микрофлоры подземных вод использовались методики, изложенные в [81-85]. Исследуемая вода высевалась или на твердые среды в чашки Петри, или на жидкие в пробирки. На чашках подсчитывалось количество выросших колоний. Посев в пробирки осуществлялся методом предельных разведений и о количестве бактерий судили по визуальным изменениям среды, свойственным каждой физиологической группе бактерий. Интенсивность роста оценивали в баллах. При количественной оценке роста в пробирках пользовались Таблицами Мак-Креди, составленными на основе статистических методов.

Сапрофиты различных трофических уровней выявляли посевом аликвоты на мясопептонный агар различной концентрации. Мезофильные сапрофиты высевались на концентрированный неразведенный мясопептонный агар, и посеvy культивировались в термостате при температуре 37°C. Подсчет колоний проводился, спустя сутки.

Гетеротрофы определялись на мясопептонном агаре, разведенном в 10 раз, культивировались при температуре 19÷24°C в течение 7 суток.

Уробактерии, специфическая группа бактерий, источником азота для которых служит карбамид, выявляли на нативной (исходной) воде с добавлением минеральных солей по прописи [83]. Посевы культивировали при температуре 19÷24°C в течение трех недель.

Аммонифицирующие бактерии, разлагающие сложный белок пептон с выделением в среду аммиака, выявляли на среде PW.

Нефтеокисляющие бактерии, являющиеся показателями наличия в воде нефти и нефтепродуктов, выявляли на агаризованной среде Мюнца с нефтью в качестве единственного источника углерода и энергии. Посевы культивировали при температуре 19÷24°C в течение трех недель. По истечении срока инкубации подсчитывали выросшие колонии [86].

Нитрифицирующие микроорганизмы выявлялись на среде Виноградского методом предельных разведений. Сигналом наличия в среде искомой группы

бактерий было появление нитритов и нитратов. Посевы инкубировались в течение четырех недель при температуре 24°C.

Денитрифицирующие бактерии выявлялись на среде гильтая методом предельных разведений. Инкубировались при 24°C в течение двух недель. Признаком наличия в среде бактерий служило изменение рН, цвета культуральной жидкости, появление в среде азота или аммиака, что фиксировалось по появлению пены [83, 87, 88].

Сульфатредуцирующие бактерии культивировались на средах Таусона, Штурма с лактатом кальция в качестве источника органического вещества. Посев осуществляли способом предельных разведений. Об интенсивности процесса редукции сульфатов судили по появлению в среде черного осадка сульфида железа, образующегося в результате реакции сероводорода (результат микробной редукции сульфатов) и находящегося в среде железа. Интенсивность редукции сульфатов оценивалась в баллах по скорости образования осадка и по интенсивности цвета этого осадка. Шкала оценки осадка по скорости образования осадка составлена следующим образом. Баллом 5 оценивался осадок, появляющийся в течение 5÷7 дней; баллом 4 оценивался осадок, появившийся спустя 6÷10 дней; баллом 3 – через 11÷20 дней; баллом 2 – через 21÷40 дней и баллом 1 оценивался осадок, появившийся через 41÷60 дней, спустя от начала посева. Шкала оценки осадка проводилась по цвету осадка: 1 балл – осадок бледно-серый; 2 балла – осадок бурый; 3 балла – осадок интенсивного черного цвета. Произведение балла оценки скорости образования осадка на балл оценки интенсивности цвета давал итоговый балл оценки интенсивности сульфатредукции [87].

2.1.3 Определение коррозионной активности воды

Коррозионную активность воды и накопительных культур микроорганизмов изучали, придерживаясь рекомендаций, изложенных в [86, 89-95]. При испытании

применялись плоские образцы, являющиеся частями деталей отслуживших насосов, выполненные из стали. Поскольку образцы имели следы коррозии, они были исследованы на наличие различной микрофлоры. Посев водного смыва с поверхности образцов на мясо-пептонный агар показал, что они обильно заселены гетеротрофной кокковой микрофлорой, указывающей на воздушное загрязнение. Загрязнение такого характера, возможно, произошло при хранении деталей в запыленных помещениях или на воздухе.

Для выявления наличия на образцах сульфатредуцирующих бактерий, они были помещены в стерильные пробирки и залиты соответствующей питательной средой, селективной для данной группы бактерий. Черный осадок сульфида железа, свидетельствующий о развитии в среде сульфатвосстанавливающих бактерий, появился в пробирках с образцами через день. Поэтому, согласно положениям [89], индекс активности сульфатвосстанавливающих бактерий был оценен в 100 баллов – максимально высокий для такого рода процессов оценкой.

Для определения коррозионной активности воды образец помещали в колбу и заливали водой, полученной из скважины № 6а. Воду перемешивали с помощью магнитной мешалки и подогревали до температуры $20 \div 24^\circ\text{C}$. Время проведения испытания составляло две недели. Для определения потери массы образца его поверхность предварительно была тщательно очищена, пленка из продуктов коррозии была удалена поверхностно-активным моющим средством, промыта водой, обезжирена. Образец был просушен, взвешен и простерилизован.

Определение коррозионной активности сульфатвосстанавливающих и денитрифицирующих бактерий проводилось в следующем порядке. Образцы, подготовленные соответствующим образом, как описано выше, помещались в стерильные емкости и заливались накопительными культурами сульфатредуцирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, полученных на основе выделенных из скважин №№ 1 и 6а активных штаммов. Время культивирования составляло две недели, температура – $20 \div 24^\circ\text{C}$.

2.1.4 Реагентная регенерация скважин

В технологии реагентной обработки выделяются следующие последовательно осуществляемые операции: выбор реагента и расчет его достаточного количества; приготовление раствора для обработки; определение гидродинамического режима обработки и времени ее окончания; прокачка скважины после обработки [50-54].

Реагент для обработки скважин выбирают в зависимости от типа и состава кольматирующих соединений, а также устойчивости конструктивных элементов к кислотам. Количество реагента P_P определяется в зависимости от количества кольматанта P_K в скважине (в прифилтровой зоне и непосредственно на фильтре) с учетом коэффициента K_C , учитывающего оптимальную концентрацию реагента (Таблица 2.1). Количество реагента принимается с 20 %-ным запасом [52]:

$$P_P = 1,2(K_C \times P_K) \quad (2.3)$$

$$P_K = V \times n \times e \times \rho \quad (2.4)$$

где: P_K – количество кольматанта; V – объем обрабатываемой зоны; n – пористость пород прифилтровой зоны (0,1÷0,35); e – степень кольматации порового пространства (0,1÷0,25); ρ – плотность кольматанта, кг/м³ ($\rho_{Fe(OH)_3} = 2200 \div 3100$ кг/м³).

Таблица 2.1 – Значения коэффициента K_C для реакций между гидроксидом железа $Fe(OH)_3$ и отдельными реагентами

Реагент	HCl				NaHSO ₄	
	5	1	2	2	5	7
Концентрация, %	5	1	2	2	5	7
K_C	2	1	5	3	6	4

2.2 Экспериментальные исследования по восстановлению скважин

Экспериментальные исследования проводились на водозаборных сооружениях г. Северска, г. Томска и ряде скважин г. Асино.

В рамках обследования проведенного на Томском и Северском месторождениях подземных вод, с целью актуализации данных, при участии автора, специалистами ООО «Томскгеомониторинг» была составлена карта фактического материала и состояния эксплуатационных скважин и наблюдательной сети на территории влияния Томского и Северских водозаборов, М 1:200 000 (Приложение Б) [96].

Автором осуществлен сбор, анализ и обработка фактического материала по объекту исследований (в естественных региональных условиях и в условиях эксплуатации крупными водозаборами). Далее приведен более подробный обзор месторождений Томской области, на которых проводились экспериментальные и опытные работы.

2.2.1 Характеристика водозаборов Томской области

Томский водозабор расположен на территории Обь-Томского междуречья, в пределах границ Муниципальных образований «Город Томск» и «Томский район» Томской области. Водозабор начал свою работу в декабре 1973 г. В настоящее время он состоит из 198 эксплуатационных скважин, расположенных на трех его линиях (Рисунки 2.2 - 2.3).

При строительстве водозабора конструкции разведочно-эксплуатационных скважин определялись геологическим разрезом, расчетным дебитом, диаметром водоподъемника в соответствии со строительными нормами и правилами [97- 105].

Первая линия водозабора (I) включает 83 скважины (69 – эксплуатационных, 14 – резервных). Полностью все скважины были введены в эксплуатацию в 1974 г., при этом общий водоотбор достигал 109,5 тыс. м³/сут. На конец 2007 г. водоотбор 67,18 тыс. м³/сут. (Рисунок 2.4)

Вторая линия водозабора (II) вводилась в эксплуатацию, начиная с декабря 1983 г. и включает 58 скважин. На конец 2007 г. водоотбор подземных вод по скважинам II линии составил 55,16 тыс. м³/сут. (Рисунок 2.5).

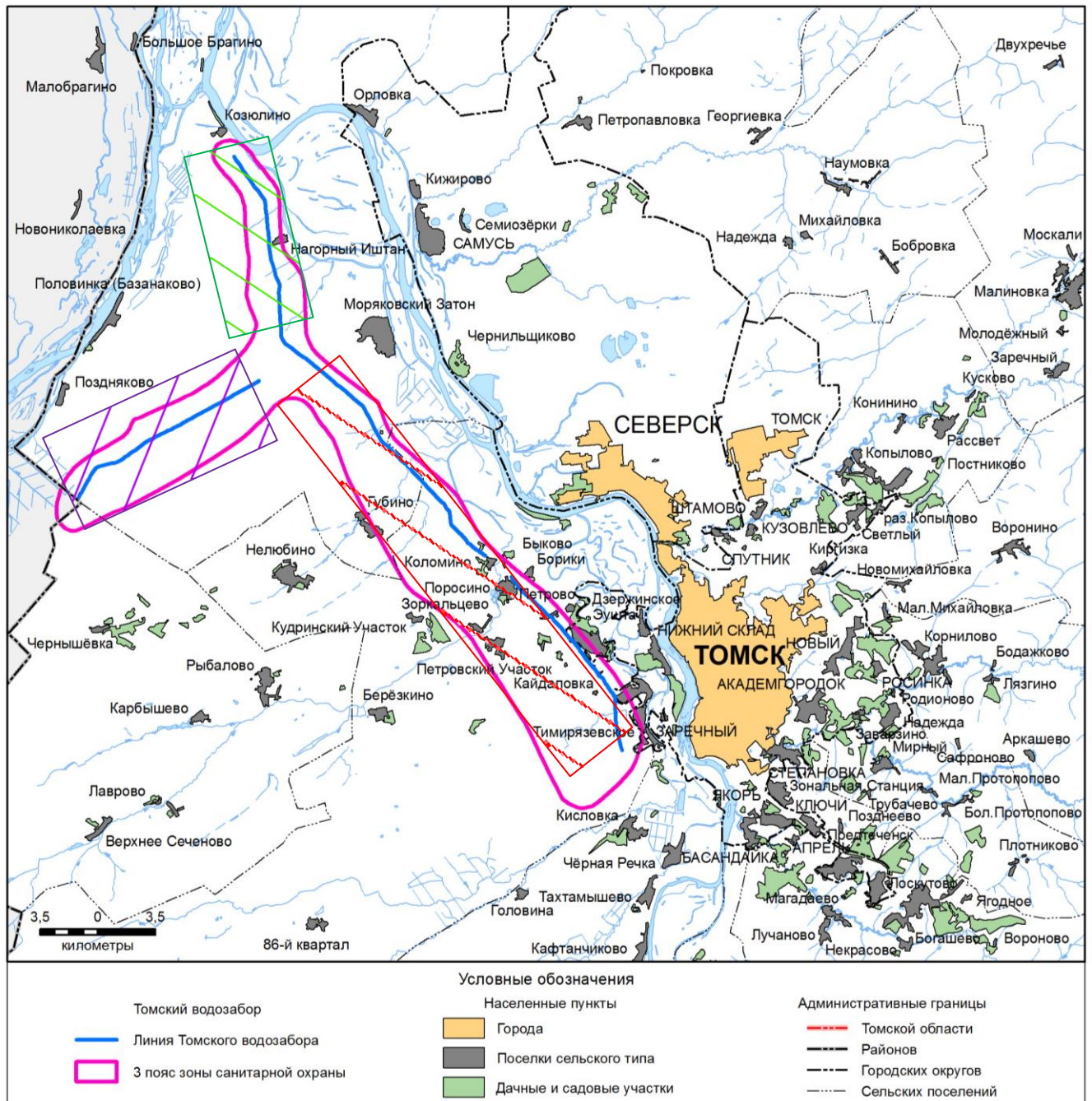





Рисунок 2.2 – Обзорная схема расположения Томского водозабора

-  – первая линия водозабора (участок Южный, Томский);
-  – вторая линия водозабора (Северный участок);
-  – третья линия водозабора (Междуреченский участок)

Линии водозабора

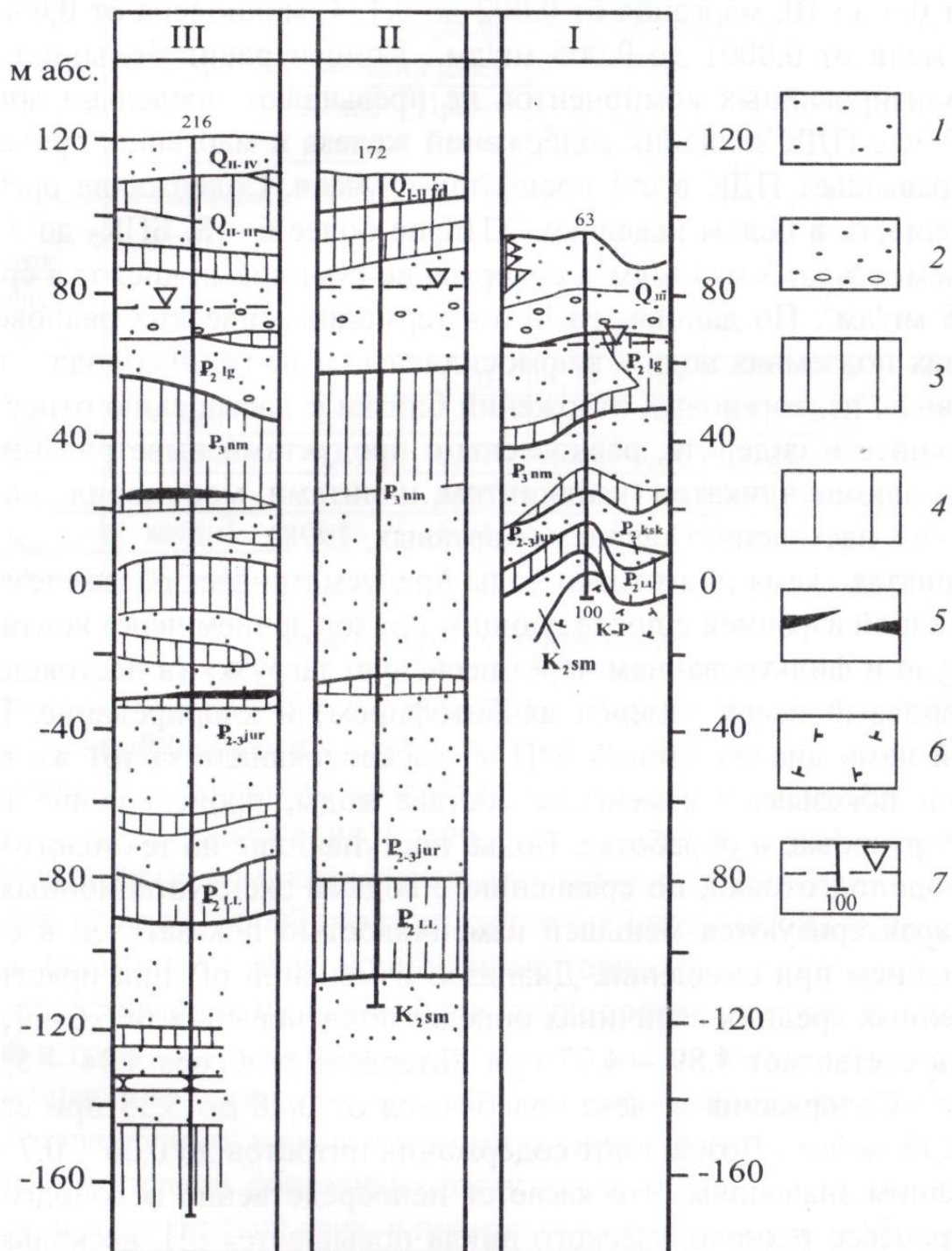


Рисунок 2.3 – Фрагменты геологического строения Томского месторождения подземных вод

- 1 – пески; 2 – пески с гравием; 3 – глины; 4 – суглинки;
 5 – линзы лигнитов; 6 – глины коры выветривания;
 7 – скважина и динамический уровень подземных вод

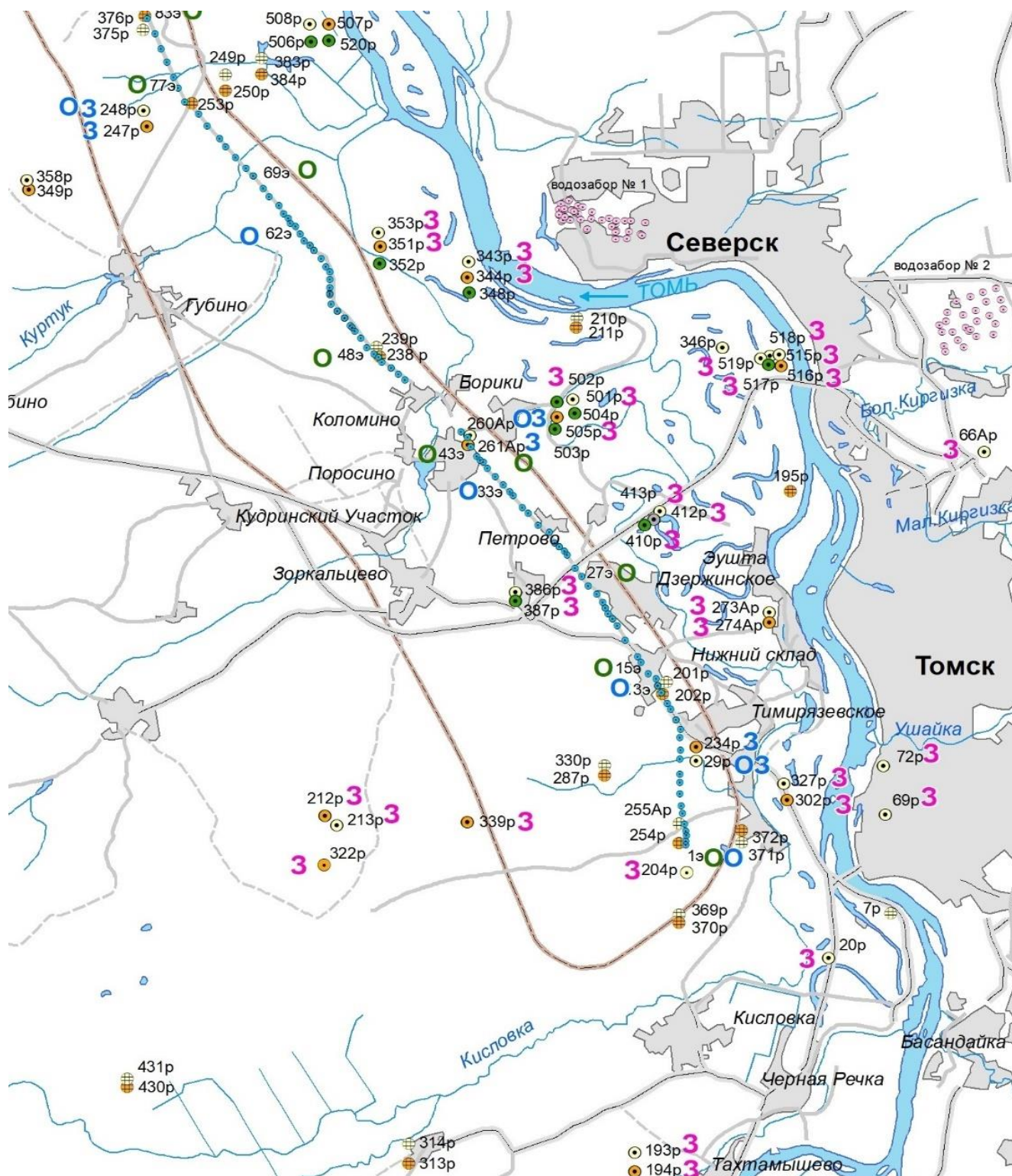


Рисунок 2.4 – Выкопировка с карты фактического материала, отображающая 83 эксплуатационные скважины I линии

Среднесуточный дебит Томского водозабора за 2023 год составил 143,232 тыс. м³/сут. В течение 2023 года в разные месяцы в работе находилось от 86 до 108 скважин [96].

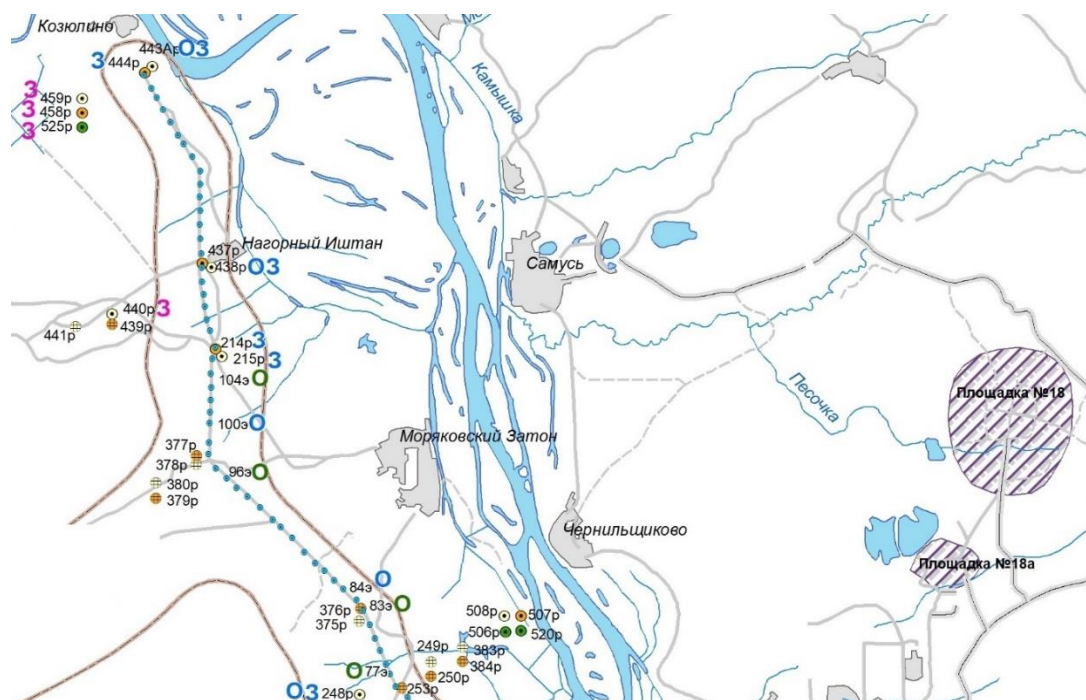


Рисунок 2.5 – Выкопировка с карты фактического материала, отображающая 58 эксплуатационных скважин II линии.

Третья линия водозабора (III) была включена в эксплуатацию в 1989 г. и состояла из 57 скважин. Последние 10 скважин третьей линии включены в общую сеть водозабора в 2004 году. На конец 2007 г. водоотбор подземных вод по скважинам III линии составлял 51,52 тыс. м³/сут. (Рисунок 2.6).

Изменения дебита за весь период эксплуатации водозабора отражены на рисунке 2.7.

Северское месторождение подземных вод является основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и различных объектов инфраструктуры г. Северск Томской области. Существующая система городского водоснабжения включает два подземных водозабора. Скважины водозабора работают в автоматическом режиме. Схема расположения скважин водозаборов площадная, расстояния между участками 8,5 км.

Водозабор № 1, работающий с 1960 г., расположен северо-западнее г. Северск, эксплуатирует подземные воды эоцен-олигоценного комплекса отложений с оцененными запасами подземных вод [85, 97].

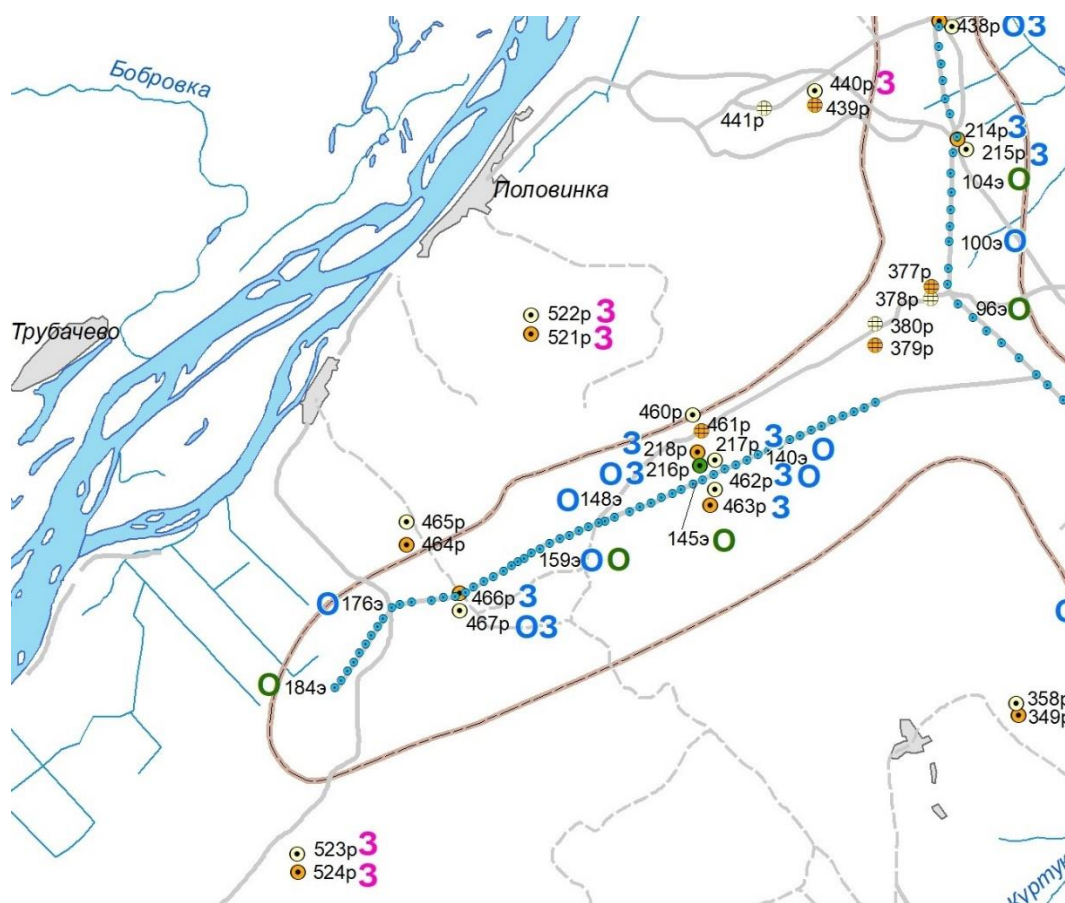


Рисунок 2.6 – Выкопировка с карты фактического материала, отображающая 67 эксплуатационных скважин III линии.

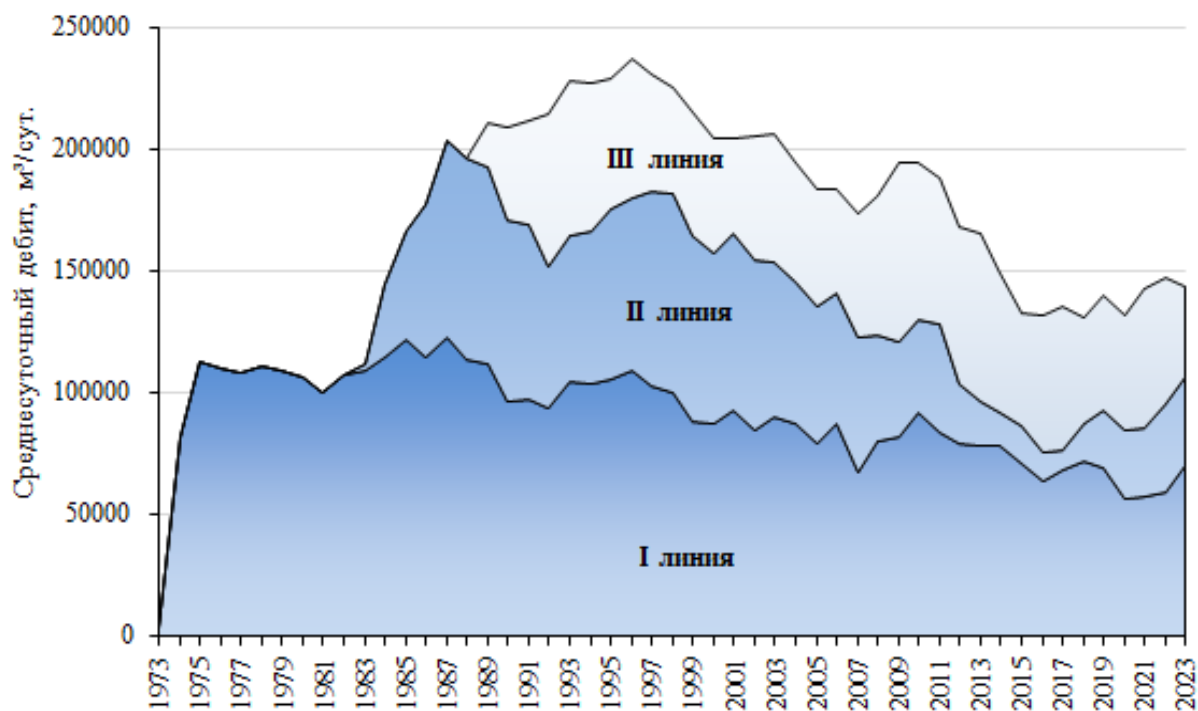


Рисунок 2.7 – Изменение среднесуточного дебита Томского водозабора за период его эксплуатации (1973-2023 гг.)

Водозабор № 1 по состоянию на 01.03.2024 г. включает 35 скважин – 15 скважин в работе, 2 скважины в ремонте, 18 скважин подлежат ликвидации и 1 скважина ликвидирована (Рисунок 2.8).

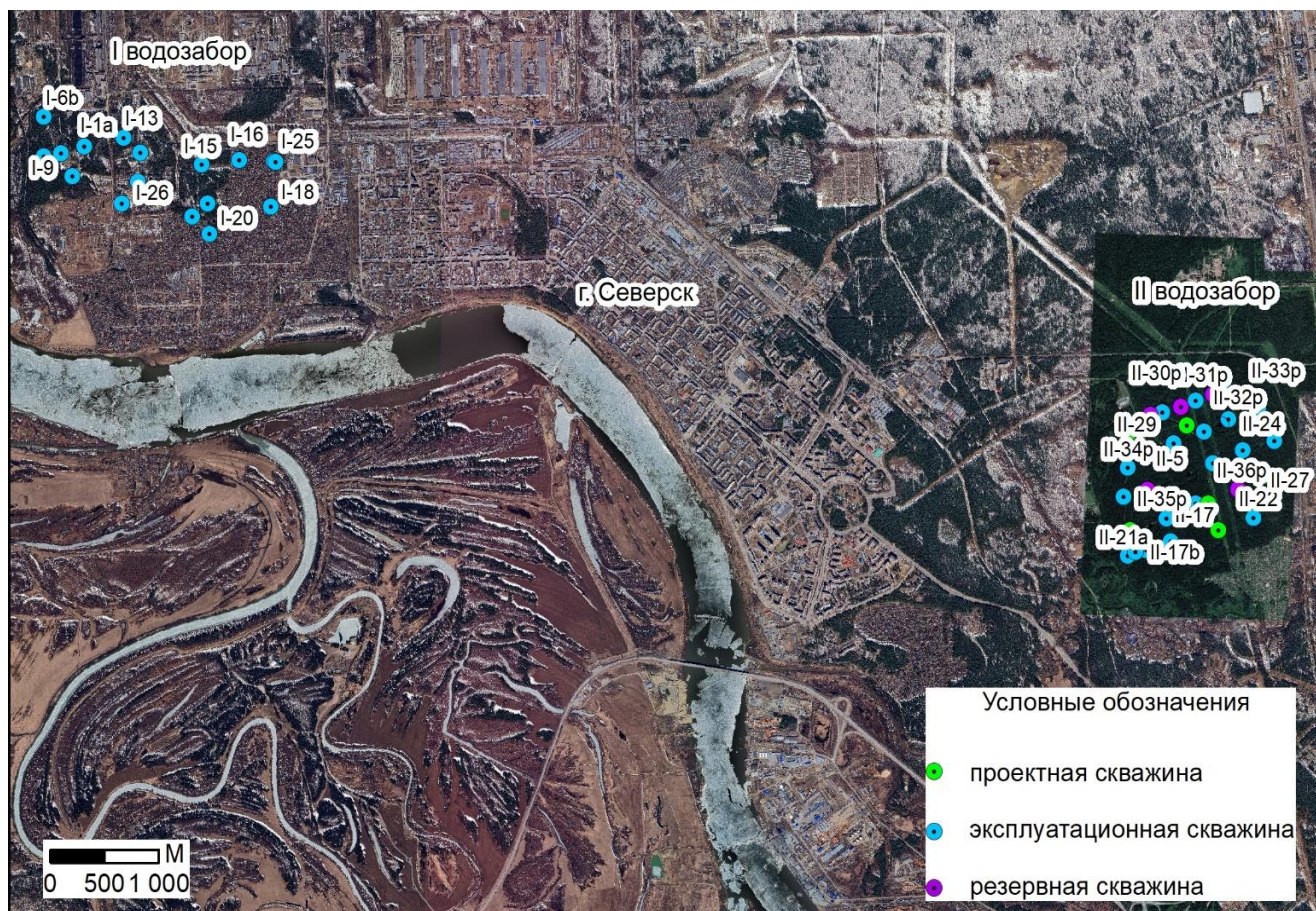


Рисунок 2.8 – Обзорная схема расположения скважин Северского месторождения подземных вод

С наибольшей производительностью (более 50 м³/час) работают скважины в юго- и северо-восточной части водозабора.

Водозабор № 2 расположен в 4 км к востоку от г. Северск, эксплуатация водозабора ведется с 1970 г. По состоянию на 01.03.2024 г. включает: 24 эксплуатационных скважины, 3 проектных эксплуатационных скважины, 6 скважин, подлежащих ликвидации, 1 ликвидированную скважину и 7 проектных резервных скважин.

С учетом ремонтных работ и резерва фонд водозаборных скважин используется неравномерно. Из 27 скважин работает 24, со среднесуточной производительностью от 179 м³/сут до 1 889 м³/сут.

2.2.2 Конструкции скважин водозаборных сооружений г. Северска

В данном разделе наиболее подробно рассматриваются особенности конструкций водозаборных скважин Северского месторождения в связи с тем, что именно с водозаборов г. Северска автором начаты исследования состава подземных вод с целью определения групп микроорганизмов, бактерий, и химического состава, оказывающего непосредственное влияние на интенсивное развитие процессов коррозии, образование осадка и кольматанта.

В типовых конструкциях скважин при каптаже воды из рыхлых водовмещающих пород чаще всего применяют фильтровую колонну, водоприемная часть которой оборудована перфорацией с обмоткой проволокой и сеткой галунного плетения из нержавеющей стали.

Конструкция эксплуатационных скважин типовая с монтажом фильтровой колонны внутри эксплуатационной колонны с использованием сальникового устройства, либо с выводом верха фильтровой колонны на поверхность. Глубина скважин изменяется от 84 до 150 м (Приложение В, Рисунок 2.9).

Типовые конструкции скважин – трех-, четырехколонные включают: санитарные колонны диаметром от 508 до 720 мм, спущенные до глубины 10÷60 м, зацементированы до устья с целью изоляции эксплуатируемого водоносного комплекса от вышележающих грунтовых вод.

Эксплуатационные колонны диаметром 277÷530 мм, опущены на глубину 60÷90 м. Диаметры эксплуатационных колонн, служащих для монтажа водоподъемного оборудования и фильтровой колонны, подобраны с учетом габаритов выпускаемых промышленностью погружных электронасосов необходимой производительности.

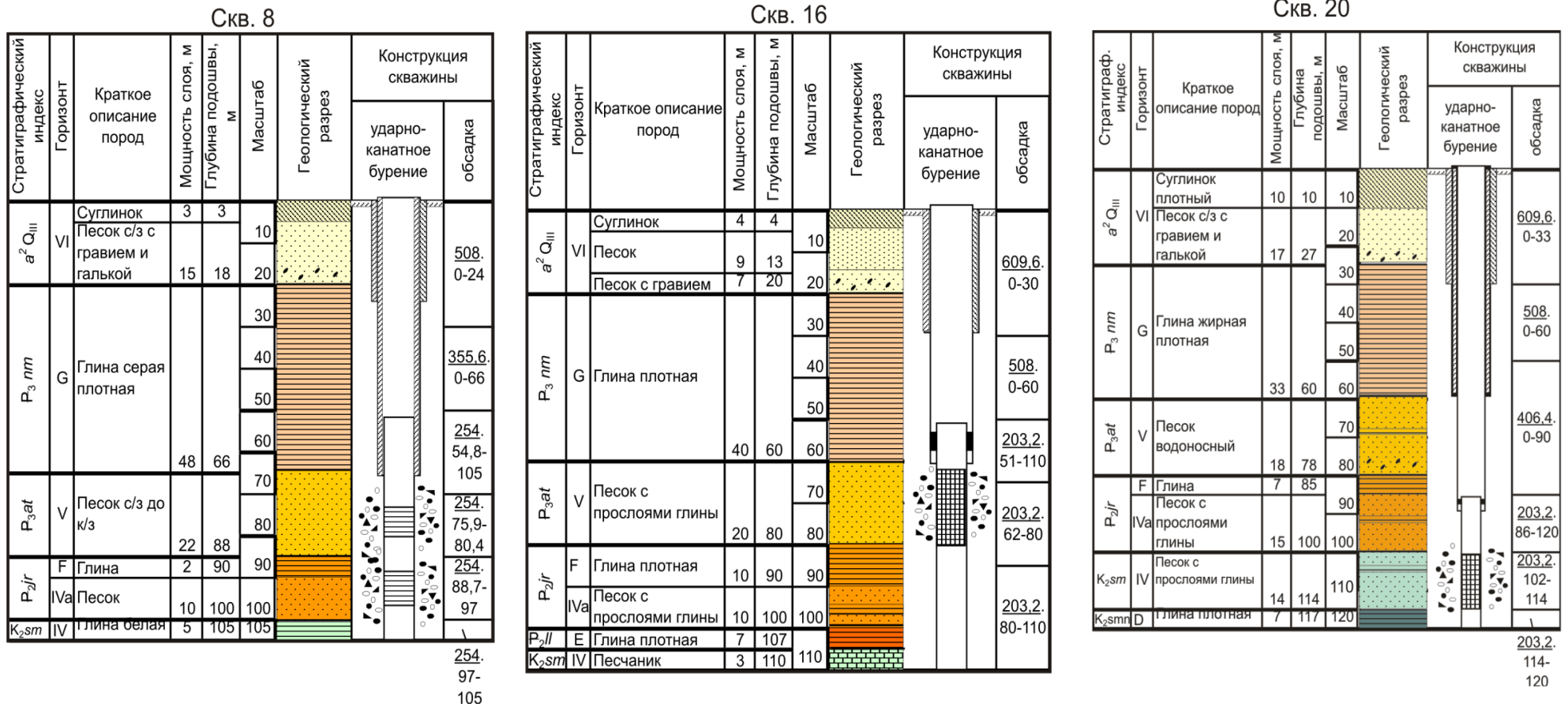


Рисунок 2.9 – Конструкции эксплуатационных скважин Водозабора № 1

Фильтровые колонны диаметрами 196÷325 мм опущены в эксплуатационных «впотах» с перекрытием в среднем 10 м в интервалах от 56 до 120 м. Типы установленных в скважинах фильтров – сетчатые (сетка галунного плетения № П52 из нержавеющей стали) на трубчатых каркасах с круглой перфорацией (скважность 20÷25%). Параметры сетки подобраны в зависимости от гранулометрического состава водовмещающих песков. Для увеличения относительного диаметра и эффективной скважности фильтров предусмотрена проволочная обмотка каркаса и гравийная обсыпка интервала установки фильтровых колонн.

При сложившейся схеме водозабора № 1 двенадцать скважин западного и одиннадцать скважин восточного крыла глубиной 83,6÷91 м оборудованы фильтрами на подземные воды атлымского горизонта, восемь скважин в западной части и четыре скважины в его восточной части глубиной 120÷125 м – на атлымский и юрковский горизонт, скважина № 15 (восточного крыла) глубиной 120 м эксплуатирует только нижний юрковский горизонт [31, 35].

Бурение эксплуатационных скважин на территории водозабора № 2 начато с середины 60-х гг. прошлого столетия. Глубина эксплуатационных скважин на территории водозабора № 2 изменяется от 85 до 129 м (Приложение В). Расположение скважин площадное, по сетке через 250÷260 м друг от друга. Типовые конструкции скважин – трех-, четырехколонные, включают санитарные колонны диаметром от 400 до 800 мм, спущенные до глубины 9÷60 м. Для изоляции олигоцен-четвертичного водоносного комплекса санитарные колонны зацементированы с подъемом раствора за колонной от башмака до устья скважины (Рисунок 2.10).

Эксплуатационные колонны, служащие для монтажа водоподъемного оборудования и фильтровых колонн, имеют диаметры 324÷508 мм и опущены на глубину 30÷90 м.

Фильтровые колонны диаметрами 152,4÷325 мм с сетчатыми (сетка нержавеющая 12/90) или проволочными фильтрами установлены в

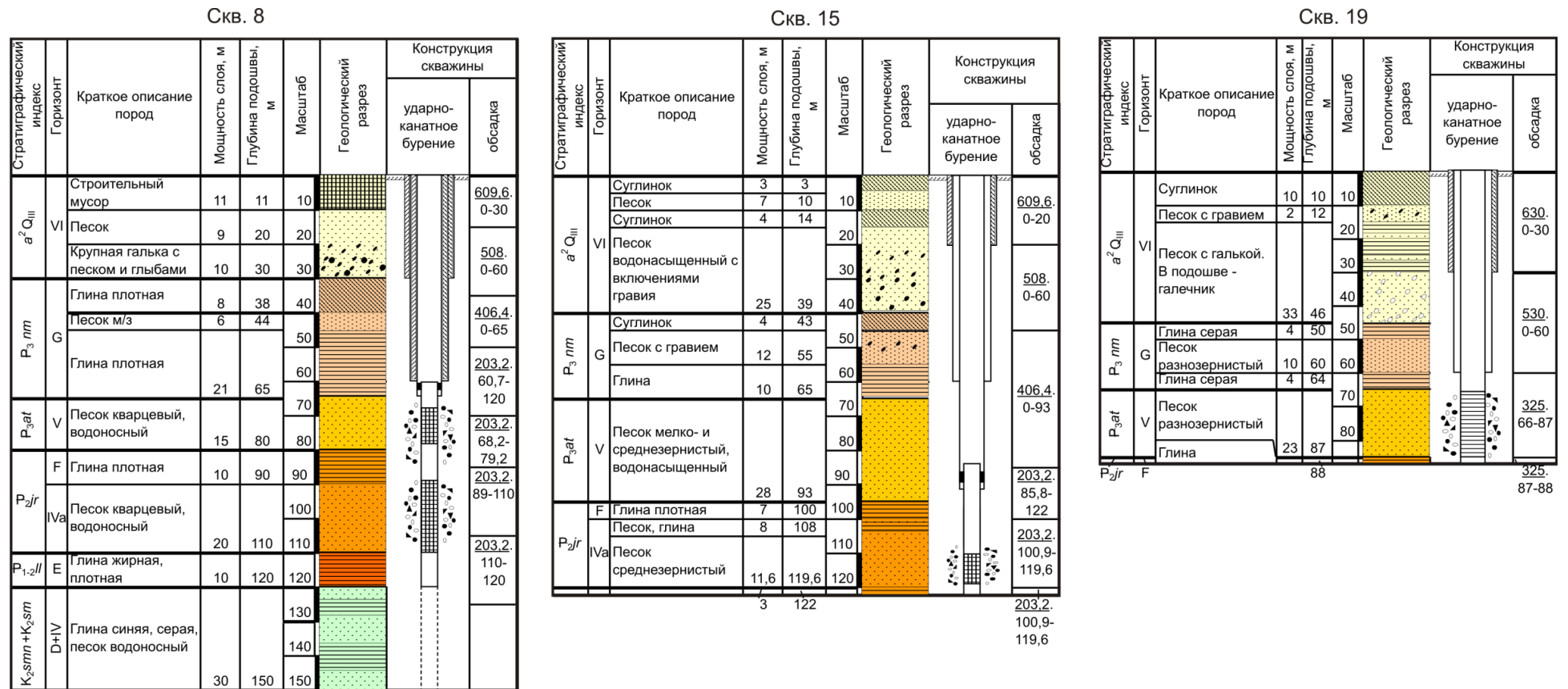


Рисунок 2.10 – Конструкции эксплуатационных скважин Водозабора № 2

эксплуатационных «впотай», с перекрытием в среднем 10 м, с установкой герметизирующего сальникового устройства, либо с выводом на устье скважины.

Во всех скважинах выполнена гравийная обсыпка фракцией от 2 до 5 мм в кольцевое пространство за фильтровой и эксплуатационной колоннами. С самого начала эксплуатации второго водозабора, вследствие сокращения мощности или выклинивания из разреза нижнего юрковского горизонта эоцен-олигоценного комплекса, в эксплуатацию вместе с вышележающим атлымским горизонтом был вовлечен сымский водоносный горизонт верхнего мела. Большая часть эксплуатационных скважин оборудована одним фильтром в интервале залегания водоносных песков атлымской свиты, меньше скважин с двумя-тремя фильтрами, установленными «в разбежку» с глухими трубами, вскрывающими атлымский и юрковский горизонты, две скважины (скважины 20, 22) оборудованы фильтрами в интервале залегания сымского водоносного горизонта верхнего мела (Рисунок 2.10, Приложение В).

2.3 Исследование качества подземных вод Сибирского региона

2.3.1 Краткая характеристика химического состава подземных вод в районе водозаборов г.Северска

Расположение водозаборов г.Северска представлено на Рисунке 2.11.

Район расположения водозаборов № 1 и № 2 хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Северск относится к освоенным территориям с характерной и относительно интенсивной техногенной нагрузкой. Санитарная обстановка участков исследований в основном характеризуется сложившейся инфраструктурой химического производства в районе водозабора № 1 и нефтехимического производства в районе водозабора № 2.

Район расположения водозабора №1 всегда характеризовался высокой техногенной нагрузкой. Потенциальными источниками загрязнения подземных вод являются такие крупные объекты как ТЭЦ, заводы разделения изотопов, сублиматный и ремонтно-механический, ГорУАТ, теплично-парниковое

хозяйство, водохранилище № 1, золоотвал и др. (Рисунки 2.12-1.13). Непосредственно на территории водозабора в его юго-восточной части располагаются и по настоящее время садовые участки жителей города, которые плотно примыкают к зоне санитарной охраны (ЗСО) I пояса (зона строго режима) эксплуатационных скважин. ЗСО I пояса скважин выдержаны (30÷50 м) и огорожены [106-108].

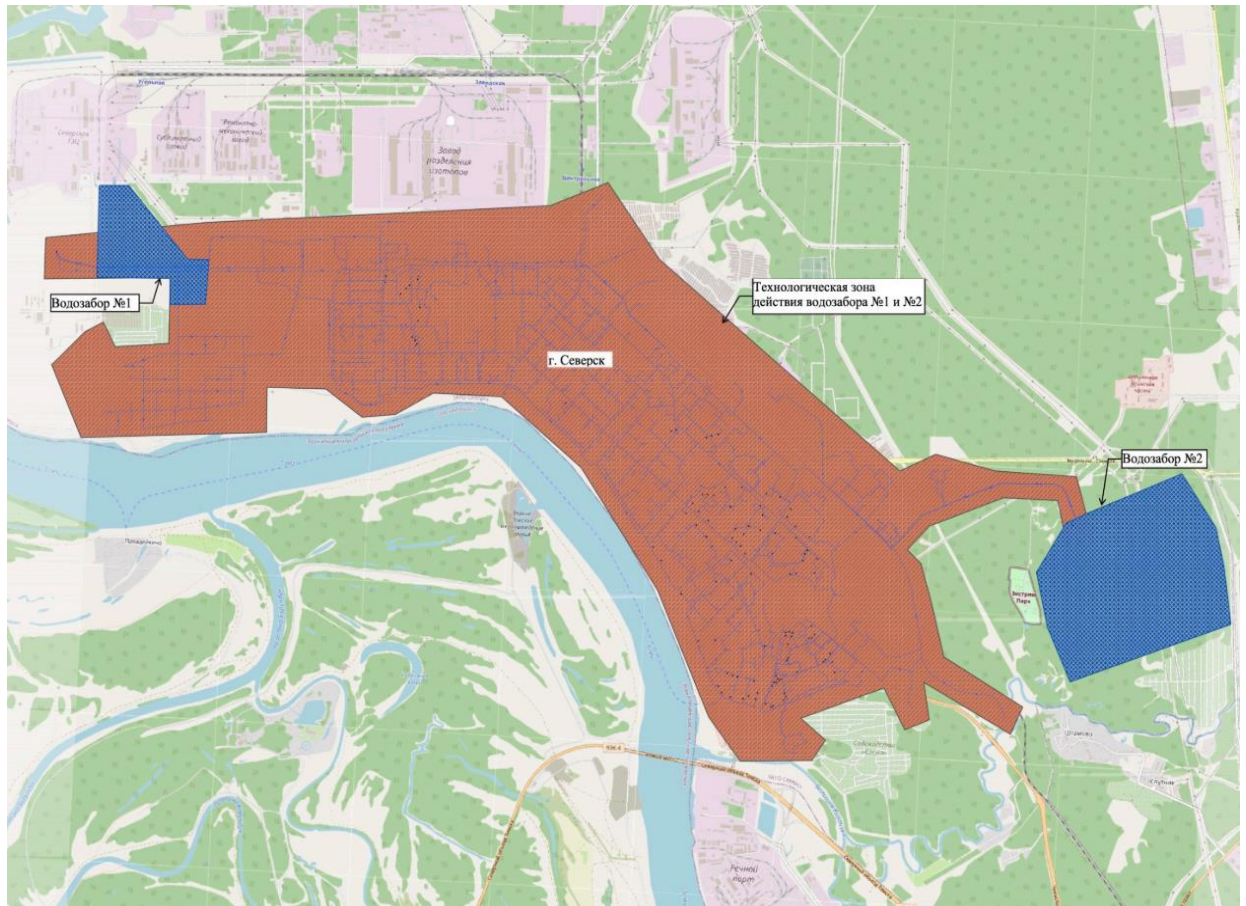


Рисунок 2.11 – Технологические зоны действия источников централизованных систем водоснабжения на территории г. Северска

В 2022 г. было принято решение о пересмотре объемов добычи водозабора № 1 в сторону уменьшения с целью сокращения техногенной нагрузки.

Подземные воды Северского месторождения подземных вод на участке недр в месте расположения водозабора № 1 по состоянию на 2024 г. признаны недостаточно защищенным, однако снижение производительности водозабора № 1 позволило уменьшить границы II и III пояса ЗСО, тем самым исключить

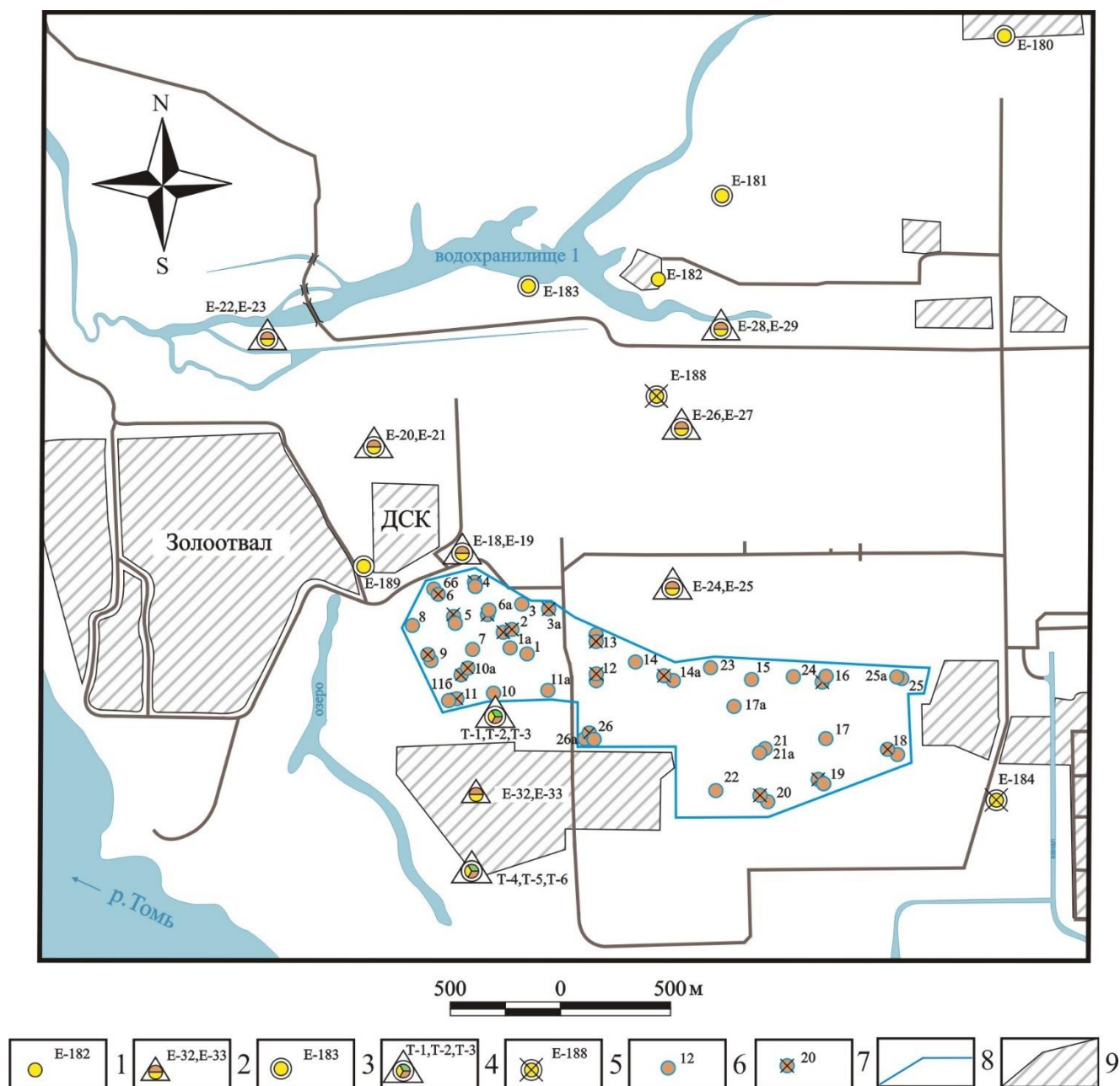


Рисунок 2.12 – Эксплуатационные и наблюдательные скважины в пределах санитарно-защитных зон водозабора № 1

1 – одиночная наблюдательная скважина; 2 – куст наблюдательных скважин; 3 – одиночная скважина режимной сети СХК; 4 – куст скважин режимной сети СХК;

5 – ликвидированная одиночная скважина режимной сети СХК; 6 – эксплуатационная скважина водозабора; 7 – ликвидированная эксплуатационная скважина водозабора; 8 – границы территории водозабора; 9 – границы зон размещения объектов промышленного и хозяйственного назначения.

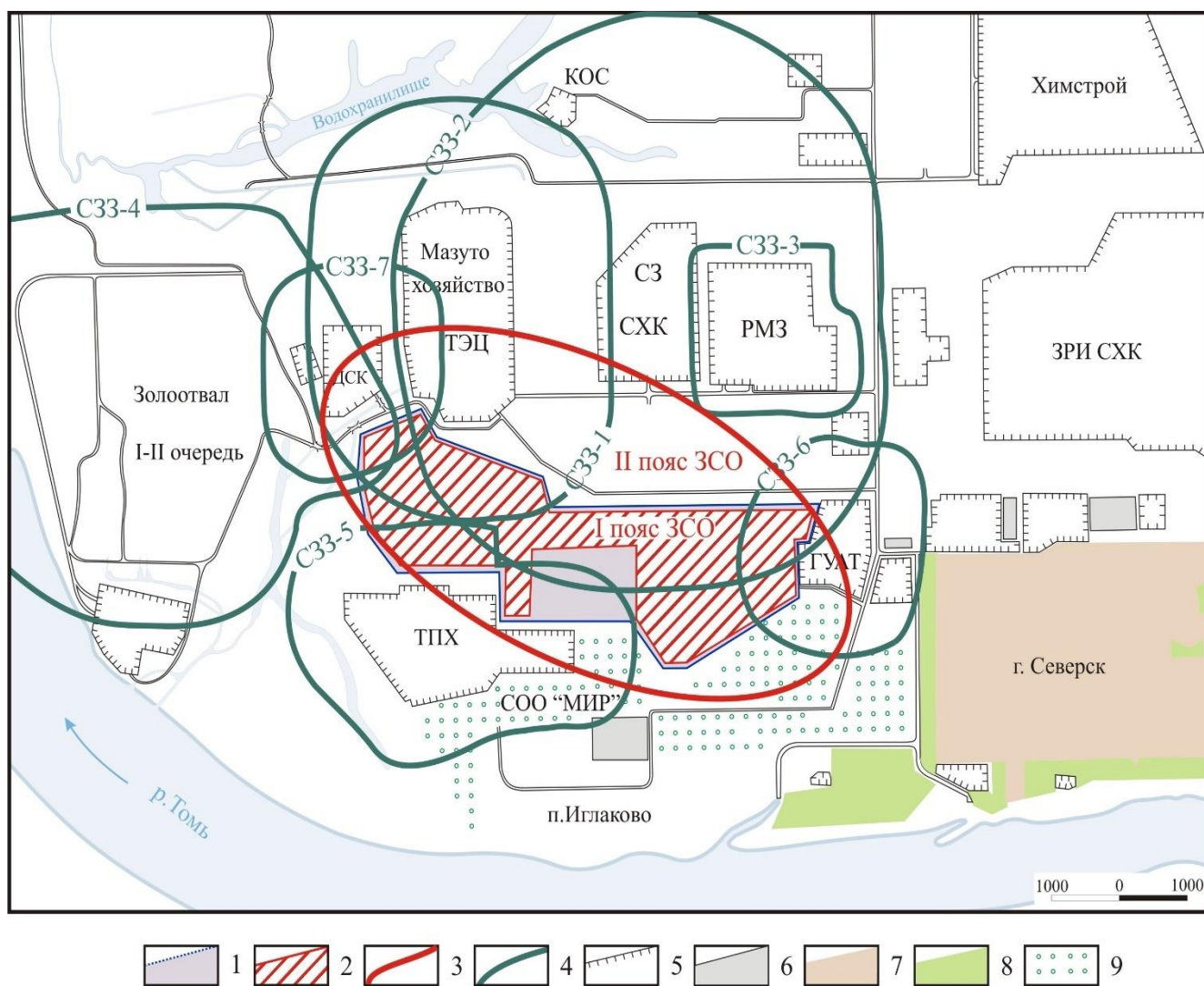


Рисунок 2.13 – ЗСО I и II пояса водозабора № 1 и С33 предприятий по состоянию на 2010 г.

1 – территория водозаборного участка; 2 – граница I пояса ЗСО; 3 – граница II пояса ЗСО; 4 – граница санитарно-защитных зон предприятий; 5 – граница промышленных объектов; 6 – гаражи; 7 – жилая застройка; 8 – лесопарковая зона; 9 – садово-огородный кооператив

следующие основные источники техногенного загрязнения: все объекты АО «СХК» в составе завода разделения изотопов (ЗРИ), сублиматного завода (СЗ), радиохимического завода (РЗ), химико-металлургического завода (ХМЗ), цеха «Гидроэнергоснабжения», площадки № 18 и № 18а по захоронению жидких радиоактивных отходов, канализационно-очистные сооружения г. Северск, полигон коммунальных отходов ООО «АБФ Система» [45, 107].

Кроме того, многочисленные объекты, фигурирующие ранее, как источники загрязнения, такие как свиноферма АОЗТ «Сибирское», тепличное парниковое хозяйство АОЗТ «Сибирское», объекты пассажирского, грузового, спецавтохозяйства и многие другие прекратили свою деятельность более 10 лет назад. На данный момент объемы добычи водозабора № 1 снижены до 20 тыс. м³/сут.

В месте расположения водозабора № 2 подземные воды признаны защищенными, поэтому, в связи со снижением объемов добычи водозабора № 1 до 20 тыс. м³/сут., с целью бесперебойного водоснабжения населения и объектов инфраструктуры г. Северск, объемы добычи водозабора № 2 в 2024 г. решено увеличить с 24,56 тыс. м³/сут. до 35,00 тыс. м³/сут. с учётом нормативного резервного запаса воды питьевого качества.

Необходимо понимание того факта, что при увеличении нагрузки, процессы коррозии будут идти более интенсивно, кроме того, несмотря на защищенность подземных вод в зоне гидродинамического влияния водозабора, находится целый ряд объектов – потенциальных источников загрязнения подземных вод нефтепродуктами. Это – автодороги с северной и южной сторон водозаборного участка, Томский нефтехимический комбинат (ТНХК). Помимо этого, между водозабором и р. Большая Киргизка расположены садово-огородные участки кооператива «Сосновка».

В этом же районе, восточнее ТНХК, находятся очистные сооружения, полигон промышленных отходов и ряд других объектов г. Томска – источников загрязнения окружающей среды. На этих объектах, в том числе и на ТНХК, имеется собственная наблюдательная сеть скважин, не объединенная в единый мониторинг. Кроме того на территорию III пояса ЗСО попадает санитарно-защитная зона городского кладбища [107].

Непосредственно на территории водозабора в его юго-восточной части располагаются и по настоящее время садовые участки жителей города, которые плотно примыкают к ЗСО I пояса (зона строго режима) эксплуатационных скважин. ЗСО I пояса скважин выдержаны (30÷50 м) и огорожены [106].

За время работы водозабора (по результатам режимных наблюдений за уровнями подземных вод и их качеством) отмечается изменение естественной структуры фильтрационных потоков подземных вод за счет формирования депрессионных поверхностей как в неоген-четвертичном, так и в палеогеновом водоносных комплексах.

Первыми от поверхности располагаются воды неоген-четвертичных отложений, используемых для питьевых целей, которые первыми испытывают негативное влияние хозяйственной деятельности, выражающегося в изменении их качественного состава.

Фоновый состав подземных вод в пределах санитарно-защитной зоны водозабора является типичным гидрокарбонатным магниево-кальциевым с величинами минерализации в верхнем неоген-четвертичном комплексе до 200 мг/л, нижнем, палеогеновом, до 350 мг/л.

Воды неоген-четвертичного комплекса в районе водозабора № 1 загрязнены хлоридами и сульфатами. Хотя их концентрации в воде не превышают ПДК, они выше природного фона до 5÷15 раз. Южнее водохранилища № 1 в водах обнаруживается высокое содержание аммония до 7,4÷14,3 мг/л, что выше фона в 3÷7 раз и более ПДК (в пересчете на азот) в 2,8÷5,5 раз. В районах ТЭЦ, сублиматного завода, водохранилища ТПХ в отдельных пробах воды зафиксированы концентрации нефтепродуктов в пределах 2÷118,7 ПДК, а вблизи ТПХ в осенний период – аномально высокое содержание нитратов до 2 ПДК. Наибольшее изменение состава вод эксплуатируемого палеогенового комплекса происходит в пределах северо-западной части водозабора. Оно выражается в повышении минерализации воды до 1,5 ПДК, хлоридов до 2 ПДК. Загрязнение вод хлоридами отмечено с середины 70-х годов. Обследованиями данной территории установлено, что основным источником поступления хлоридов в подземные воды являлся солевой бассейн ТЭЦ. В настоящее время данный бассейн ликвидирован, но поступившие в подземные воды хлориды продолжают его загрязнять. В западной и центральной части территории водозабора в водах кроме хлоридов

отмечается загрязнение сульфатами, иногда аммонием. Это может являться следствием комплексного воздействия таких источников загрязнения как ТЭЦ, ТПХ, золоотвал.

По результатам радиационного контроля по общим показателям альфа- и бета активности подземные воды являются условно чистыми, т.е. значения этих показателей ниже допустимых норм, рекомендуемых НРБ.

2.3.2 Характеристика группового состава микрофлоры воды водозабора

Работы по изучению микробиологического состава вод, количества бактерий, вызывающих коррозию водоподъемного оборудования, фильтров скважин, приборов были выполнены автором в период наиболее интенсивного техногенного загрязнения ЗСО водозабора № 1. В период с 2002 по 2011 г. в зоне санитарной охраны располагалось множество промышленных сооружений, которые являлись потенциальными источниками загрязнения подземных вод.

По количественному составу отдельных физиологических групп микроорганизмов воды скважин можно провести экологическую оценку их состояния и подземного водоносного горизонта в целом. Экологическое состояние подземных вод водозабора оценивалось нами по нормам, принятым в микробиологической лаборатории Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ФГАОУ ВО «Национальный институт Томский политехнический университет» (ПНИЛ ГГХ ТПУ), полученных экспериментальным путем с учетом взаимосвязей микробиологического и химического состава воды (Таблица 2.2).

Сравнительный анализ бактериоценозов скважин водозабора с вышеприведенными нормами позволил оценить их экологическое состояние следующим образом (Таблица 2.3).

Данные Таблицы 2.3 показывают, что почти половина скважин водозабора характеризуется бактериальным загрязнением. Причем, большинство из них содержит разнообразные физиологические группы микроорганизмов,

осуществляющих в аэробных и анаэробных условиях деструкцию минеральных и органических веществ и участвующих в биогеохимических циклах углерода, азота, серы.

Таблица 2.2 – Микробиологические критерии экологического состояния подземных вод³

Физиологические группы микроорганизмов	Характер загрязнения	Количественное содержание в чистой воде
Гетеротрофы на МПА 1:10	Лабильное (легко окисляемое) органическое вещество	800±50
Денитрифицирующие	Лабильное органическое вещество	90±20
Аммонифицирующие	Лабильное органическое вещество, аммоний	110±30
Нитрифицирующие	Нитраты	200±50
Уробактерии	Лабильное органическое вещество, мочевины	30-90
Сульфатредуцирующие	Лабильное органическое вещество, сульфаты	30-100
Нефтеокисляющие	Нефть, лабильное органическое вещество	460±60
Плесневые грибы	Воздушно-почвенное загрязнение	0
<i>Bacillus mycoides</i>	Контакт с почвой	0
<i>Proteus vulgaris</i>	Контакт с почвой, загрязненной органическим веществом	0

Очевидно, что причиной такой ситуации является наличие в охранной зоне водозабора разнообразных промышленных и хозяйственных объектов. Так размножению *уробактерий* в скважинах, указанных в Таблице 2.3, могло способствовать проникновение в подземное пространство поверхностных вод с территорий расположенных здесь многочисленных «мичуринских» участков, загрязненных карбамидными удобрениями. Загрязнение уробактериями и аммонифицирующими бактериями обуславливается также стоками тепличного хозяйства. Размножение нефтеокисляющих бактерий может быть связано с поверхностным стоком загрязненных вод нефтепродуктами с прилегающих территорий, например, ремонтно-механического завода и автопредприятия, а:

³ По данным исследований Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета (ПНИЛ ГГХ ТПУ)

Таблица 2.3 – Характер бактериального загрязнения подземных вод водозабора по данным микробиологического анализа

Физиологические группы микроорганизмов	№№ скважин с бактериальным загрязнением
Мезофильные сапрофиты	1, 11а, 14, 15
Уробактерии	1, 1а, 3, 4, 7, 9, 11а, 13, 15, 17а, 18, 19, 25а, 26
Гетеротрофы	3, 6, 15, 9, 11а, 13, 14, 25а
Нефтеокисляющие	13, 14, 17, 20, 24, 25, 26
Аммонифицирующие	1, 4, 6, 11а, 14, 16, 17, 18, 24
Денитрифицирующие	1, 3, 8, 11а, 13, 14, 15
Сульфатредуцирующие	1, 6а, 7, 8, 11а, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 26

также автодорог. Количество *гетеротрофов* варьирует в широких пределах: от единичных клеток до сотен тысяч клеток в 1 мл воды. Как известно, гетеротрофные бактерии выполняют биогеохимические функции, связанные с процессами самоочищения природных сред от органических белоксодержащих веществ. Окисление органических веществ ими осуществляется с выделением в воду диоксида углерода. В качестве промежуточных продуктов образуются органические кислоты – хелатизаторы, которые способствуют переводу в раствор металлов меди, мышьяка, золота, марганца и других элементов. Количественное содержание гетеротрофных бактерий дает представление о степени загрязнения воды растворенными в ней органическими веществами, преимущественно белкового характера. Развитие гетеротрофных бактерий способствует возникновению коррозии опосредованно, т. к. поглощение кислорода из среды для окисления органического вещества создает благоприятные условия для развития анаэробной микроорганизмов, таких как сульфатредуцирующие и денитрифицирующие бактерии.

Большим количеством гетеротрофных микроорганизмов отличаются скважины: №№ 11а, 13, 25а и особенно – № 14.

Аммонифицирующие бактерии, участвуя в разложении водорастворенной белоксодержащей органики, являются источниками аммиака в воде. Деятельность

этих бактерий может способствовать размножению нитрифицирующих микробов [85]. Большое количество аммонифицирующих бактерий обнаружено в скважинах №№ 4, 8, 14, что характерно для грязной воды.

Наличие аммиака в воде может быть связано также с деятельностью уробактерий, которые образуют его в процессах деструкции карбамидов. Их присутствие в подземной воде может быть следствием загрязнения сточными водами, содержащими мочевую кислоту и ее соли. Загрязненной уробактериями является вода скважин (в августе): №№ 4, 11, 15, 17 а.

Нефтеокисляющие бактерии разлагают нефть и все производные с использованием кислорода и выделением в воду углекислого газа и органических кислот, которые являются источниками питания для денитрифицирующих и сульфатредуцирующих бактерий. Участвуя в процессах самоочищения, нефтеокисляющие бактерии могут служить также индикаторами загрязнения воды нефтью [85]. Особенно большое количество нефтеокисляющих бактерий обнаружено в скважинах: № 17 (в августе) и № 17а.

Нитрифицирующие микроорганизмы, окисляя аммиак, переводят его в азотистую и азотную кислоту, которая диссоциирует на нитриты и нитраты, вызывающие загрязнение воды [85]. В скважинах количество этих бактерий было незначительным, но в комплексе с другими они могут создавать дефицит кислорода, способствуя размножению анаэробных микроорганизмов и, особенно денитрифицирующих бактерий, для которых нитраты являются источником кислорода.

Денитрифицирующие микроорганизмы размножаются в условиях недостатка кислорода и наличия в среде нитритов и нитратов. Они вызывают электрохимическую коррозию металлов, образуя при восстановлении нитратов коррозионно-активные соединения CO_2 и NH_3 . Коррозия может возникать при содержании денитрифицирующих микроорганизмов от 1000 до 10000 клеток в 1 мл воды. Особенно высоким содержанием денитрифицирующих бактерий характеризуются скважины № 8 и № 14.

Сульфатредуцирующие бактерии представляют собой группу специализированных микроорганизмов, обитающих в йодной среде при полном отсутствии кислорода. Питательными веществами для них являются простые органические кислоты, которые часто образуются в результате разложения сложной органики аэробными гетеротрофными микроорганизмами. Органические вещества окисляются кислородом сульфатов, в результате чего образуется сероводород – главный корродирующий компонент их жизнедеятельности. Сероводород связывается в сульфид железа при наличии его в воде. Сульфатредуцирующие бактерии вызывают коррозию железа и стали как в отсутствии кислорода (анаэробная коррозия), так и в процессах катодной деполяризации, поглощая водород, образующийся на металлических поверхностях. В загрязненных водах количество сульфатредуцирующих бактерий составляет от 1000 кл/мл до 1000000 и более клеток в 1 мл воды [84, 87]. Повреждения, вызываемые сульфатредуцирующими бактериями, выглядят на поверхности металла в виде глубоких лагун. В хорошо аэрированной среде сульфатредуцирующие бактерии прекращают жизнедеятельность, но могут оставаться жизнеспособными в течение многих часов и суток, возобновляя активность в анаэробных условиях. Коррозия может возникать и при незначительном содержании этих бактерий в среде, но при высокой их активности (более 10 баллов). Сульфатредуцирующие бактерии выявлены почти во всех изученных скважинах. Особенно большим их содержанием характеризовались скважины №№ 1, 9, 11а, 17а, 18.

Сульфатредуцирующие бактерии, как было сказано выше, развиваются при наличии в среде органического вещества, сульфатов и отсутствия кислорода. Несмотря на то, что водозабор существует давно, отложения достаточно промыты и содержат кислород, эти бактерии встречаются довольно часто, что может быть связано как с микронеональностью обитания их в водовмещающих породах, так и проникновением с поверхности с загрязненными водами. Развитие сульфатредуцирующих бактерий может отрицательно влиять на качество воды, обогащая ее сероводородом. По данным химического анализа, в воде скважин

сероводород присутствует постоянно, хотя и в небольших количествах. Сероводород, как известно, является и токсическим веществом, и активным корродирующим фактором металлического оборудования. Значительное количество сульфатредуцирующих бактерий в некоторых скважинах водозабора может быть обусловлено предшествующим размножением большого количества аэробных и полуанаэробных гетеротрофных бактерий: сапрофитов, аммонифицирующих, нефтеокисляющих, уробактерий и денитрифицирующих микроорганизмов.

Таким образом, коррозию в изученных скважинах могут вызывать как сульфатредуцирующие бактерии, так и денитрифицирующие микроорганизмы. Возможно, что именно с деятельностью последних связано наличие в некоторых скважинах повышенного количества аммиака.

Мезофильные сапрофиты (микробное число при санитарной оценке), являются показателями загрязнения воды фекальной микрофлорой, свойственной хозяйственным стокам, и отражают санитарное состояние воды [88]. По нормам [9] их содержание в чистой воде не должно превышать 50 клеток в 1 мл воды. Особенно высоким, более чем в 10 раз превышающем санитарные нормы, было количество мезофильных сапрофитов в скважинах № 14 и № 15. Незначительно загрязнены этими бактериями скважины: №№ 1, 11а, 13 и 26.

По нашим наблюдениям, загрязнение мезофильными сапрофитами связано с проникновением в водоносный горизонт поверхностных стоков, загрязненных фекалиями. Это возможно при наличии гидравлической связи подземного пространства с дневной поверхностью. О том, что такая связь для подземных вод водозабора существует, свидетельствует наличие в воде скважин № 1 и № 14 условно-патогенного микроорганизма *Proteus vulgaris*, типичным местообитанием которого обычно является почва, загрязненная органическим веществом животного происхождения.

2.3.3 Изучение коррозионной активности микрофлоры

Все коррозионные процессы классифицируются по типу и механизму происходящих разрушений [95] (Таблица 2.4).

Биохимическая коррозия вызывается в основном бактериями, находящимися в грунтах, водоемах, грунтовых водах. Она носит сезонный характер и наиболее интенсивна в весенний период, когда создаются наилучшие условия для развития и существования бактерий [48, 111-115].

Таблица 2.4 – Типы коррозионных процессов

Тип коррозии		Характеристика коррозионного процесса
Равномерная или сплошная		
Местная (язвенная)		В виде пятен различной величины – точечная, щелевая, контактная и межкристаллическая коррозия. Коррозионное поражение имеет глубину приблизительно равную ширине
Питтинговая		Поражение в глубину (значительно больше ширины)
Подповерхностная		Поражение занимает на поверхности небольшую площадь и преимущественно сосредоточено под поверхностью металлозоны
		Возможно нахождение поражения под поверхностью и обычно не имеет заметного прямого выхода на поверхность

Бактерии, вызывающие коррозию, подразделяются на аэробные и анаэробные. Аэробные бактерии существуют и развиваются только при условии наличия кислорода, анаэробные бактерии – при его отсутствии (Рисунок 2.14) [48, 111, 112].



Рисунок 2.14 – Аэробные бактерии (Pseudomonas Type)

Аэробные бактерии, способствующие коррозии, подразделяются на бактерии-окислители серы и железобактерии, осаждающие железо.

Бактерии-окислители серы лучше всего развиваются в кислой среде ($\text{pH} = 0\div 6$). Сущность их действия состоит в том, что они могут окислять серу до серной кислоты, местная концентрация которой может достигать до 10 %.

Железобактерии хорошо развиваются в интервале $\text{pH} = 4\div 10$. Они поглощают железо в ионном состоянии и выделяют его в виде нерастворимых соединений. Эти соединения неравномерно распределены по поверхности металла и имеют отличный от основного металла электродный потенциал. Возникающая электрохимическая гетерогенность поверхности усиливает коррозию.

Коррозийный процесс в анаэробных условиях (Рисунок 2.15) заключается в том, что благодаря жизнедеятельности микроорганизмов в среде, окружающей подземное сооружение, сульфаты восстанавливаются и преобразуются в сероводород. Последний взаимодействует с железом, образуя сернистое железо. По литературным данным, максимальное количество сернистого железа, получающегося в результате бактериальной коррозии, составляет одну четвертую часть общей массы прокорродировавшего металла [111].

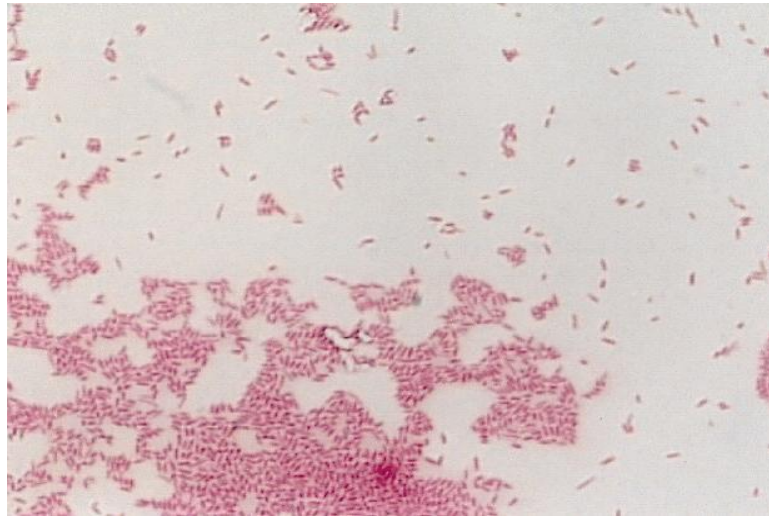


Рисунок 2.15 – Анаэробные бактерии (Clostridium Type)

Микрофлора в подземной воде отрицательно воздействует на все элементы водозаборных сооружений, увеличивая степень коррозионной активности воды. Высокая коррозионная активность воды обусловлена комплексом микрофлоры, представленной гетеротрофными, аммонифицирующими, нитрифицирующими, денитрифицирующими и особенно сульфатредуцирующими бактериями. [48, 111-114].

Результаты экспериментов приведены в Таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Коррозионная активность микрофлоры

Вариант опыта	Размеры образца, мм	Вес образца до опыта, мг	Вес образца после опыта, мг	Потеря веса за две недели, мг	Предполагаемая потеря веса за год в мг/см ²
Воздействие воды	10	800	799,081	0,027	0,72
Воздействие гетеротрофных бактерий	9,1	770	769,96	0,04	0,93
Воздействие сульфатредуцирующих бактерий	10	796	795,938	0,062	1,8
Воздействие нитрифицирующих бактерий	10,1	800	799,962	0,038	0,9

Коррозионная активность колеблется от 0,72 до 1,8 мг/см² за год (Рисунок 2.16). Наименьшей агрессивностью обладает исходная вода из скважин. Степень агрессивности воды (коррозионная активность) будет возрастать при

наличии постоянного источника загрязнения, способствующего накоплению, например, культур сульфатвосстанавливающих бактерий.

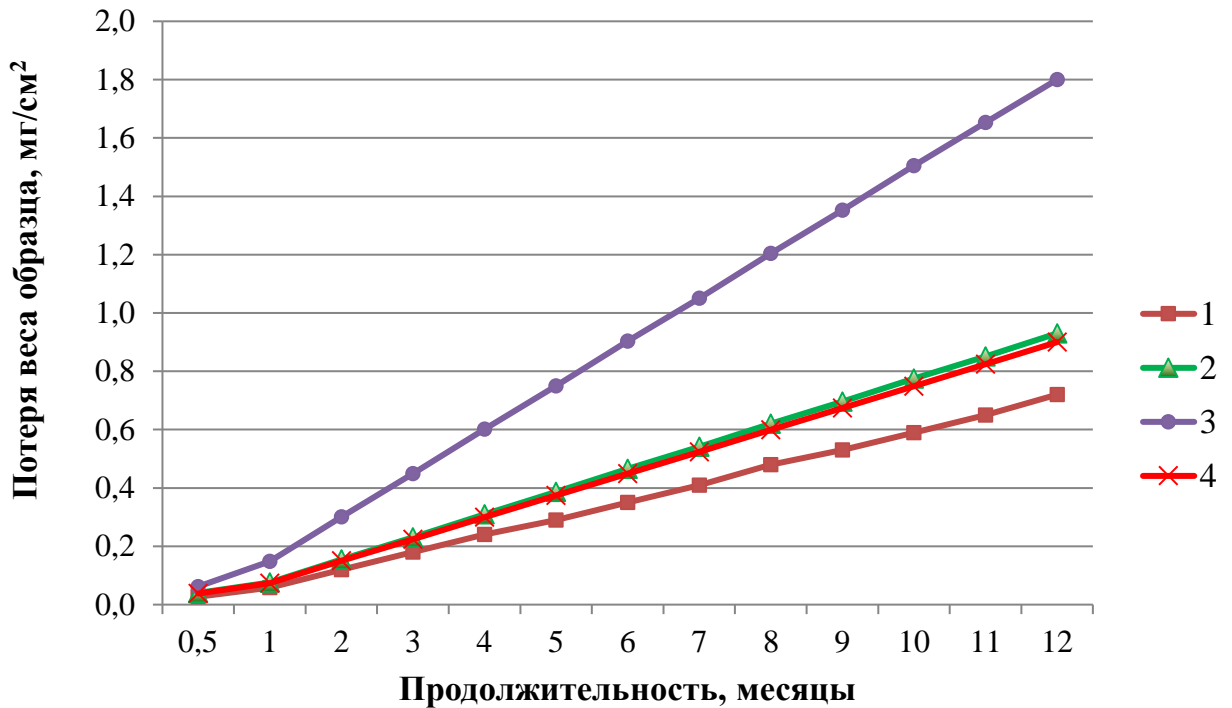


Рисунок 2.16 – Коррозионная активность микрофлоры⁴

1 – воздействие воды; 2 – воздействие гетеротрофных бактерий;
3 – воздействие сульфатредуцирующих бактерий; 4 – воздействие нитрифицирующих бактерий

Зависимость коррозионной активности микрофлоры от времени представлена следующими уравнениями.

$$\text{Воздействие воды: } y = \begin{cases} \frac{2}{25}(2x-1), & x \in \left[\frac{1}{2}; 1\right], \\ \frac{2}{75}(2x+1), & x \geq 1. \end{cases}$$

$$\text{Воздействие гетеротрофных бактерий: } y = \begin{cases} \frac{1}{15}(2x-1), & x \in \left[\frac{1}{2}; 1\right], \\ \frac{1}{105}(8x-1), & x \geq 1. \end{cases}$$

Воздействие сульфатредуцирующих и нитрифицирующих бактерий:

⁴ Предполагаемая потеря веса

$$y = \begin{cases} \frac{4}{25}(2x - 1), & x \in \left[\frac{1}{2}; 1\right], \\ \frac{1}{75}(11x + 1), & x \geq 1. \end{cases}$$

где x -время, мес., y - коррозионная активность, выраженная в потерях веса образца, мг/см².

Коррозионную активность микрофлоры можно описать следующей зависимостью:

– на коротком промежутке от 2 недель до месяца потеря веса образца (Π) зависит от времени t

$$\Pi = k_{\text{кор}} \times (2t - 1), \quad (2.5)$$

где $k_{\text{кор}}$ – коэффициент для воды, равный 0,08, для сульфатредуцирующих бактерий 0,16, для гетеротрофных и нитрифицирующих бактерий 1/15;

– при более длительном контакте образца со средой для воды:

$$\Pi = \frac{2}{75} \times (2t + 1), \quad (2.6)$$

$$\Pi = \frac{2}{75} \times (2t + 1), \quad (2.6)$$

для сульфатредуцирующих бактерий:

$$\Pi = \frac{1}{75} \times (11t + 1), \quad (2.7)$$

для гетеротрофных и нитрифицирующих бактерий:

$$\Pi = \frac{1}{105} \times (8t - 1), \quad (2.8)$$

Для оценки агрессивности природных вод и грунтов к тому или иному строительному материалу и конструкциям в России и за рубежом, как правило, применяется качественная оценка степени агрессивности: слабая (низкая), средняя, сильная (высокая). Из опыта работ, связанных с изучением коррозии оборудования, коррозионная активность, составляющая 2 мг/см² за год, считается высокой [112].

Очевидно, что в природных условиях коррозия оборудования вызывается комплексом микрофлоры с преобладанием тех групп, для которых конкретные физико-химические условия водоносного горизонта являются наиболее благоприятными. В то же время, наличие активных клеток сульфатредуцирующих микроорганизмов на деталях металлического оборудования и высокая коррозионная активность накопительных культур этих бактерий показывают, что наибольшую опасность, как возбудители коррозии, представляют именно эти бактерии. Результаты микробиологических исследований подземной воды скважин водозабора позволяют сделать следующие выводы.

Вода ряда скважин заражена микробами, способными вызывать различного вида коррозию металлического оборудования. Такими скважинами являются: №№ 1, 4, 6а, 8, 11а, 13, 14, 17, 17а, 18, 20, 24, 25, 26.

Пусковым механизмом коррозии является загрязнение водоносного горизонта поверхностными водами, содержащими белковую и нефтяную органику. На возможность такого загрязнения указывает обнаружение в воде некоторых скважин условно-патогенных микроорганизмов *Proteus vulgaris*, уробактерий, большого количества нефтеокисляющих микроорганизмов и мезофильных сапрофитов.

Коррозия может проявляться особенно активно в определенные периоды, связанные с дождями и паводками, когда в водоносный горизонт возможно поступление не только органических веществ, но и поверхностной почвенной микрофлоры.

В Таблицах 2.6, 2.7, Приложении Д приведены результаты фактического материала исследований подземной воды водозабора № 1.

Резюмируя, можно сказать, что микрофлора скважин водозабора представлена биоценозом органотрофных и автотрофных групп микроорганизмов, осуществляющих в аэробных и анаэробных условиях разложение органических и минеральных веществ и участвующих в биогеохимических циклах углерода, азота, серы. Бактериоценоз скважин способен к разложению разнообразных органических веществ: белоксодержащих, аминокислот, спиртов, углеводов,

нефти, о чем свидетельствует наличие соответствующих групп микроорганизмов. Разложение органических веществ микроорганизмами в воде скважин происходит поэтапно. Органическое водорастворенное вещество белковой природы разлагается многими группами органотрофных бактерий, но преимущественно мезофильными и психрофильными сапрофитами; гетеротрофами, олиготрофами, аммонифицирующими и денитрифицирующими микроорганизмами. Количество этих организмов, как было установлено многими исследователями [48, 81, 84, 86, 111, 112], находится в прямой зависимости от показателя перманганатной

Таблица 2.6 – Результаты микробиологического анализа воды скважин №№ 6а, 8, 14 на водозаборе № 1

Физиологические группы бактерий, кл/мл	Гетеротрофы	Нефтеокисляющие	Уробактерии	Аммонифицирующие	Нитрифицирующие	Денитрифицирующие	Сульфатредуцирующие
Норма	До 1500	<1300	До 350	До 500	-	До 500	До 300
На входе	145	0	0	0	1	1	0
После фильтра	10	0	0	0	1	1	0
Скважина № 6а	590	0	0	0	1	10	10
Скважина № 8	330	75	1300	5000	1	1000000	1
Скважина № 14	580	0	1700	4000	1	100000	100
	Разрушают белоксодержащую органику до CO ₂ и NH ₃	Разрушают нефть до CO ₂	Разрушают мочевины до NH ₃	Разрушают органику до NH ₃	Окисляют аммиак до NO ₂ и NO ₃	Разрушают нитраты до NO ₂ , N ₂ и NO ₃	Разрушают органику до уксусной кислоты, а сульфаты до H ₂ S

Таблица 2.7 – Биогеохимическая характеристика микроорганизмов подземных вод

Физиологические группы бактерий	Мезофильные сапрофиты	Гетеротрофы на МПА 1:10	Аммонифицирующие	Уробактерии	Нефтеокисляющие	Денитрифицирующие	Нитрифицирующие	Сульфатредуцирующие
Биогеохимические и индикаторные функции	Показатели загрязнения фекальной микрофлорой	Разложение органических веществ до углекислого газа	Разложение белоксодержащей органики до аммиака	Разложение мочевины до аммиака, показатели загрязнения сточными водами	Разрушают нефть и нефтепродукты, показатели загрязнения нефтепродуктами	Восстанавливают нитраты до нитритов, аммиака и азота	Окисляют аммиак до нитритов и нитратов	Восстанавливают сульфаты до сероводорода

окисляемости при его значении выше 3,8 мг O₂/л. При низких содержаниях легкорастворимого органического вещества такая зависимость отсутствует, так как микроорганизмы не только разрушают органическое вещество, но и продуцируют его. Начальный этап разложения органического вещества осуществляется аэробной органотрофной микрофлорой (мезофильные и психрофильные сапрофиты, олиготрофы, уробактерии, аммонифицирующие бактерии, нефтеокисляющие микроорганизмы). Этот процесс сопровождается иммобилизацией кислорода, что может снижать его количество в воде, и выделением углекислого газа. Когда создается недостаток кислорода, деструкция органического вещества осуществляется денитрифицирующими бактериями, которые являются факультативными анаэробами, то есть успешно функционируют при незначительном содержании кислорода в среде. В отсутствии кислорода деструкцию органического вещества осуществляют сульфатредуцирующие микроорганизмы, для которых непременным условием для существования необходимо наличие сульфатов и отсутствие кислорода. Деятельность сульфатредуцирующих микроорганизмов приводит к снижению количества сульфатов, выделению сероводорода, который связывается присутствующим в воде железом. Развитию сульфатредукции может способствовать как застойный режим скважин, так и размножение аэробной микрофлоры в результате притока органического вещества и кислорода [48, 111].

Как показали проведенные исследования, сульфатредуцирующие бактерии начинают проявлять себя только после продолжительного (около месяца) хранения отобранных проб воды, то есть тогда, когда оказывается израсходованным весь кислород, и аэробная микрофлора преобразовала соответствующим образом органическое вещество. Причем, это имеет место практически во всех скважинах. Коррозия оборудования, очевидно, вызывается всем комплексом микрофлоры через продукты метаболизма. В процессах, происходящих в водоносном пласте, может участвовать не только аборигенная, присущая данному местообитанию микрофлора, но и чужеродная, проникшая с поверхности.

В общих же чертах, экологическое состояние скважин водозабра по полученным микробиологическим показателям можно охарактеризовать следующим образом (Таблица 2.8). По содержанию психрофильных сапрофитов вода скважин характеризуется как чистая или умеренно загрязненная. Умеренно загрязненное состояние характерно, как правило, для скважин в августе, что может быть связано с инфильтрацией метеогенных вод, так как август, как правило, дождливый. Загрязнение психрофильными сапрофитами характерно также для скважин №№ 21, 13, 14, 25, 11а, 13, 26. Грязной в августе и очень грязной в декабре по количеству психрофильных сапрофитов была вода скважины № 14. Для этой скважины характерно также высокое содержание и других групп бактерий, в том числе нефтеокисляющих, аммонифицирующих, сульфатредуцирующих и особенно денитрифицирующих. Поскольку в составе психрофильных сапрофитов обнаружен *Proteus vulgaris*, можно однозначно сказать, что скважина подвергается и в августе и в декабре поверхностному загрязнению.

Загрязнение гетеротрофами характерно для скважин №№ 11а, 13а, 13, 14, 15, 25, 25а; уробактериями – для скважин №№ 4, 11а, 15, 17, 17а, 25, 26; нефтеокисляющими – №№ 17, 17а, 20, 24, 25; денитрифицирующими – для скважин №№: 1, 6, 6а, 7, 8, 11а, 13, 14, 15, 18; сульфатредуцирующими – для скважин №№ 1, 6, 6а, 8, 11а, 12, 14, 15, 17а, 18, 19, 20, 26. Стимулировать развитие указанных групп бактерий могло как поступление соответствующих химических веществ с поверхности, так и проникновение поверхностной микрофлоры.

Загрязнение скважин наблюдается различными микроорганизмами, но чаще всего вода скважин загрязняется сульфатредуцирующими бактериями.

Таблица 2.8 – Количественное содержание микроорганизмов и экологическое состояние воды (по данным исследований ПНИЛ ГГХ ТПУ)

Физиологические группы бактерий	Экологическое состояние воды					
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
Мезофильные сапрофиты	0	0	30	50	80	360
Психрофильные сапрофиты	0	0	220	630	1030	5120
Олиготрфты	3370	6290	9200	12120	15000	44180
Гетеротрофы	400	1520	2600	3730	4830	15900
Аммонифицирующие	270	520	770	1020	1260	3730
Денитрифицирующие	80	650	1220	1790	2360	8070
Сульфатредуцирующие	0	0	280	620	950	4270
Уробактерии	10	340	660	990	1300	4560
Нефтеокисляющие	10	1770	5250	17140	33280	48400
Бациллы	100	220	320	420	520	1500

1.3.4 Изменение гидрогеохимических показателей и процессы вторичного минералообразования.

При добыче подземных вод и их кондиционированию формируются твердые минеральные образования.

Отложения солей совершенно неизбежны и наблюдаются в околоскважинном пространстве, прифильтровой зоне скважин и на их оборудовании (насосы, водомеры, трубы), фильтрах водозаборов и скважин.

Даже по ориентировочным расчетам, на крупных водозаборах, таких, как Томский, судя по изменению химического состава вод в околоскважинном пространстве и в прифильтровой зоне скважин ежегодно формируются сотни тонн осадков (таблица 2.9) [96].

Таблица 2.9 – Образование осадков на фильтрах водозаборов из подземных источников городов Томской области по данным за 2024 г.

Водозабор	Производительность, тыс. м ³ /сут 2002 г.	Производительность, тыс. м ³ /сут 2024 г.	Потери вещества на фильтрах, мг/дм ³ 2002 г.		Потери вещества на фильтрах, мг/дм ³ 2024 г.		Образование осадка, т/год 2002 г.		Образование осадка, т/год 2024 г.	
			5	1,5	4	1,2	423	141	91,6	30,5
г. Томск	231,8	143,232	5	1,5	4	1,2	423	141	91,6	30,5
г. Северск	50,26	44,56 (20,00+24,56)	5	1,5	5	1,	91,6	30,5	74,8	37,4
г. Асино	12,5	10,0	8	4	8	4	74,8	37,4	91,6	30,5

Автором совместно с д-ром геол.-минерал. наук, профессором Дутовой Е.М. проведена оценка состава отложений, минеральных новообразований водоподъемного и фильтрующего оборудования скважин водозаборов г.Томска, г. Северска и г.Асино в целях подбора оптимального реагента для растворения кольматанта, препятствующего нормальной работе скважин.

Результаты лабораторного контроля вод (по эксплуатационным и наблюдательным скважинам) показывают, что техногенное загрязнение достигло

вод эксплуатируемого комплекса палеогеновых отложений. В пробах вод отмечена повышенное солесодержание, концентрация хлоридов, сульфатов и аммония на отдельных участках территории водозаборов. При этом могут образовываться пленки различной толщины. По мере увеличения толщины пленок под действием силы тяжести происходит их отрыв и оседание в отстойнике или на забое. Коррозионные процессы приводят к образованию многочисленных питтингов и язв, водоподъемное оборудование приходит в негодность.

Техногенное загрязнение хлоридами и сероводородными соединениями приводят к изменению геохимических особенностей воды в подземных горизонтах. Изменения геохимических условий вызывают усиление агрессивности среды к металлическим, железобетонным конструкциям инженерных сооружений водозабора.

В связи с этим, на водозаборных скважинах довольно часто наблюдаются случаи коррозии водоподъемного оборудования и практически полного зарастания сечения труб железистыми отложениями (Рисунок 2.17), что, как правило, сопровождается и зарастанием фильтра, интенсивно проявляющимся с его внутренней стороны (уменьшение размера отверстий, вследствие отложения в них различных минерализированных осадков) (Рисунки 2.18, 2.19).

Изменение химического состава воды сопровождается вторичным минералообразованием и формированием осадков на технологическом оборудовании водозаборных сооружений. Осадки формируются в околоскважинном пространстве в прифилтровой зоне и на оборудовании (насосах, водомерах, трубах) скважин, в фильтрах водозаборов и разводящей сети, сантехническом оборудовании, бытовых приборах.

Как показали исследования, кольматирующие отложения водозаборов Западно-Сибирского региона, закупоривающие водоприемную часть и прифилтровую зону скважин, многокомпонентны [111-115].

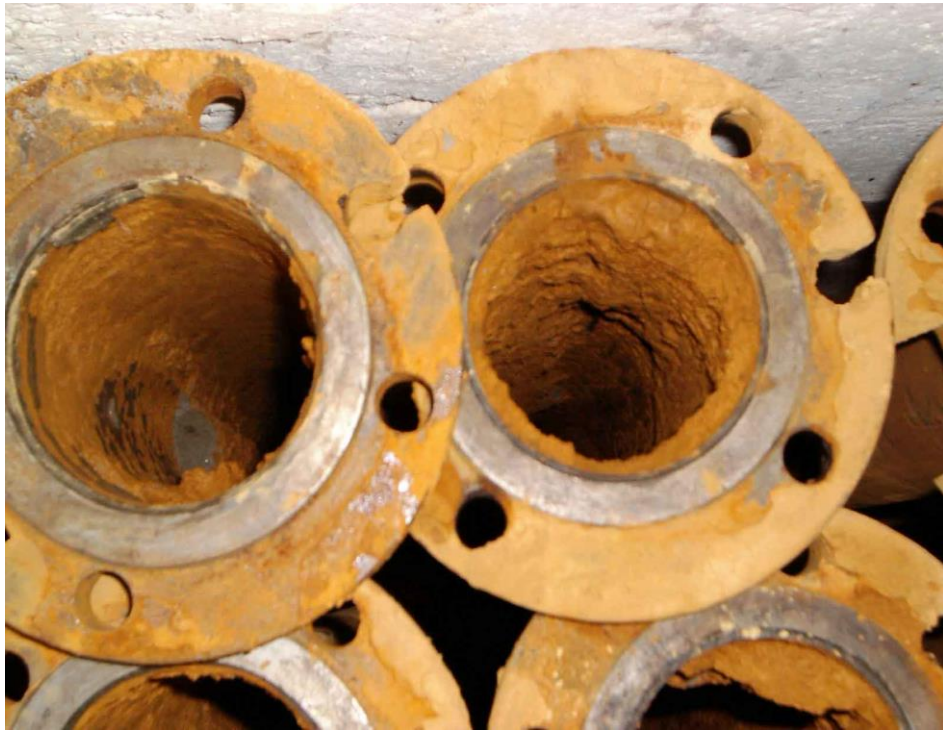


Рисунок 2.17 – Водоподъемные трубы артезианской скважины



Рисунок 2.18 – Фильтр артезианской скважины. Отдельные отверстия фильтра перекрыты кольматантами



Рисунок 2.19 – Отложения на фильтре артезианской скважины

На рисунке 2.20 представлены осадки внутри водоподъемной трубы артезианской скважины, образовавшиеся в течение года. Толщина слоя 3 см. Столь интенсивное осадкообразование связано с особенностями химического состава подземных вод участка, помимо этого отмечено, что осадконакопление более развито на высокодебитных скважинах водозабора № 1 (рисунки 2.20-2.21).

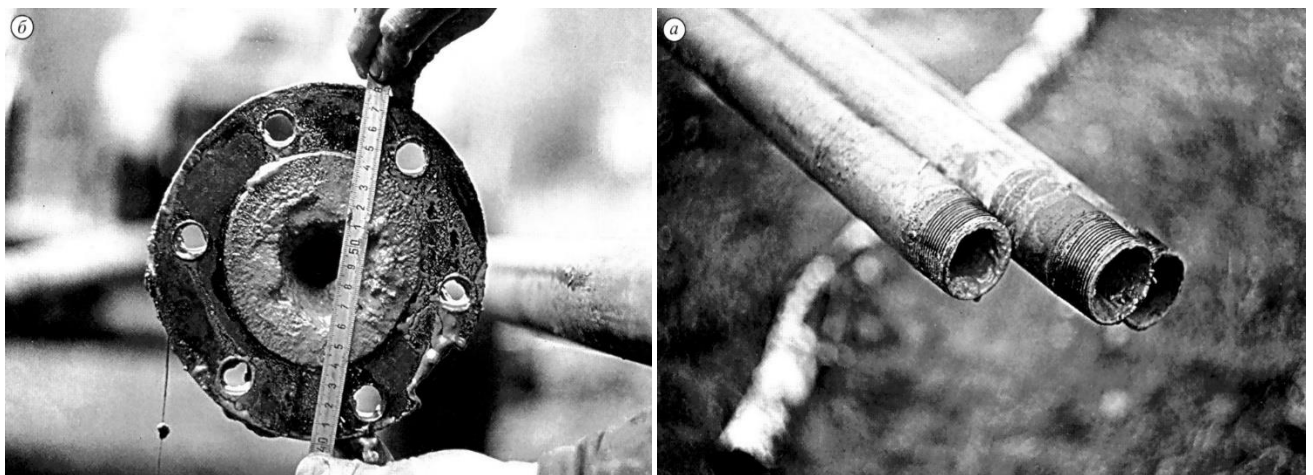


Рисунок 2.20 – Осадки на внутренних поверхностях водоподъемных труб (а) и насосного фланца (б).

Подземные воды эксплуатируемого на участках водозаборов № 1 и № 2 Северского месторождения водоносного комплекса, характеризуются природно повышенными концентрациями железа общего ($0,42 \div 16$ мг/л) [116]. Скважины на

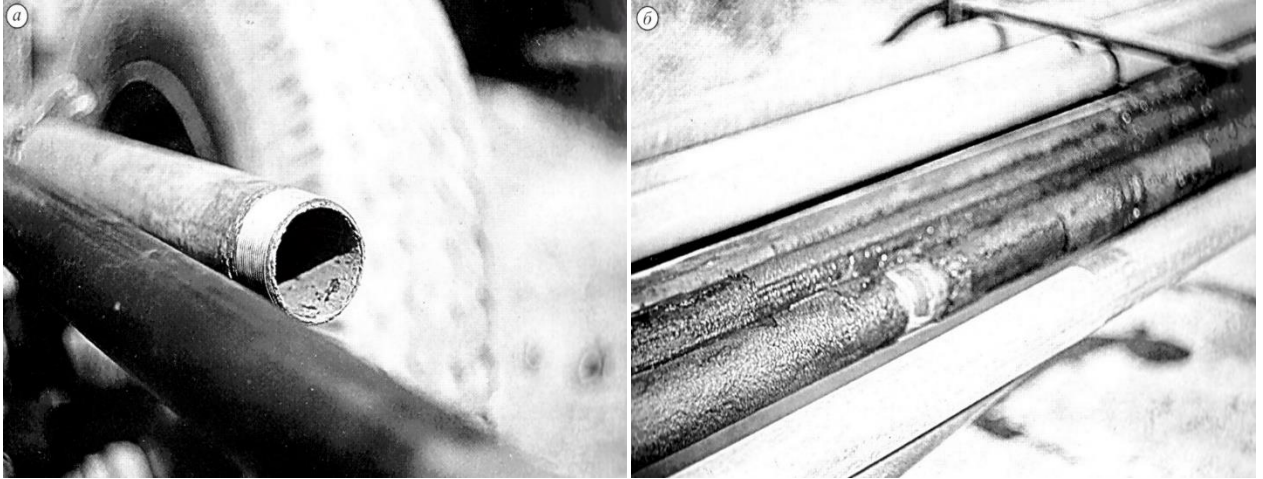


Рисунок 2.21 – Осадки на внутренних и наружных поверхностях водоподъемных труб

участке водозабора № 1 характеризуются достаточно высокими дебитами: $60 \div 130$ м³/час (Рисунок 2.22). Скважины водозабора № 2 характеризуются дебитами $30 \div 60$ м³/час (Рисунок 2.23). Особенности химического состава подземных вод водозаборов №1, №2 представлены на Рисунках 2.24, 2.25. Артезианские скважины водозабора № 1 отличаются, от скважин водозабора № 2, как более высокими дебитами, так и более высокой концентрацией железа.

Скважины глубиной $50 \div 130$ м были оснащенные сетчатыми фильтрами диаметром 325 мм и длиной $15 \div 20$ м. Срок эксплуатации скважин составляет $30 \div 60$ лет. Образцы кольматанта отбирали в специальную ловушку при проведении телеинспекции скважин (Рисунки 2.26 - 2.27).

Химический состав отложений определяли в Проблемной научно-исследовательской лаборатории и лаборатории грунтоведения и механики грунтов» ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ТПУ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Рисунок 2.28).



Рисунок 2.22 – Среднегодовые дебиты артезианских скважин водозабора №1

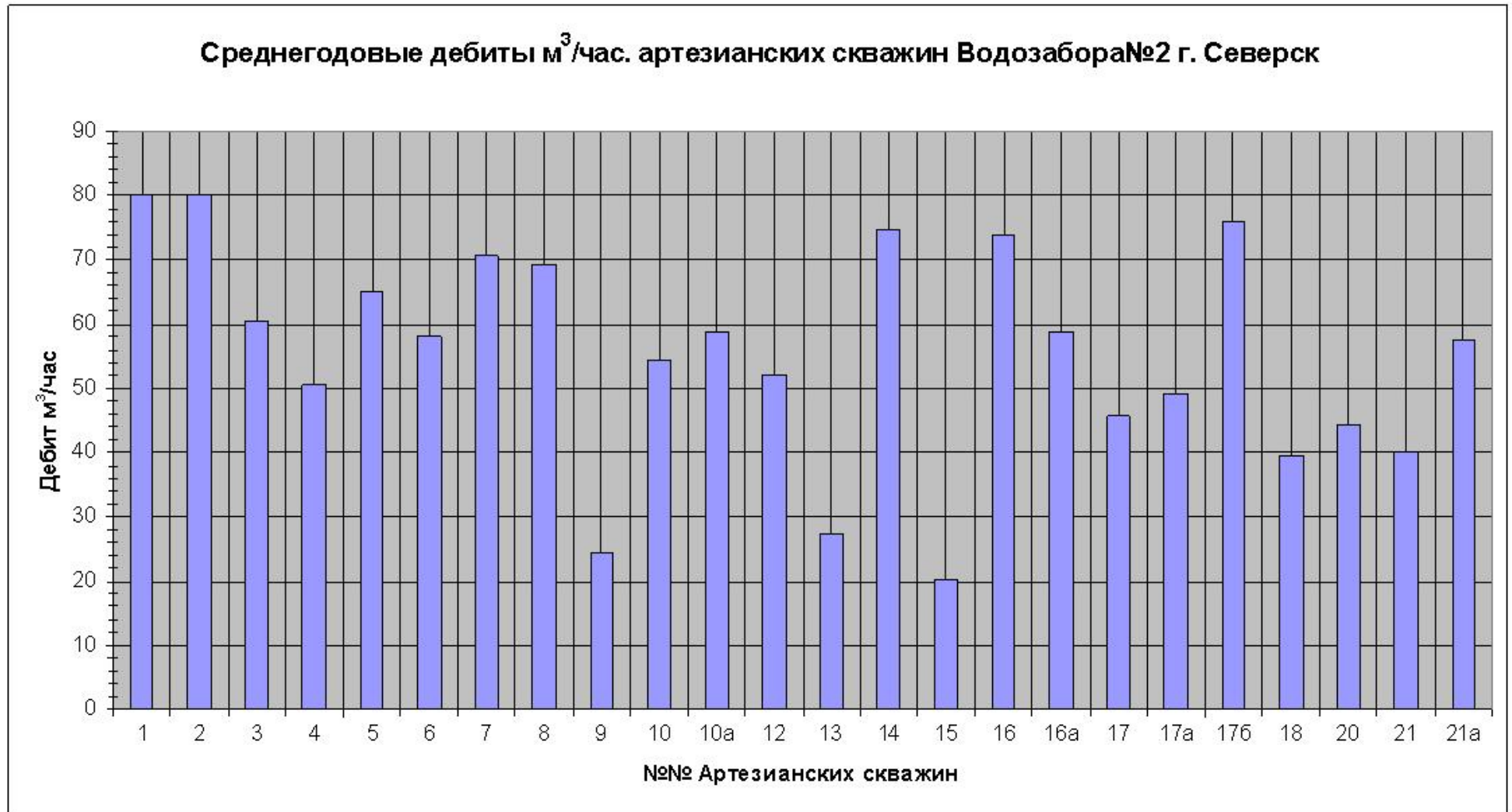


Рисунок 2.23 – Среднегодовые дебиты артезианских скважин водозабора №2

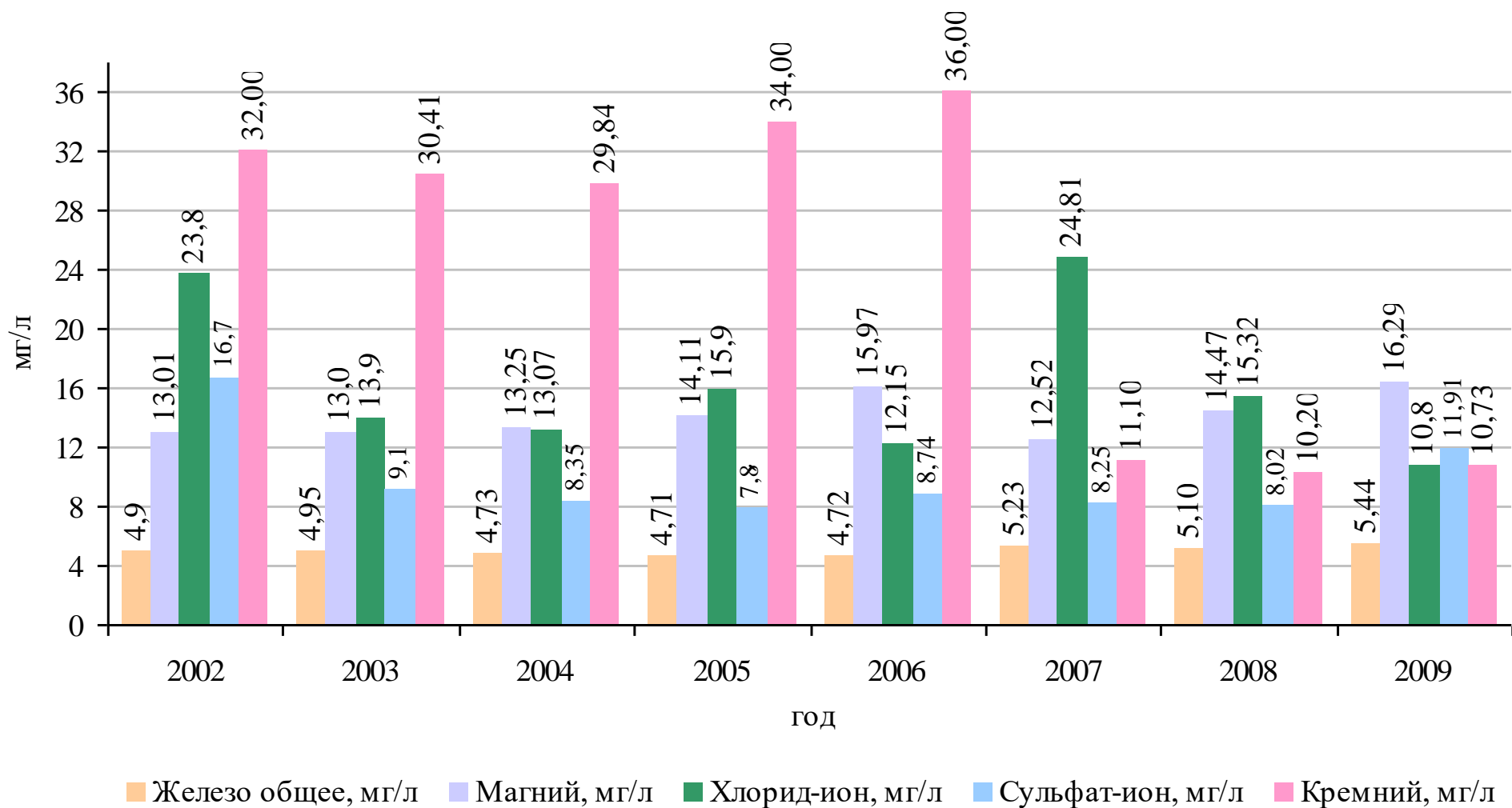


Рисунок 2.24 – Среднегодовые значения характерных показателей химического состава воды (водозабор № 1)

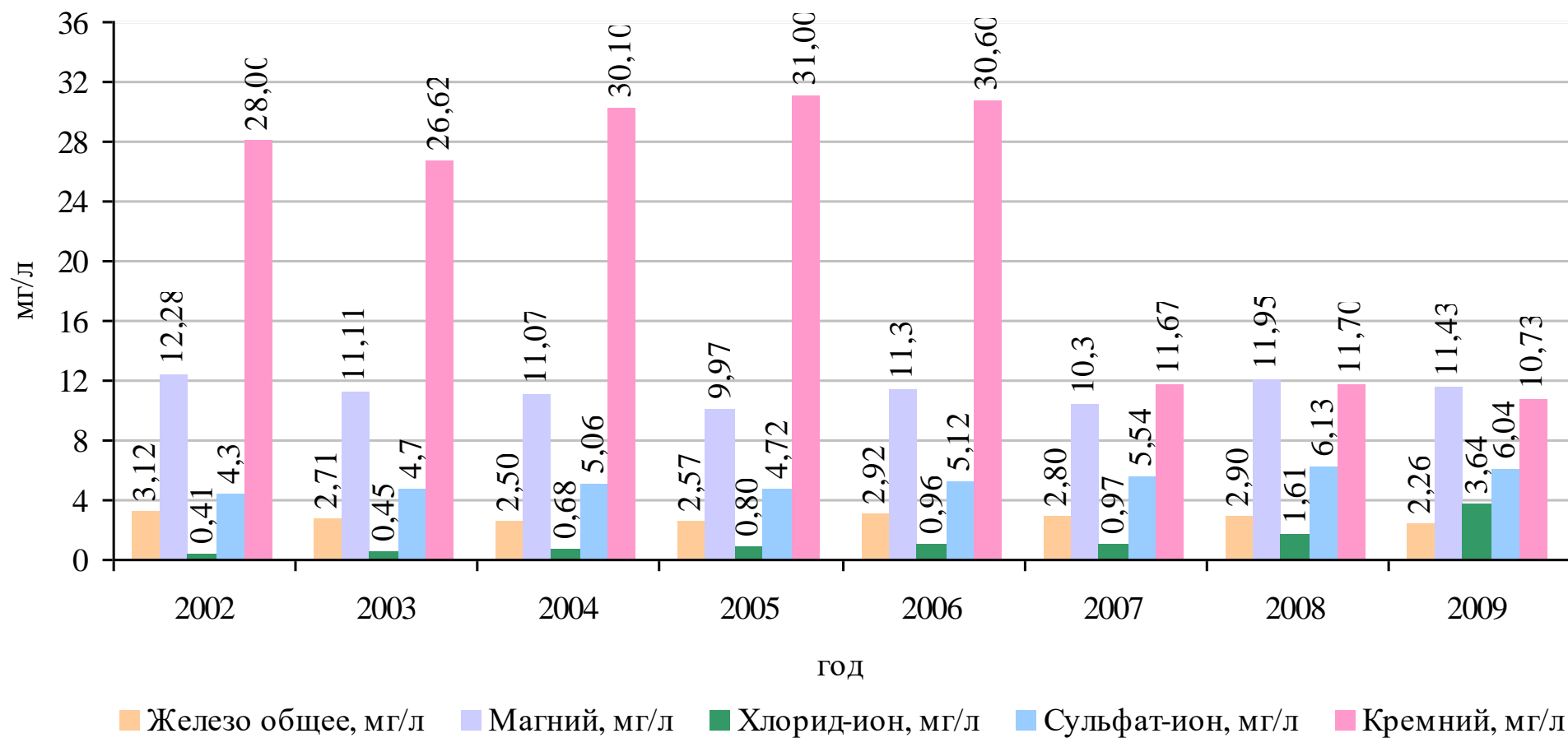


Рисунок 2.25 – Среднегодовые значения характерных показателей химического состава воды (водозабор № 2)



Рисунок 2.26 – Осадки в водоподъемной трубе на скважине № 14
водозабора № 1



Рисунок 2.27 – Характер отложений на оборудовании (слева), ловушка с осадком (справа)

В таблице 2.10 результаты химического анализа представлены в виде оксидов основных элементов, хотя кольматант представляет собой многокомпонентную систему, включающую в себя соли кальция, магния, марганца (карбонаты), соединения железа в виде гидроксида, оксида, сульфида, фосфата. Например, содержание Fe_2O_3 в анализе дает количественную характеристику суммы всех железосодержащих соединений: $Fe(OH)_3$, Fe_2O_3 ,



Рисунок 2.28 – Определение химического состава отложений водозаборов

FePO_4 , FeS , а процент CaO , MnO , MgO – карбонатов: CaCO_3 , MnCO_3 , MgCO_3 . Потери при прокаливании (900°C) характеризуют то количество веществ, которое удаляется при разложении карбонатов – углекислый газ CO_2 , а при прокаливании гидроксида железа – пары воды H_2O согласно реакциям:

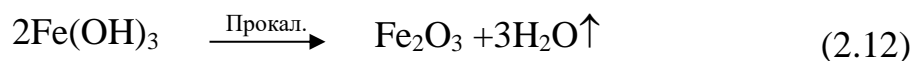
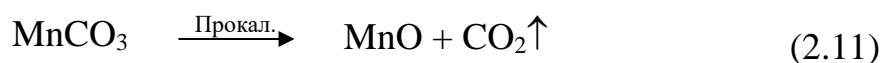
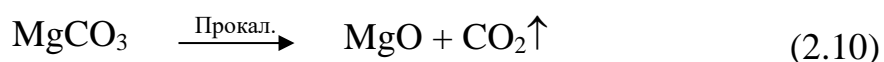
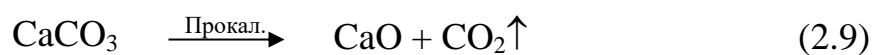


Таблица 2.10 – Химический состав минеральных отложений водозаборов

Место отбора кольматанта ⁵	Содержание по весу, %											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ППП ⁶	FeO
Скв.ТВ	4,92	0,29	63,89	0,92	7,72	<0,2	0,03	0,15	7,63	0,24	14,71	0,36
Скв.СВ	4,55	0,31	70	5	3,47	<0,02	0,1	0,21	1,12	0,34	15,37	0,78
Скв.Ас	7,72	0,57	68,73	1,5	3,86	0,56	0,1	0,15	2,88	0,2	14,22	0,84

По данным анализа проб осадка, отобранных с электропогружных насосов, химический состав осадка представлен в основном гидроксидами железа Fe(OH)₃.

На технологическом оборудовании водозаборов формируются минеральные новообразования двух морфологических типов: бесструктурные охристые массы и минеральные агрегаты, обладающие жестким структурированным каркасом. Существенных генетических различий между выделенными типами осадков нет: и те, и другие обязаны происхождением изменению физико-химических условий среды, в которой они формируются, а их морфологические особенности связаны, главным образом, с гидродинамической обстановкой осадконакопления [117]. Охристые массы образуются в условиях динамического водного потока на фильтрах и водоподъемных трубах эксплуатационных скважин, на погружных насосах и измерительной аппаратуре. Они имеют консистенцию сметанообразную у поверхности и более вязкую, пастообразную – во внутренних слоях, при высыхании твердеют, но легко растираются в пыль.

Минеральные новообразования второго типа формируются на зернистой загрузке фильтров очистных сооружений, имеют концентрически-слоистое строение, подчеркнутое чередованием слоев различной мощности и окраски, и по комплексу признаков отнесены нами к оолитам [117, 118]. После сушки на воздухе

⁵ Скв.ТВ – скважины Томского водозабора, Скв.СВ – скважины Северского водозабора, Скв.Ас – скважины Орловского водозабора г. Асино

⁶ ППП – потери при прокаливании

структура оолитов сохраняется, и агрегаты разрушаются только при механическом воздействии.

Анализ состава и строения оолитов проводился на сканирующем растровом электронном микроскопе VEGA I LMU, оснащенном энергодисперсионным спектрометром INC A Energy в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (аналитик – ассистент кафедры петрографии ТГУ А.С. Кульков). При исследовании состава и строения оолитов под электронным микроскопом, выявлено концентрически-слоистое строение пленок осадков, сформировавшихся вокруг зерен загрузки. Толщина пленки осадка зависит от времени работы фильтра и может составлять от долей миллиметра до 1 мм [119]. В нашем случае толщина отдельных слоев пленки составляет от 10 до 45 мкм (Рисунок 2.29).

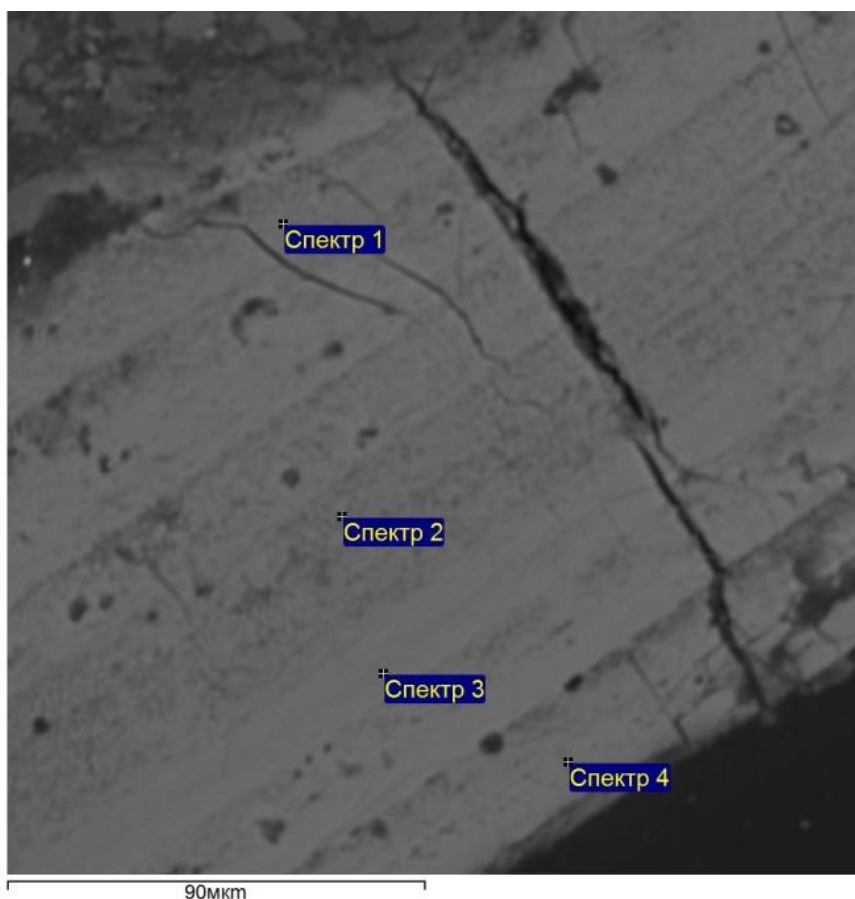


Рисунок 2.29 – Концентрически-слоистое строение оолита, сформированного вокруг зерна загрузки и точки анализа. Изображение BSE

При изучении содержания растворенных газов в подземных водах водозабора № 1 г. Северска выявлен дополнительный фактор, оказывающий

негативное влияние на оборудование водозабора. Это повышенное содержание метана в данных подземных водах. Образование метана в повышенных концентрациях обусловлено значительным содержанием в водовмещающих отложениях палеогена (особенно новомихайловской свиты) органических веществ природного и антропогенного происхождения.

Концентрация метана в эксплуатируемом горизонте изменяется от 0,03 до 4 мл/л. Причем его минимальное количество отмечается в юго-западной части, а максимальное – в северо-западной и юго-восточной частях водозаборов (Рисунок 2.30). Такое различие концентрации метана объясняется изменением гидрохимической обстановки, связанным с антропогенным загрязнением подземных вод на отдельных участках, а также нарушением режима водоотбора либо техническими неполадками в скважинах [47].

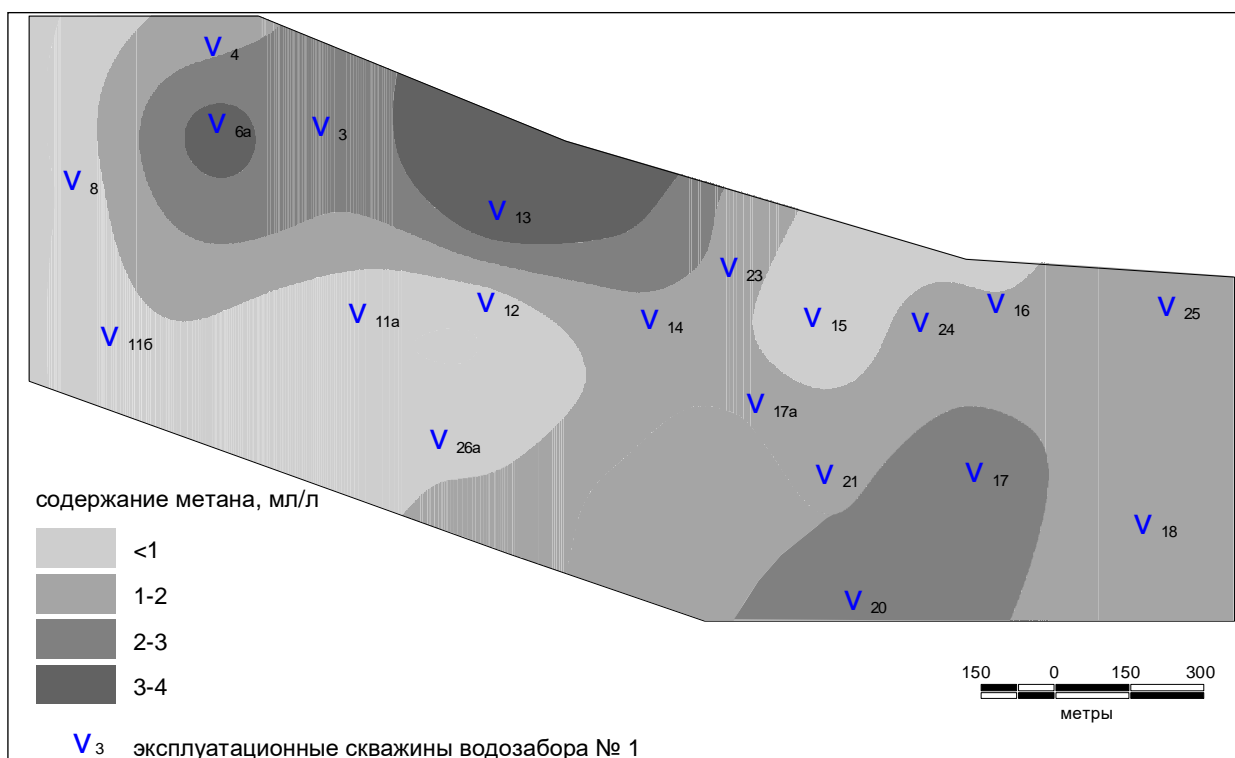


Рисунок 2.30 – Содержание метана в воде скважин водозабора № 1

Появлению большого количества метана в подземной воде могут также способствовать метанобразующие бактерии. При остановках скважины, перекрытии задвижек и пр. в скважине и водоводе устанавливается застойный режим, способствующий усилению процессов метанообразования [48]. При

изучении микробиологического состава подземных вод метанобразующие бактерии выявлены во всех 20 пробах воды из скважин водозабора. Метанобразующие бактерии способствуют накоплению метана в павильонах скважин и колодцах, что является опасным для персонала, эксплуатирующего водозабор. Кроме того, метанобразующие бактерии в сочетании с такими бактериями, как денитрифицирующие, сульфатредуцирующие, нитрифицирующие, гетеротрофные, присутствующие в водоносных горизонтах, негативно влияют на состояние оборудования и инженерных сооружений водозабора, создавая чрезвычайно активную коррозионную среду.

2.4 Выводы по главе 2

1. Охарактеризованы результаты анализа закономерностей изменчивости гидрогеохимических сред водозаборов, обеспечивающих хозяйственно-питьевое водоснабжение города Северска. Приводятся причины временных изменений гидрогеохимических показателей продуктивного горизонта эксплуатируемых месторождений. Отмечается, что ведущим фактором этих изменений выступает нарушение гидродинамического и гидрогеохимического режима при длительной эксплуатации в условиях повышенной техногенной нагрузки. Проведенные исследования микробиологического состава подземных вод водозабора №1 города Северска показали наличие в них большого количества и разнообразия физиологических групп микроорганизмов, которые могут иметь как положительное, так и отрицательное значение для качества воды и состояния оборудования скважин.

2. Интенсивность формирования осадков и развития коррозии на скважинном оборудовании водозаборов подземных вод находится в прямой зависимости от следующих факторов: производительности скважин (наиболее высокая скорость кольматации и инкрустации для высокодебитных скважин); химического состава подземных вод; наличия большого количества различных физиологических групп бактерий, разрушающих органические и минеральные

вещества (причиной появления в воде большого количества данных бактерий являются повышенные техногенные и антропогенные нагрузки); деятельности метанобразующих бактерий, создающих в комплексе с другими бактериями активную коррозионную среду. Изменение химического состава воды сопровождается вторичным минералообразованием и формированием осадков на технологическом оборудовании. Осадки представляют собой полиминеральную смесь, основу которой составляет железистая фаза, подчиненную роль играют фосфатная и карбонатная фазы.

ГЛАВА 3

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОССТАНОВЛЕНИЮ СКВАЖИН ПОДЗЕМНЫХ ВОДОЗАБОРОВ

3.1 Обследование водозаборных скважин и выбор процессов регенерации

В п. 2.2.6 рассмотрены причины, вызывающие проблемы эксплуатации водозаборов из подземных водоисточников, связанные с процессами химического и биологического обрастания и коррозии металлического оборудования артезианских скважин. Автор приводит данные лабораторных исследований осадка, по Томскому водозабору и водозаборах г. Северска, и г. Асино. Интенсивность формирования осадков и развития коррозии на скважинном оборудовании зависит от производительности скважин, химического состава подземных вод, наличия метанобразующих и других бактерий, создающих чрезвычайно активную коррозионную среду. Мониторинг химического состава и микробиологический анализ подземных вод позволяют выявить причины коагуляции и коррозии металлосодержащих элементов скважин в условиях повышенной техногенной нагрузки, что в дальнейшем облегчает выбор методов борьбы с этими явлениями. Микрофлора в подземной воде отрицательно воздействует на все элементы водозаборных сооружений, увеличивая степень коррозионной активности. Высокая коррозионная активность воды обусловлена комплексом микрофлоры, представленной гетеротрофными, аммонифицирующими, нитрифицирующими, денитрифицирующими и особенно сульфатредуцирующими бактериями [111, 112].

При эксплуатации водозаборных скважин, помимо коррозии, достаточно часто приходится сталкиваться со снижением их удельной производительности. Причины снижения дебита различны и зависят от структуры водоносных пород, химического состава подземных вод, типа фильтра, интенсивности водоотбора и времени эксплуатации. На практике при отсутствии сработки запасов подземных вод основными причинами снижения дебита являются: коагуляция фильтров,

гравийной обсыпки, прифилтровой зоны пластов и неизбежное снижение водоотбора из-за пескования [117, 119] (п. 1.3).

Как было отмечено в п. 1.3, на водозаборных скважинах, как в фильтрах (Рисунок 3.1), так и в прифилтровых зонах, чаще всего образуются осадки в виде железистых масс, причем активизируется этот процесс при наличие в воде железо- и железомарганцевых бактерий в результате химических и электрохимических процессов [111].



Рисунок 3.1 – Биологический кальмотаж фильтров

Подземные водозаборы г. Северска эксплуатируются уже длительное время, по 50÷60 лет. Часто эти скважины подвержены процессам пескования в результате просадки гравийной обсыпки фильтровой колонны, в связи с чем верхняя часть фильтра оказывается без обсыпки и песок из водоносного пласта попадает в фильтр и отстойник скважины. К пескованию может приводить и ненадлежащее состояние фильтровой колонны из-за ее коррозии [120-123].

Водозаборные скважины являются важнейшим элементом системы водоснабжения населенных пунктов, поэтому вывод скважин из эксплуатации является крайне нежелательным.

Для получения наглядной картины по состоянию скважины, всех ее конструктивных элементов, а также принятию решения по методам восстановления скважины со значительно пониженной производительностью по сравнению с первоначальной, техническим персоналом проводится обследование скважин методом телеинспекции (п. 2.1.1). Такой метод является наиболее эффективным при выявлении нарушения целостности стенок фильтровой колонны, степени зарастания отверстий фильтра, характера кольматирующих отложений, наличия посторонних предметов в стволе скважины, расположения конкретного участка пескования и многое др. (Рисунок 3.2).

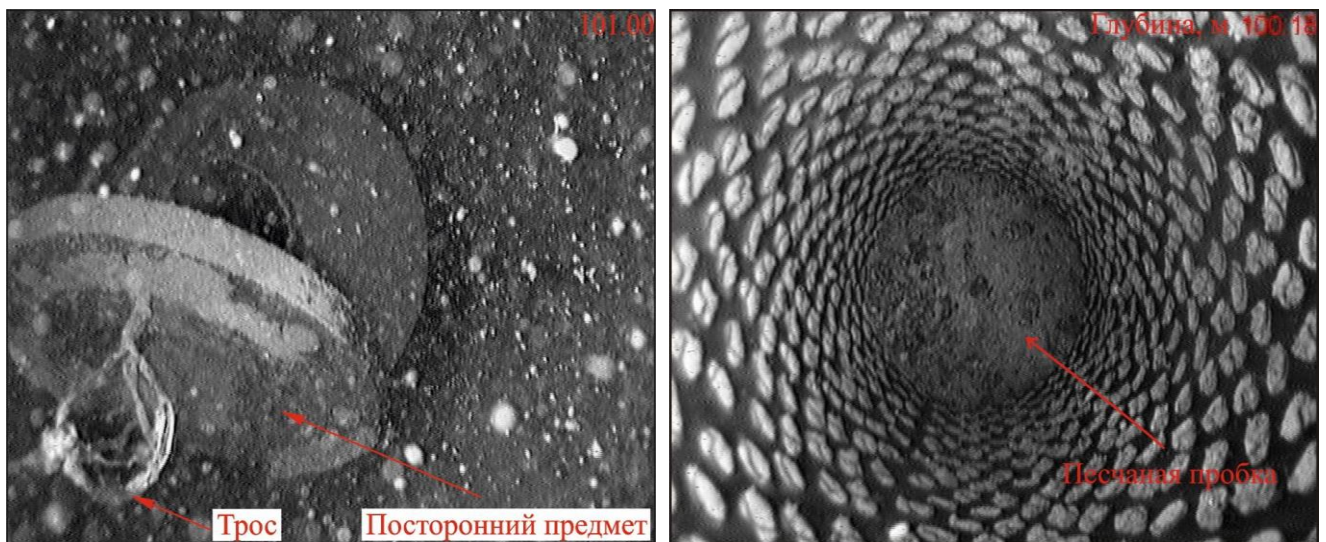


Рисунок 3.2 – Визуальный контроль различного рода нарушений в конструкции скважины

В 1997 г. автором на основании анализа многолетних исследований качественного и количественного состава подземных вод Северского месторождения, исследований (характеристик и свойств) минеральных новообразований на водоподъемном оборудовании и фильтрах скважин, с учетом конструкций скважин было принято решение о необходимости комплексного подхода к проблеме восстановления артезианских скважин и последующей

разработке метода комплексной регенерации в области регенерации артезианских скважин водозаборов Северского месторождения.

В процессе производственной эксплуатации и научных исследований по выбору и оптимизации существующих методов повышения эффективности долгосрочной эксплуатации артезианских скважин, работающих в сложных антропогенных, техногенных условиях и эксплуатирующие водоносные горизонты, содержащие агрессивные соединения химического и биологического происхождения, применялись практически все известные физические методы регенерации артезианских скважин (свабирование, ершевание, гидроударные волны, электроимпульсная, детонаторная, вибрационная, газодинамическая обработка и т.п.), а также импульсно-реагентные и реагентные методы.

В результате научных исследований и практического применения данных методов был сделан вывод, что этими методами вполне можно добиться очистки внутреннего ствола скважины, частично наружной проволочной обмотки. Но в скважинах, эксплуатирующих водоносные горизонты, представленные песками от пылеватых и мелкозернистых до крупнозернистых и гравийных фракций, эти методы малоэффективны, особенно при повышенном содержании в воде растворенного и частично окисленного железа и солей жесткости, образующих кольматирующие отложения не только на внутренней и наружной стенках фильтровой колонны, но и значительной зоне прифильтровых слоев водоносных пород. Кроме того, при эксплуатации скважин в сложных техногенных и антропогенных условиях, были обнаружены явления биологической кольматации, представленные в п. 2.2.4. Кроме кольматации, вызывающей коррозионные процессы, обнаружены и колонии бактерий, в частности железобактерии.

В конечном результате сделаны практические и научно обоснованные выводы, что наиболее эффективным методом регенерации скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты, представленные песками различной крупности и имеющие повышенные концентрации веществ, вызывающих кольматацию химического и бактериологического характера, коррозионное

воздействие и обеспечивающие жизнедеятельность железобактерий, является химический метод регенерации реагентами.

Реагентный способ восстановления скважин был выбран на основании многолетнего опыта апробации различных методик восстановления и повышения удельного дебита водозаборных скважин. Следует отметить тот факт, что данный метод позволяет провести декольматацию не только фильтрующей поверхности ствола скважины, но и прифилтровой зоны артезианской скважины, что несомненно дает больший эффект как по производительности скважины, так и по длительности сохранения повышенной водоотдачи водовмещающих пород.

Все типы реагентов, используемые для обработки водозаборных скважин должны отвечать следующим требованиям: обеспечивать максимальное восстановление проницаемости фильтров скважин; должны быть разрешены к использованию в хозяйственно-питьевом водоснабжении на территории РФ; продукты реакции реагентов с кольматантом должны легко уделаться из скважины при послеремонтных откачках на сброс; при взаимодействии с подземной водой реагенты не должны образовывать соединения, способные ухудшать качество воды при дальнейшей эксплуатации скважины; не должны оказывать токсикологического воздействия на обслуживающий скважину персонал; не должны содержать примеси, загрязняющие водоносный горизонт и неудаляющиеся при послеремонтных откачках из скважин на сброс.

Выбор реагента должен осуществляться на основании данных обследования скважин, лабораторных исследований кольматирующих веществ, а также данных, полученных при проведении декольматационных работ на скважинах данного водозабора.

Для реагентной обработки скважин чаще всего применяются жидкие и порошкообразные реагенты кислотного действия.

Автором проведены лабораторные опыты по подбору наиболее эффективного реагента для растворения кольматирующих отложений и определена его концентрация.

На Рисунке 3.3. приведены данные по степени растворения железистых осадков с зерен песка, отобранного из прифилтровой зоны скважин, различными реагентами. Наиболее эффективно растворение протекает при воздействии соляной кислоты. Сульфаминовая кислота имеет весьма низкий эффект растворения железистых отложений.

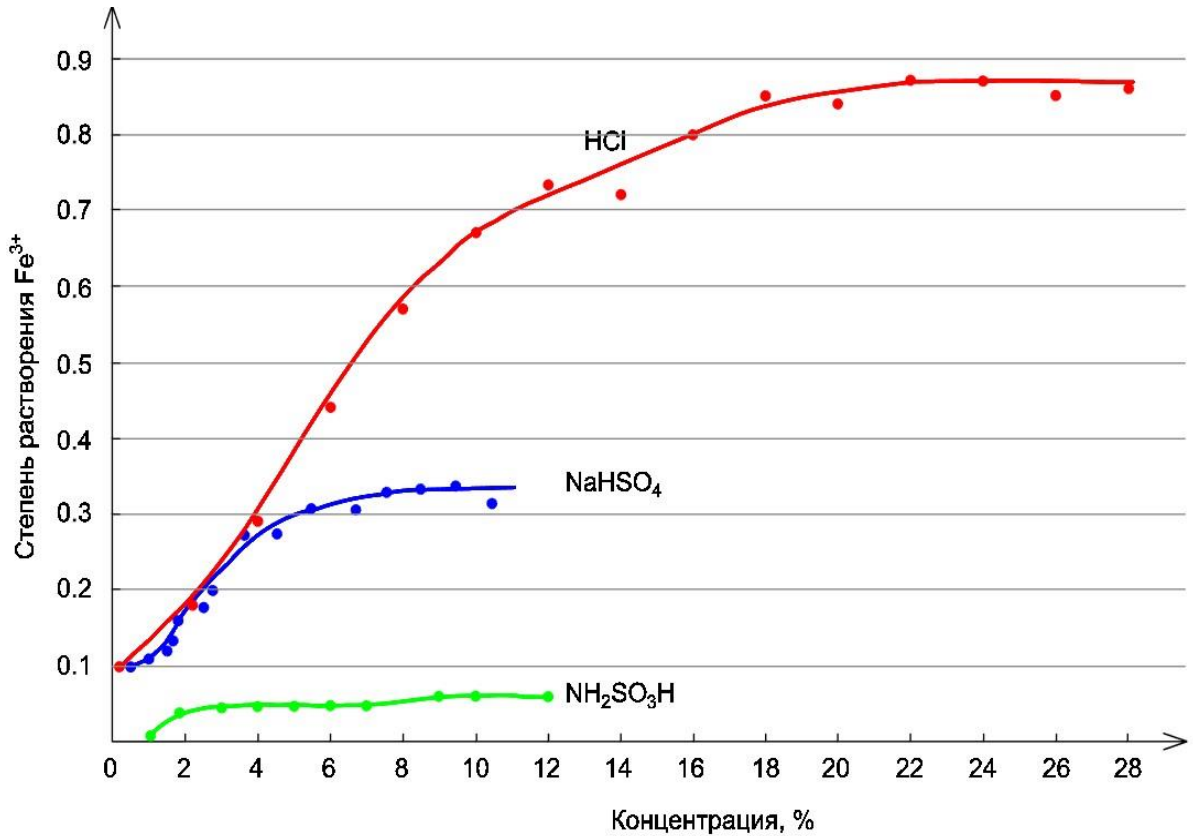


Рисунок 3.3 – Диаграмма растворимости железистых осадков в зависимости от концентрации различных реагентов

Зависимость степени растворения железистых осадков (СР) от концентрации реагентов (К) выглядит следующим образом:

– для соляной кислоты

$$СР = 0,0125 \times K^2 + 0,1 - \text{при низкой концентрации (до 4\%),} \quad (3.1)$$

$$СР = \frac{0,9 \times K - 2,4}{K} - \text{при концентрации более 4\%,}$$

– для бисульфата натрия

$$\begin{aligned}
 \text{CP} &= 0,015 \times K^2 + 0,1 - \text{при низкой концентрации (до 2\%),} \\
 \text{CP} &= \frac{0,377 \times K - 0,489}{K - 0,345} - \text{при концентрации более 2\%,}
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

– для сульфаминовой кислоты

$$\begin{aligned}
 \text{CP} &= 1,34 \times \sqrt{K} - 1 - \text{при низкой концентрации (до 2\%),} \\
 \text{CP} &= 0,055 - \text{при концентрации более 2\%,}
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

На основе экспериментальных данных установлена зависимость степени растворения железистых осадков от концентрации реагентов, которая имеет следующий вид:

$$\text{Для HCl: } y = \begin{cases} 0,0125x^2 + 0,1, & x \in [0; 4], \\ \frac{0,9x-2,4}{x}, & x \geq 4. \end{cases}$$

$$\text{Для NaHSO}_4: y = \begin{cases} 0,015x^2 + 0,1, & x \in [0; 2], \\ \frac{0,377x-0,489}{x-0,345}, & x \geq 2. \end{cases}$$

$$\text{Для NaHSO}_3\text{H: } y = \begin{cases} 1,34\sqrt{x} - 1, & x \in [1; 2], \\ 0,55, & x \geq 2. \end{cases}$$

На основании полученных экспериментальных данных для регенерации водозаборных скважин рекомендовано использовать соляную кислоту. Техническая соляная кислота HCl выпускается концентрацией не менее 27÷38%, окрашена примесями в желтый цвет, главным образом, хлоридом железа.

Оптимальная концентрация растворения кольматирующих соединений соляной кислотой находится в диапазоне 20÷25% (Рисунок 3.3). Следует отметить, что в старых скважинах, построенных в 50÷60-е годы прошлого столетия, металлические фильтровые трубы достаточно сильно изношены. При обработке кислотными реагентами таких скважин, забирающих воду из водоносных пород, сложенных песками различной крупности, происходит разрушение стенок труб и сальниковой набивки. Поэтому обработка скважины не давала ожидаемого

эффекта в связи с интенсивным пескованием или завала забоя песком и в результате скважину приходилось тампонировать.

На Рисунке 3.4 приведена скорость коррозии стальных труб (П) в зависимости от концентрации соляной кислоты (К):

- при низкой концентрации (до 4%)

$$\begin{aligned} \Pi &= 0,02 \times K + 0,1, \\ \text{CP} &= 0,025 \times K + 0,1, \end{aligned} \quad (3.4)$$

- при концентрации более 4%

$$\begin{aligned} \Pi &= \frac{1,021 \times K - 3,425}{K + 0,34}, \\ \text{CP} &= \frac{1,052 \times K - 3,537}{K + 0,34} \end{aligned} \quad (3.5)$$

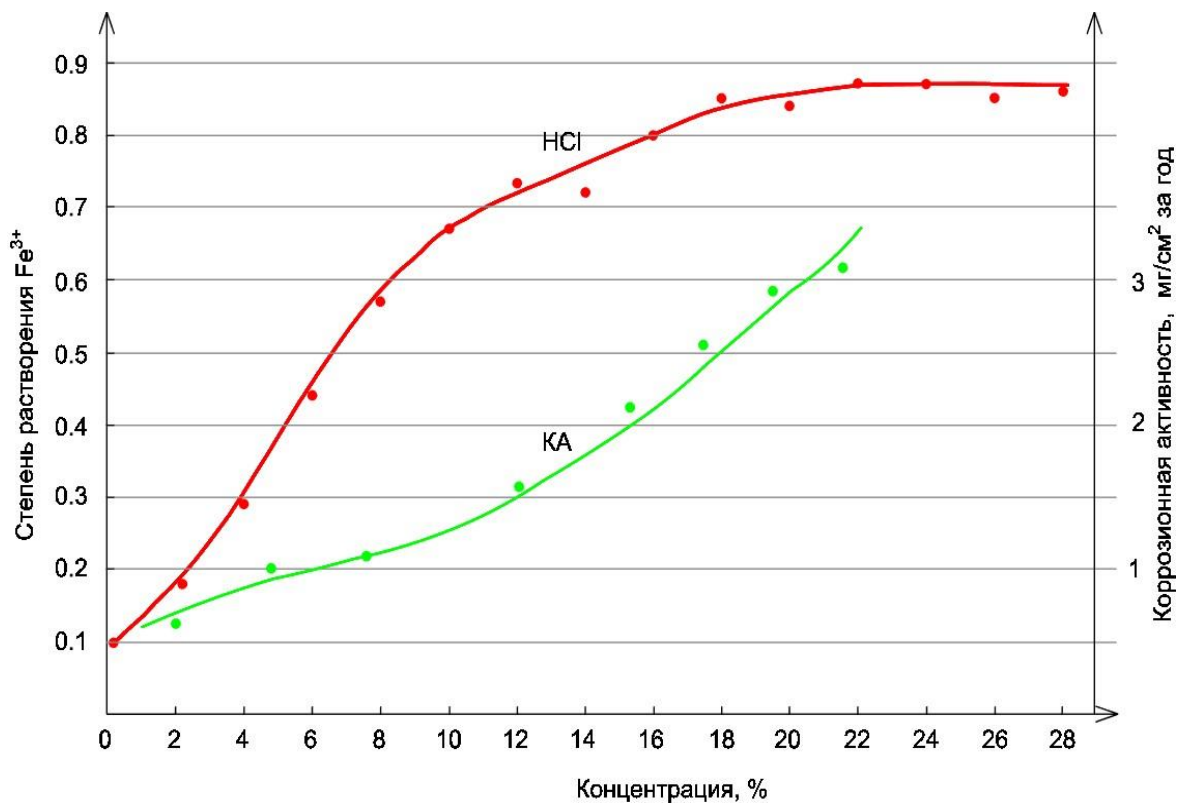


Рисунок 3.4 – Диаграмма коррозионной активности соляной кислоты в зависимости от концентрации

При концентрации более 12% скорость коррозии металла резко возрастает. В связи с этим, автор применил для регенерации ингибированную соляную кислоту с концентрацией в стволе фильтра $12 \div 15\%$, разрешенную к применению в скважинах хозяйственно-питьевого назначения. Ингибитор добавляется для снижения коррозии и разъедания металлических частей и оборудования скважин. В качестве ингибитора использовался формальдегид [124, 125]. Объем регенерационного раствора зависит от концентрации кислоты, объема обрабатываемой части скважины, а также возможного состояния кольматанта, который может быть пастообразным, рыхлым или твердым образованием. Время контакта закольматированной скважины с кислотой колеблется от 5 до 24 часов с последующим циклическим задавливанием в прифильтровую зону с контролем давления по манометру компрессора.

Кроме соляной кислоты применялся порошкообразный бисульфат натрия (кислый сернистый натрий $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), который не менее эффективен, но имеет ряд преимуществ перед соляной кислотой. Бисульфат натрия значительно менее опасен в обращении для обслуживающего персонала; стоимость реагента ниже стоимости соляной кислоты; при транспортировке не требуется оформления разрешительной документации на перевозку прекурсора (как в случае с соляной кислотой), его можно нагревать прямо в заливочной емкости при термообработке скважин, т.к. бисульфат натрия в этом случае в меньшей степени токсичен, чем соляная кислота.

Для регенерации скважин применялся $10 \div 12\%$ -ный раствор бисульфата натрия (Рисунок 3.3) в зоне фильтра. В качестве стабилизирующей добавки выбран $0,1\%$ -ный триполифосфат натрия.

На Рисунке 3.5 приведены графики наблюдения за удельным дебитом скважин, подвергшихся химической обработке разными реагентами. Соляная кислота применяется для обработки скважин с высокой степенью обрастания, причем структура кольматанта имеет прочно сцементированный характер. Во всех других случаях целесообразно применять бисульфат натрия.

Достаточный объем раствора для обработки скважины определяется по формуле:

$$V_p = V_\phi + V_{\text{пор}} + V_{\text{отс}} \quad (3.6)$$

где V_p – объем раствора, м³;

V_ϕ – объем фильтра, м³;

$V_{\text{пор}}$ – объем пор зоны кольтматации, м³;

$V_{\text{отс}}$ – объем отстойника, м³.

Выражая каждое слагаемое через геометрические размеры, получаем:

$$V_p = \frac{\pi d_{\text{внф}}^2}{4} \cdot l_\phi + \frac{\pi(D_k^2 - d_{\text{нф}}^2)}{4} \cdot l_\phi \cdot n + \frac{\pi d_{\text{внф}}^2}{4} \cdot l_{\text{отс}} \quad (3.7)$$

где $d_{\text{внф}}$ – внутренний диаметр фильтра, м;

$d_{\text{нф}}$ – наружный диаметр фильтра, м;

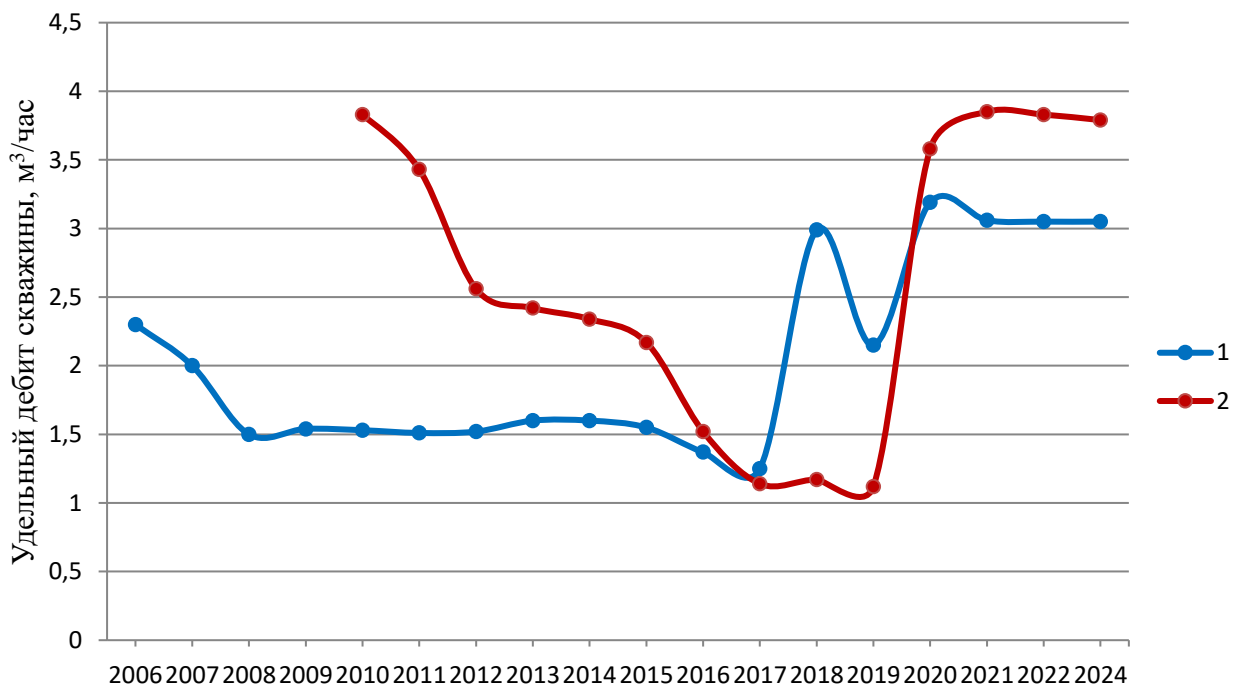


Рисунок 3.5 – Хронологический график наблюдения по скважинам № 33Э (1) и № 27э (2) Томского водозабора подземных вод до и после проведения химреагентной обработки бисульфатом натрия (1) и раствором соляной кислоты (2)

$l_{\text{ф}}$ – длина фильтра, м;

$D_{\text{к}}$ – диаметр зоны кольматации, определяется как сумма наружного диаметра фильтра и две ширины зоны кольматации, м;

n – пористость породы;

$l_{\text{отс}}$ – длина отстойника, м.

Данные по определению достаточного объема раствора реагента применительно к фильтрам различного диаметра длиной 10 м, глубине отстойника 2 м с учетом пористости пород ($n = 0,25$) и размеров зоны кольматации (толщина гравийной обсыпки) приведены в Таблице 3.1.

При обработке скважины рабочий раствор будет разбавляться водой, находящейся в фильтре. В этом случае объем жидкости в емкости для приготовления раствора составляет:

$$V_{\text{емк}} = V_{\text{р}} - V_{\text{ф}} \quad (3.8)$$

где $V_{\text{ф}}$ - объем жидкости в фильтре скважины.

Таблица 3.1 – Определение достаточного объема раствора реагента

Диаметр фильтра, мм	Размер зоны кольматации, мм			
	30 ⁷	100 ⁸	150	200
168	311	473	639	842
219	511	642	827	1204
245	630	954	1148	1381
299	920	1156	1371	1801

Концентрация рабочего раствора в емкости для его приготовления определяется из формулы:

$$C_{\text{емк}\%} = \frac{C_{\text{опт}\%} \cdot V_{\text{р}}}{V_{\text{емк}}}, \quad (3.39)$$

где, $C_{\text{опт}\%}$ – оптимальная концентрация реагента, %.

⁷ Сетчатый фильтр

⁸ Толщина гравийной обсыпки

Если степень кольматации скважины высока, и отложения имеют вид твердых цементированных масс, предлагается проводить термореагентную обработку. То есть раствор реагента нагревается непосредственно в стволе скважины до температуры $45\div 55^{\circ}\text{C}$. Такой метод является более трудоемким, однако позволяет восстановить скважины, которые не эксплуатировались уже долгое время (10÷15 лет) из-за значительного снижения дебита.

При незначительном снижении удельного дебита и рыхлой консистенции кольматанта целесообразна обработка без нагрева.

В процессе обработки скважин кислотными реагентами образуются газы (CO_2 , H_2S , Cl_2), которые способны вызвать подъем раствора по стволу скважины с выбросом на поверхность и опасную загазованность павильонов водозаборных скважин и др. Поэтому при обработке скважин кислотными реагентами необходимо устраивать тщательную герметизацию устья скважины и принудительную вентиляцию павильонов.

После обработки скважину прокачивают от остаточного количества реагентов и продуктов реакции. Контроль в полевых условиях возможен по авторскому плотномеру, измеряющему плотность откачиваемой жидкости [126].

Последовательность проведения реагентной обработки приведена в главе 4.

3.2 Применение новых материалов для повышения эффективности работы скважин

Благодаря постоянно проводимой работе по регенерации и восстановлению артезианских скважин водоканалов гг. Томска, Северска, Асино и др. эксплуатируются скважины, проработавшие в течение 40 лет и более без значительного уменьшения дебита по сравнению с первоначальным. Выгода эксплуатирующих организаций и заказчиков очевидна: отпадает необходимость получать или дополнять лицензию на эксплуатацию недр; отсутствуют затраты на строительство павильона, прокладку контрольных и электросиловых кабелей, наружных сетей водопровода, обустройство санитарной зоны; увеличивается

ресурс водоподъемного оборудования из-за устранения абразивного воздействия водоносного песка. Кроме того, регенерация и устранение пескования позволяют в более короткий срок решить проблему дефицита воды в населенных пунктах, чем новое бурение [113].

При широком применении химического метода регенерации скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты, представленные песками различной крупности и имеющие повышенные концентрации веществ, вызывающих коагуляцию химического и бактериологического характера, реагентами кислотного действия, на практике все же обнаружены недостатки и этого метода, выраженные в том, что при совместно с коагулянтном неизбежному воздействию подвергаются фильтры скважин, выполненные из металла. Поскольку необходимость регенерации скважин, как правило, возникает после их длительной эксплуатации в агрессивных условиях и уже частично скорродированных, то воздействию кислотных реагентов подвержены детали и оборудование самих скважин. В результате такого воздействия нарушается металлический каркас фильтра и его обмоток. В конечном итоге это приводит к пескованию скважин, которое при положительной очистке фильтра и прифилтровых зон все же не всегда даст возможность эффективно использовать максимально разрешенный дебит скважины [127, 128].

С точки зрения экономической эффективности, одним из наиболее приемлемых вариантов решения данной проблемы стал переход к полимерным фильтрам и стеклопластиковым трубам.

Автором были предложены к использованию при регенерации скважин с коагуляцией химического и бактериологического происхождения фильтры из композитных материалов. С 1997 г. автором в ОАО «Северский водоканал» успешно применялись для восстановления существующих скважин полимерные фильтры, а в последующем и коррозионностойкие стеклопластиковые водоподъемные трубы [129].

НПФ «Экотон» совместно с автором на базе полиэтиленовых аэраторов разработали фильтры для водозаборных скважин, доведя до нужного

коэффициента фильтрации путем увеличенного перфорирования и степени напыления в зависимости от фракции водоносного песка (Рисунок 3.6).

Полимерный фильтр впервые был установлен в скважине водозабора г. Северск. В связи с незначительными потерями напора внутри полимерного фильтра производительность скважины почти не отличалась от первоначальной, несмотря на уменьшение диаметра фильтра. Таким образом восстановлено 17 артезианских скважин (Таблица 3.2, Рисунок 3.7) [130].

На Рисунке 3.8 представлен разрез и техническая характеристика скважины № 8 водозабора № 2 г. Северск. Также отображена схема посадки дополнительного полимерного фильтра, изготовленного НПФ «Экотон». Артезианская скважина № 8 была пробурена в 1986 г. В эксплуатацию введена с рекомендованным дебитом 90 м³/час. До 1995 года дебит скважины составлял

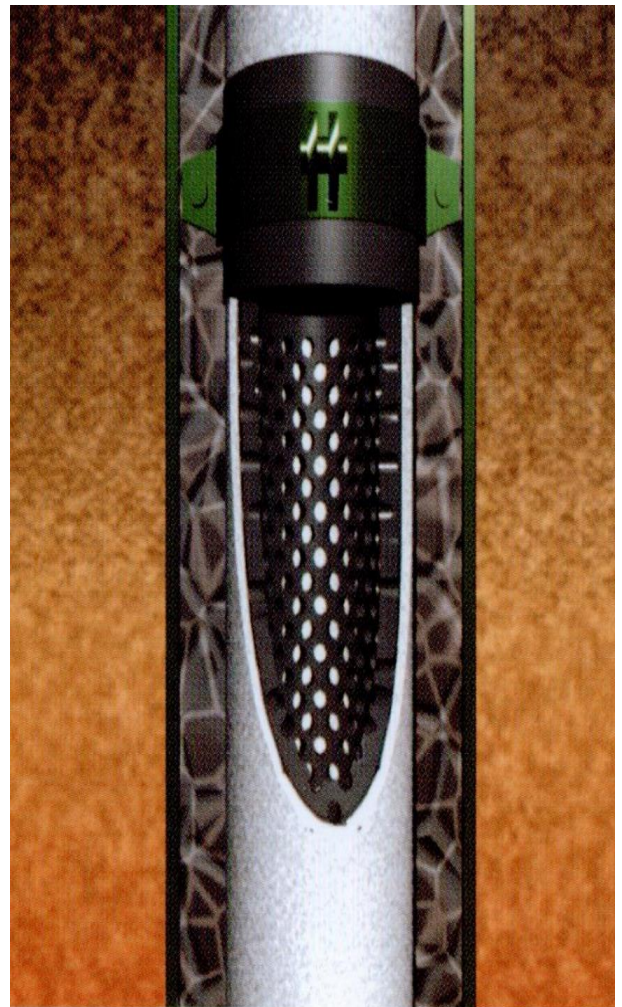




Рисунок 3.6 – Схема расположения дополнительного полимерного фильтра «Экотон» в водозаборной скважине в разрезе и вид фильтров в различных проекциях

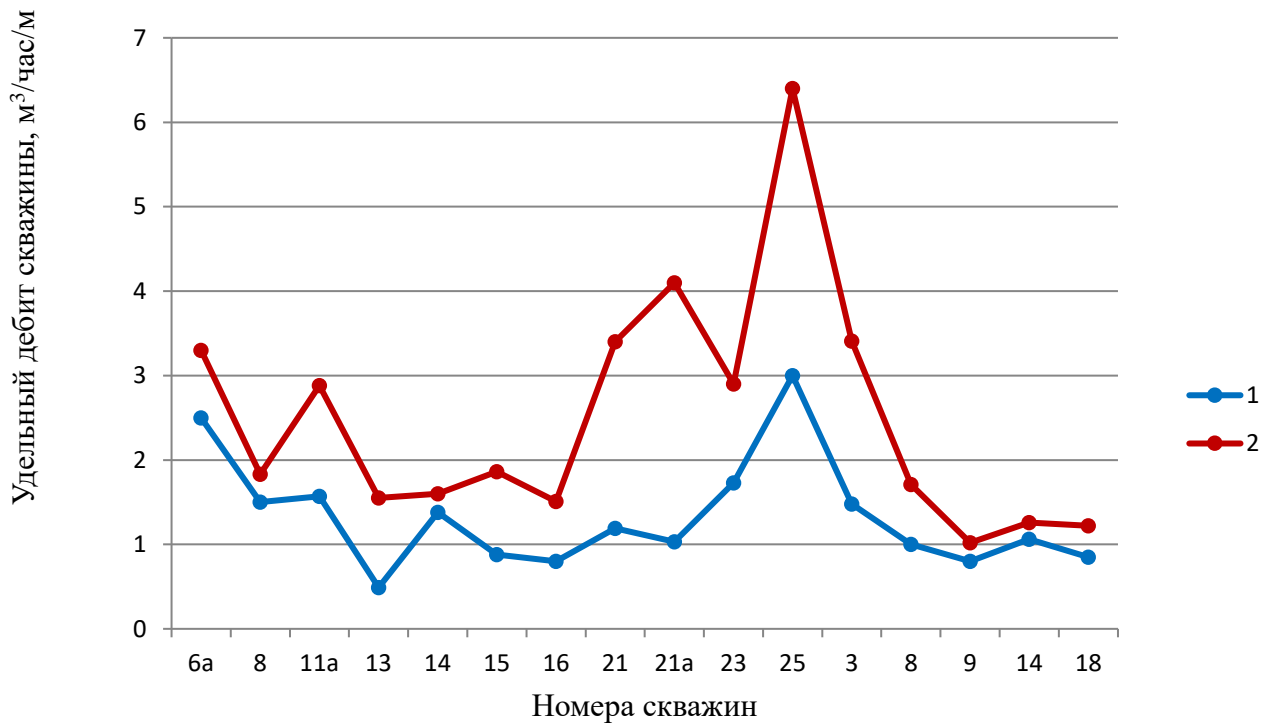


Рисунок 3.7 – Удельный дебит до (1) и после (2) установки полимерных фильтров на водозаборах г. Северска

80÷85 м³/час. Начиная с октября 1995 года, артезианская скважина запесковала без видимых внешних причин. При дебите 50 м³/час количество песка в воде

составляло 20÷50 г/л. При снижении дебита до 40 м³/час количество песка уменьшилось, но полностью прекратилось при дебите скважины менее 10 м³/час. Фактически скважина была выведена из эксплуатации. На Рисунке 3.9 приведена расходограмма скважины. После установки дополнительного фильтра дебит скважины увеличился в 1,5 раза. На протяжении 5 лет артезианская скважина № 8 работала стабильно с дебитом 65÷80 м³/час [130].

При устройстве дополнительного полимерного фильтра пространство между новой и старой фильтрационными колоннами засыпается отсеянным гравием фракции 2÷5 мм для предотвращения выноса песка из межтрубного пространства.

Таблица 3.2 – Установка полимерных фильтров на водозаборах г. Северска

№ скважины	Год начала эксплуатации	Удельный дебит на начало эксплуатации, л/с	Год остановки из-за пескования	Удельный дебит скважины до установки полимерного фильтра, л/с	Год установки полимерного фильтра	Удельный дебит после установки полимерного фильтра, л/с
Водозабор № 1						
6а	1996	3,2	1998	2,5	1998	3,3
8	1968	7	1996	1,5	1997	1,83
11а	1986	6,21	2002	1,57	2003	2,88
13	1961	6,4	1998	0,49	1999	1,55
14	1996	1,6	1999	1,38	1999	1,6
15	1961	4,7	1996	0,88	1997	1,86
16	1976	13	2002	0,8	2003	1,51
21	1964	7,7	1999	1,19	1999	3,4
21а	1979	5,5	1998	1,03	1999	4,1
23	1965	3,1	2003	1,73	2004	2,9
25	1968	6,7	2000	3	2002	6,4
Водозабор № 2						
1а	1997	0,83	2000	0,63	2000	0,83
3	1967	3,11	2000	1,48	2000	3,41
8	1986	1,86	1998	1	1998	1,71
9	2001	1,13	2003	0,8	2003	1,02
14	1984	2,3	2008	1,06	2008	1,26
18	1986	3,33	2009	0,85	2010	1,22

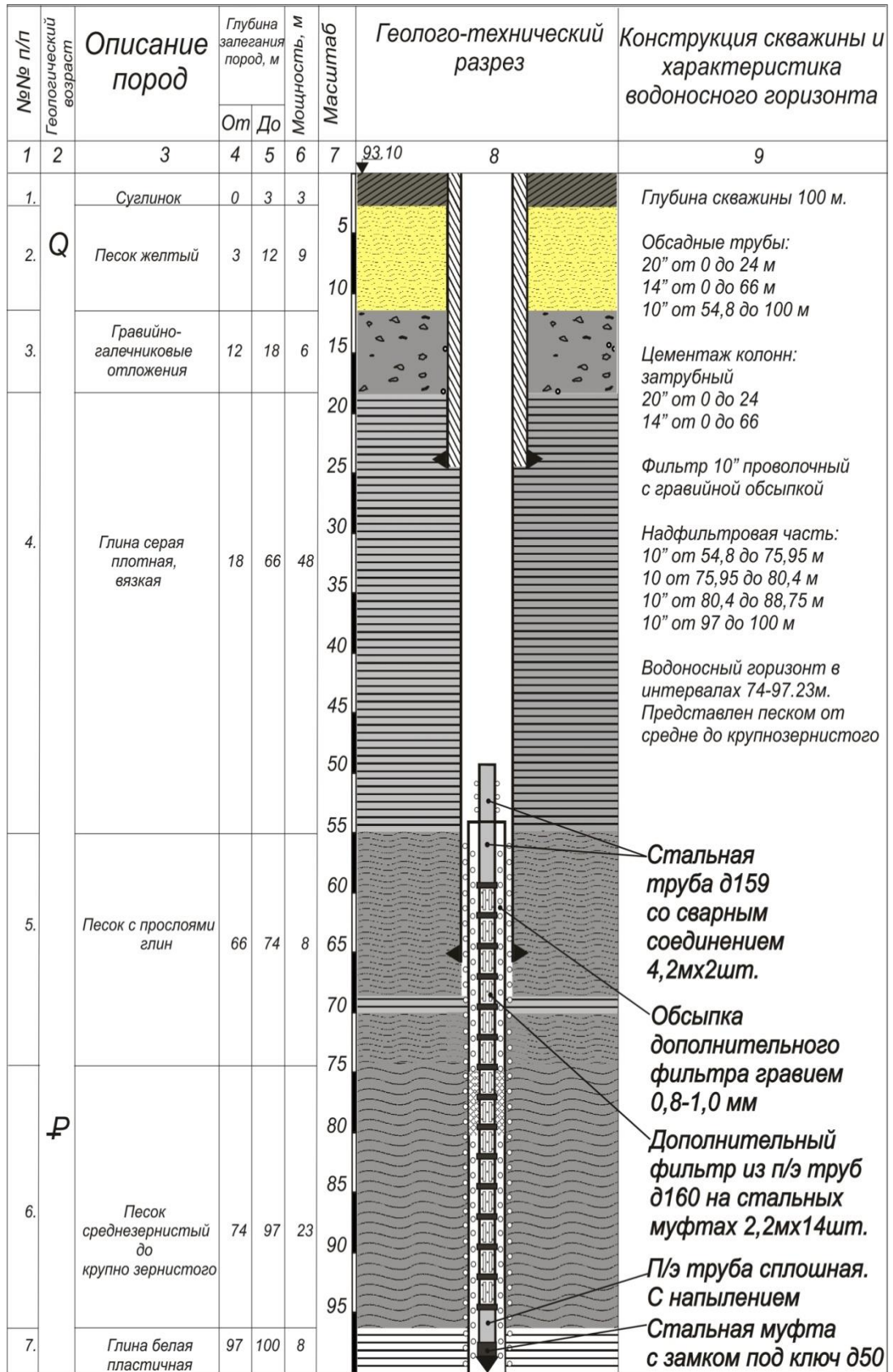


Рисунок 3.8 – Артезианская скважина № 8 водозабора № 2

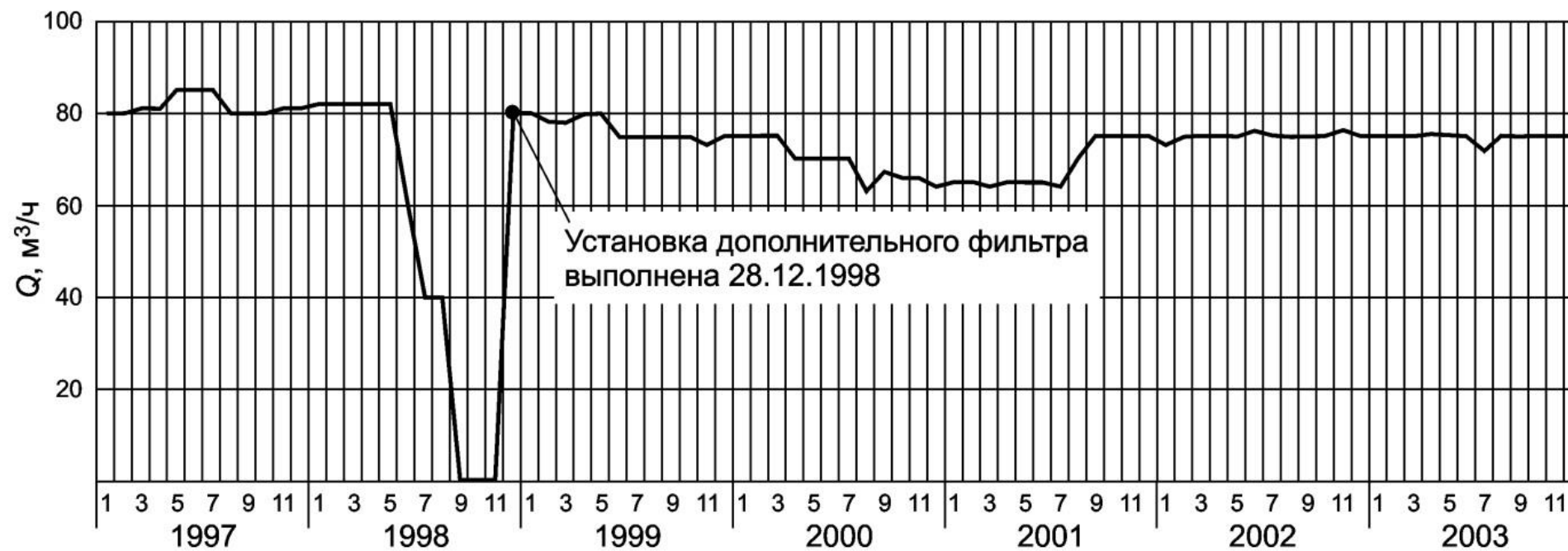


Рисунок 3.9 – Расходограмма по скважине № 8 водозабора № 2

Восстановленные таким образом фильтры скважин показали положительный результат работы в течение 7 лет, и в 2002 году фильтр «Экотон» диаметром 325 мм был установлен в новой артезианской скважине. Скважина работает с устойчивым дебитом 105 м³/час.

Стеклопластиковые фильтры выпускаются ЗАО «ПолиЭК». Результаты научно-практических исследований автора, приводимые на ряде отраслевых конференций, а также отраженные в ряде производственно-технических и научно-практических журналах, позволили выработать востребованную технологию изготовления и применения фильтров для артезианских скважин, работающих в агрессивных условиях водоносных горизонтов, обусловленных техногенным воздействием и бактериальным составом подземных вод, а также подверженных пескованию. На основе разработок, обобщенных в монографии автора, ЗАО «ПолиЭК» были предложены фильтры из композитных материалов, которые оказались востребованы в центральной и южной части России для целей практического использования при восстановлении скважин на воду. Получено экспертное заключение по результатам санитарно-эпидемиологической экспертизы на Стеклопластиковый фильтр с полимерной сеткой и Технические условия [131].

Стеклопластиковые фильтры предназначены для контакта с питьевой холодной водой в водопроводно-коммунальном хозяйстве, для фильтров в водозаборах поверхностных и подземных вод. Могут эксплуатироваться во всех макроклиматических районах на суше и на море, кроме районов с очень холодным климатом.

Стеклопластиковые фильтры изготавливаются из полимерного композиционного материала, включающего наполнитель (10÷75%) и связующее (90÷25%), и полимерной сетки. Срок эксплуатации стеклопластиковых фильтров – 40 лет с момента ввода в эксплуатацию.

В качестве конкретного примера рассмотрим стеклопластиковые фильтры ЗАО «ПолиЭК», применяемые на водозаборах Томского, Северского и Сосновского месторождения (Рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Стеклопластиковый фильтр с полимерной сеткой
СФ-П-150 ТУ 28.29.12-001-54655370- 2023

Стеклопластиковый фильтр, изготовленный ЗАО "ПолиЭК", устойчив в агрессивных средах, противостоит ударным и вибрационным нагрузкам. За счёт конструктивных материалов превосходит по прочности отдельные сорта стали.

Состоит из опорного каркаса, фильтровальной синтетической ткани и продольно-поперечной намотки в сочетании с косой перекрестной.

В качестве примера приведем артезианскую скважину № 16, пробуренную в 1976 г. В эксплуатацию введена с рекомендованным дебитом 75 м³/ час. До 1995 года дебит скважины составлял 75÷65 м³/час. Начиная с октября 2000 года, артезианская скважина запесковала без видимых внешних причин.

При дебите 60 м³/час количество песка в воде составляло 20÷50 г/л. При снижении дебита до 40 м³/час количество песка уменьшилось, но полностью прекратилось при дебите скважины менее 10 м³/час. Фактически скважина была выведена из эксплуатации. На Рисунке 3.11 представлен разрез и техническая характеристика скважины № 16 водозабора № 1, также отображена схема посадки дополнительного полимерного фильтра. На Рисунке 3.12 приведена расходограмма скважины до и после установки дополнительного фильтра.

Основные преимущества этих труб по сравнению с металлическими и трубами из полимерных материалов: высокая коррозионная стойкость, инертность практически к любым агрессивным средам; гидравлическое сопротивление ниже, чем у стальных и, следовательно, выше пропускная способность; в четыре раза легче стали; не требуют высокой квалификации монтажников, позволяют быстро и легко проводить многократный монтаж и демонтаж; стойки к образованию внутри трубы твердых отложений; не электропроводны, не требуют электрохимзащиты от воздействия блуждающих токов и т.д.; срок эксплуатации более 50 лет; стойки к грибкам и микроорганизмам; монтаж и демонтаж возможен при температуре от минус 50 до плюс 70°С.

Опыт эксплуатации скважин Северского месторождения доказал преимущества стеклопластиковых труб (Рисунок 3.13) по сравнению со стальными. Первоначальная стоимость стеклопластиковой трубы находится между стоимостью стальной футерованной и стальной без всякой коррозионной защиты. Однако с учетом гарантийных сроков и минимальных затрат на монтаж и эксплуатацию композитная труба, уже начиная с третьего года, значительно опережает стальную по технико-экономическим показателям. На водозаборах ОАО «Северский водоканал» и ООО «Томскводоканал» новые скважины бурят крайне редко, так как регенерация и применение полимерных фильтров в конструкциях скважин позволяет их эксплуатировать до 50 лет и более без значительного снижения производительности.

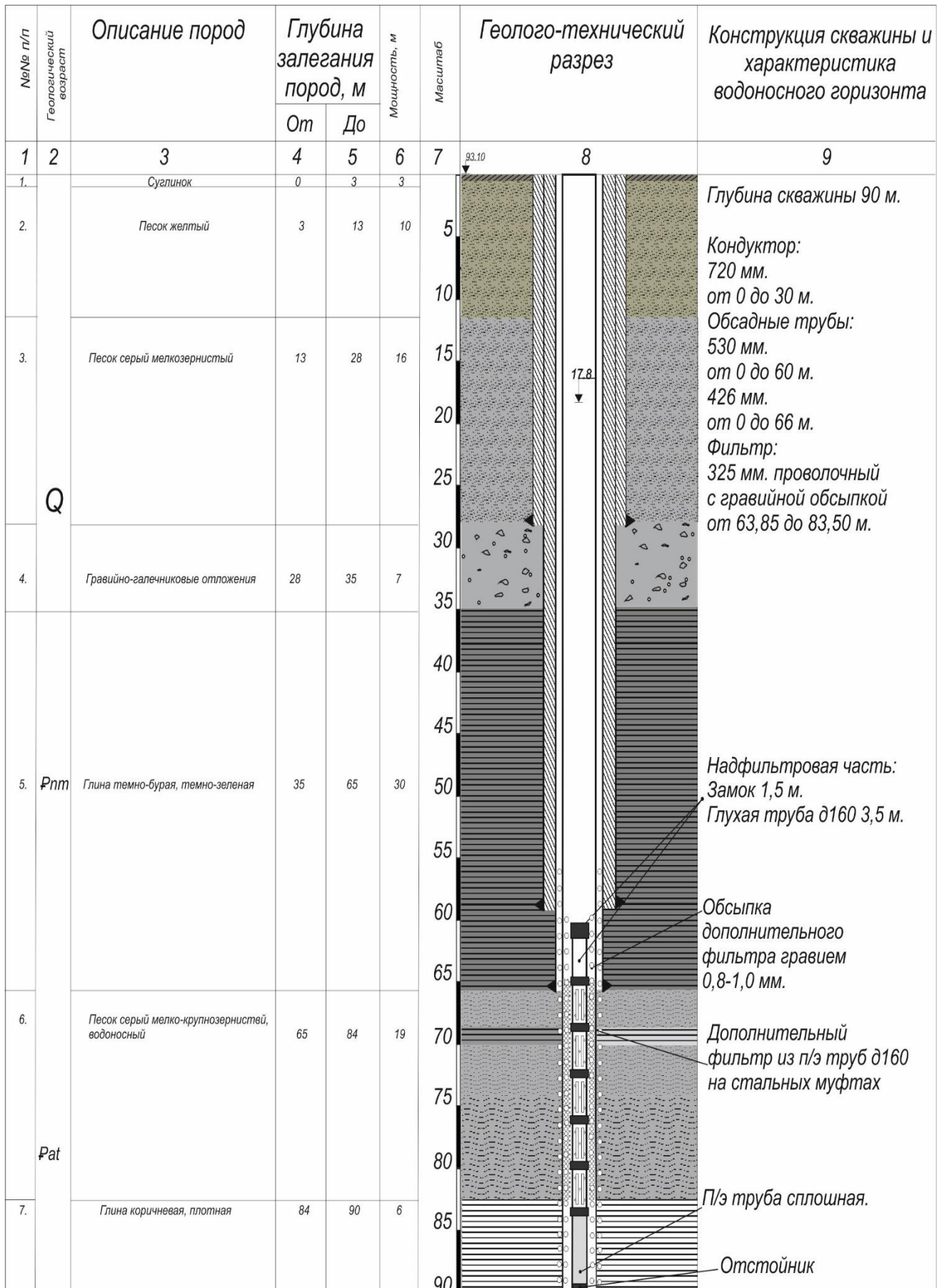


Рисунок 3.11 – Разрез и техническая характеристика скважины № 16

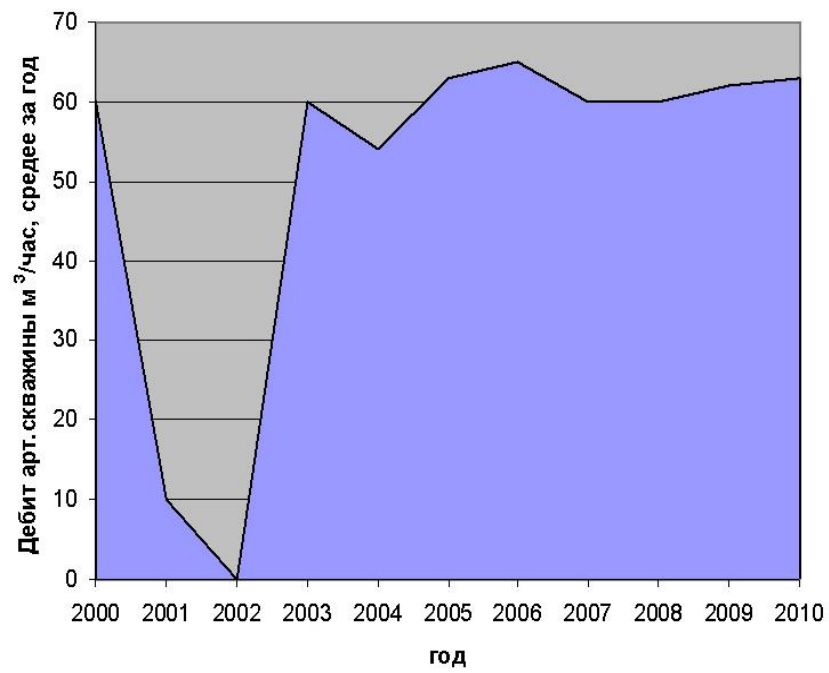


Рисунок 3.12 – Диаграмма дебита восстановленной артезианской скважины №16 Водозабора №1 Северского месторождения



Рисунок 3.13 – Труба из стеклопластика производства ЗАО «ПолиЭК»

3.3 Принципиальная схема комплексного подхода к восстановлению водозаборных скважин

Комплексный подход к регенерации скважин условно разбит на четыре этапа и приведен в виде блок-схем (Рисунки 3.13-3.15, 3.19).

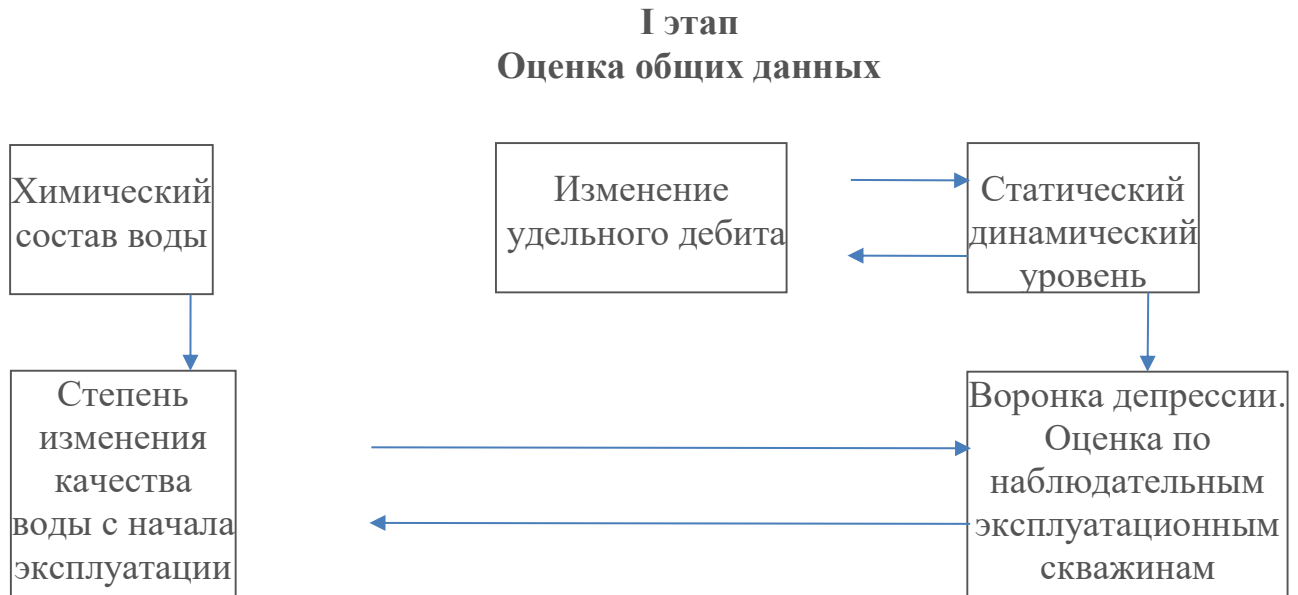


Рисунок 3.13 – Блок-схема, I этап

Первый этап включает в себя контроль изменения показателей химического состава, согласно производственной программе. Особое внимание направлено на изменения по содержанию солей жесткости, железа общего, марганца (солей и веществ, образующих состав кольматанта). Критерии оценки приведены в Таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Критерии для проведения комплексной регенерации скважин

Признаки уменьшения производительности скважин			Возможные причины уменьшения производительности
Статический уровень	Динамический уровень	Удельный дебит	
Без изменения	Выше, чем раньше	Без изменения	Неисправность водоприемника (погружного насоса)
Постоянное понижение	Постоянное понижение	Без изменения	Увеличение районной депрессии

Продолжение таблицы 3.3

Периодическое понижение	Периодическое понижение	Без изменения	Влияние работы соседних скважин
Без изменения	Ниже, чем раньше	Уменьшенный	Неисправность водоприемной части (кольматация фильтра и прифильтровой зоны)
Ниже, чем раньше	Без изменения	Почти без изменения	Утечка воды выше динамического уровня
Без изменения	Ниже, чем раньше	Уменьшенный	Утечка воды ниже динамического уровня



Рисунок 3.14 – Схема проведения диагностики (II этап комплексного подхода к восстановлению скважин)

Второй этап включает следующие виды работ:

1. Прокачка скважины эрлифтной установкой до забоя с целью удаления осевших взвешенных частиц и мелкодисперсных примесей.
2. Оценка откачиваемой субстанции по органолептическим показателям (запахи сероводородные, фенольные и др.), слизистым включениям и пескованию.
3. Добавление коагулянта с целью очистки ствола скважины и флокулянта (при необходимости) для образования флокул с целью увеличения прозрачности в

рабочей и фильтровой колоннах скважины с выдержкой 4÷5 суток до начала диагностики (в случае эксплуатируемых скважин).

4. При диагностике неэксплуатируемых скважин добавление коагулянта не рекомендуется. При этом необходимо визуализировать сложившееся состояние внутренней части скважины за время простоя и характер биологического обрастания и взвесей.

5. Монтаж видеокаротажного оборудования и дальнейшие операционные действия по оценке состояния рабочей колонны, сальниковых устройств, наличия кольматирующих отложений и дефектов в фильтровой колонне.

6. Визуальная оценка характера кольматирующих отложений на предмет биологического или химического происхождения или их совокупности.

7. Обнаружение и удаление посторонних предметов (Рисунок 3.2).

На третьем этапе определяют вид и характер кальматирующих отложений (Рисунки 3.16-3.18).

Работы на третьем этапе производятся в следующем порядке:

1. Подбор реагента и расчет концентрации.
2. Заливка реагента в тело фильтра.
3. Монтаж оголовка с технологическими патрубками.
4. Производство регенерационных работ, согласно разработанной технологической карте.



Рисунок 3.15 – Алгоритм принятия решений по химической регенерации (III этап комплексного подхода к восстановлению скважин)

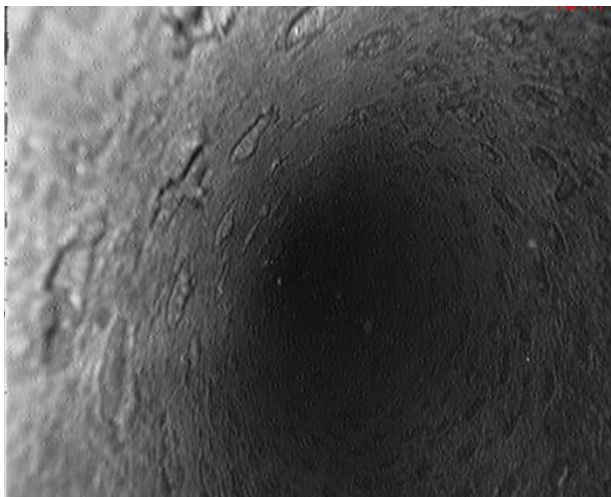


Рисунок 3.16 – Кольматирование отверстий фильтра солями жесткости



Рисунок 3.17 – Отложения бактериального характера



Рисунок 3.18 – Плотная кольматация всей внутренней поверхности фильтровой колонны (совокупность химической и бактериологической)

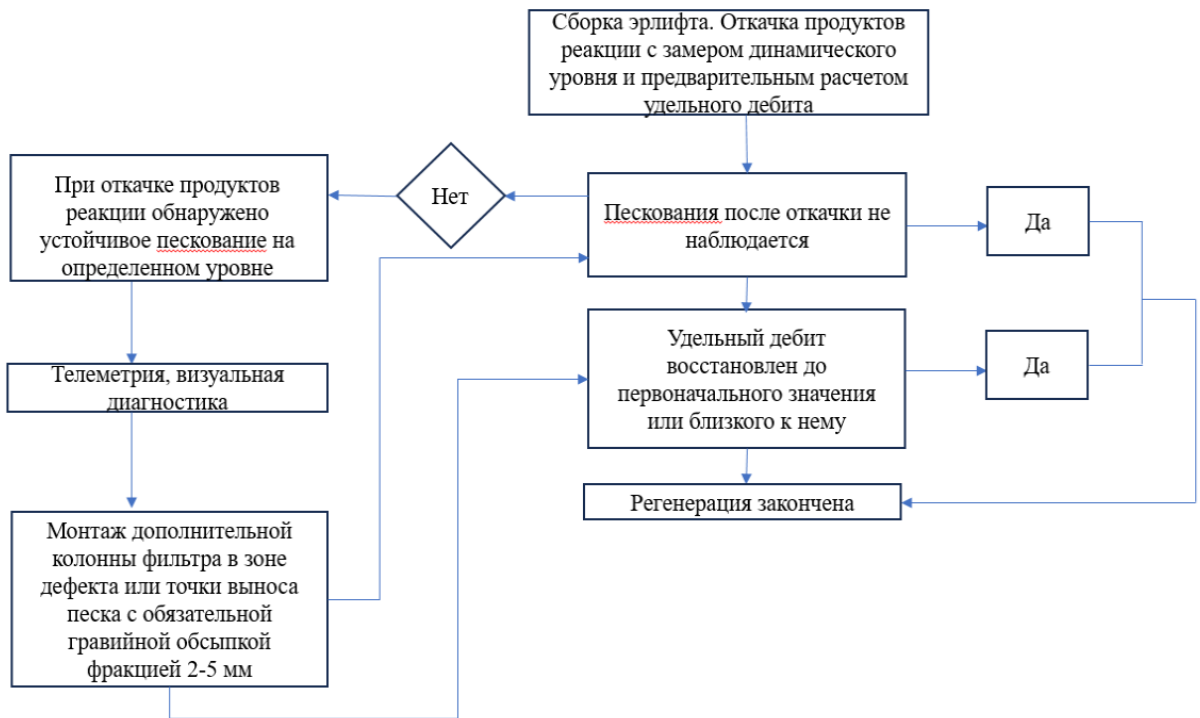


Рисунок 3.19 – Алгоритм оценки результатов регенерации (IV этап комплексного подхода к восстановлению скважин)

На четвертом этапе при откачке эрлифтом продуктов реакции с контролем плотности откачиваемой субстанции определяется удельный дебит и наличие пескования. При достижении удельного дебита от 60 до 100% от первоначального и отсутствия пескования регенерация считается оконченной. После этого монтируется водоподъемное оборудование, производятся химические анализы,

осуществляется запуск скважины и ведется мониторинг, согласно производственной программе.

Если при откачке продуктов реакции обнаружено устойчивое пескование на определенном уровне, производится теледиагностика с обнаружением точки пескования (Рисунки 3.20-3.21).

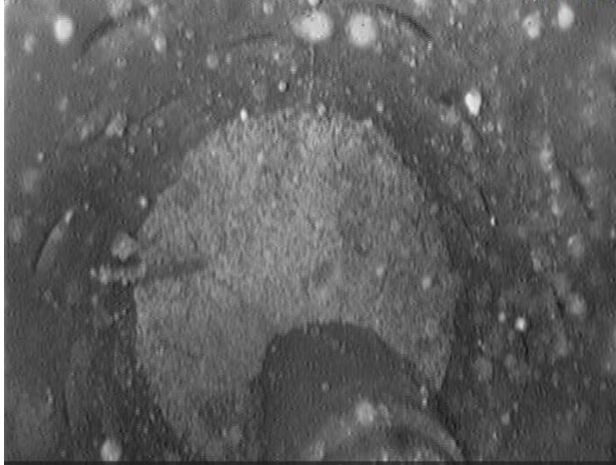


Рисунок 3.20 – Запескованность рабочей колонны при отсутствии кольматажи

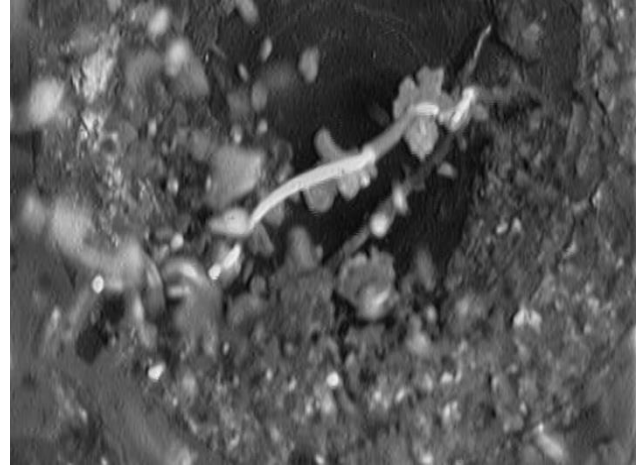


Рисунок 3.21 – Дефект фильтровой колонны с выносом водоносной породы (пескование)

Затем производится повторная эрлифтная откачка с параллельным монтажом фильтровой колонны из композитных материалов с отсыпкой межтрубного пространства просеянным гравием фракцией $2\div 5$ мм (Рисунки 3.22-3.25).

При повторном запуске скважины удельный дебит, достигнутый при регенерации, должен составлять не менее 60% от начального после бурения, пескование отсутствует. В этом случае восстановление скважины закончено.

При наличии ускоренной коррозии стальных водоподъемных колонн с обрастанием железобактериями (Рисунки 3.26, 3.27), колонна подлежит замене на стеклопластиковую (Рисунок 3.13).

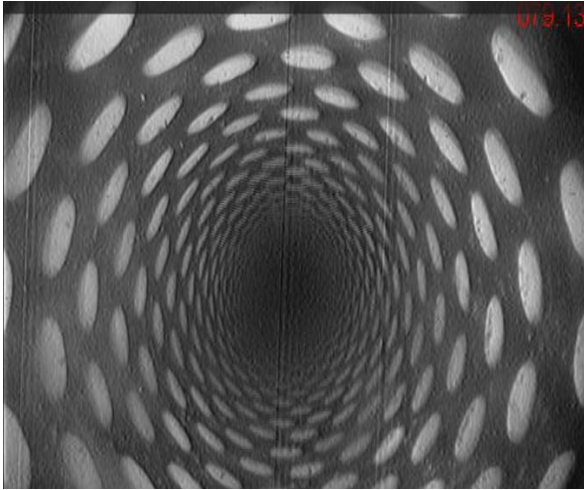


Рисунок 3.22

Съёмка внутри смонтированного
полиэтиленового фильтра с напылением



Рисунок 3.23

Наружная поверхность
полиэтиленового фильтра с
напылением

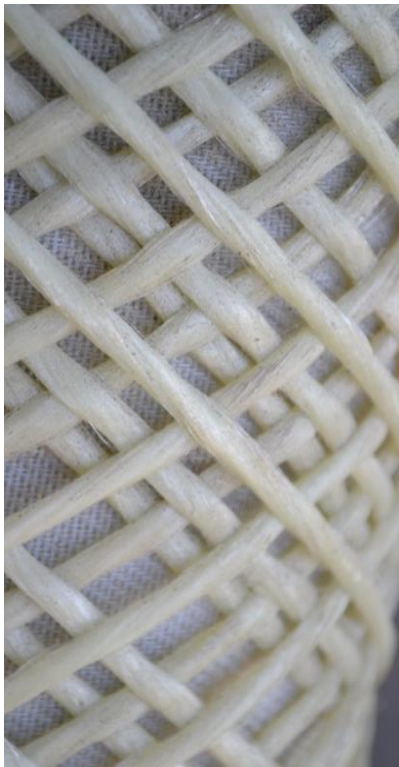


Рисунок 3.24 – Каркасный
стеклопластиковый фильтр



Рисунок 3.25 – Фильтр
стеклопластиковый с обмоткой из
нержавеющей проволоки



Рисунок 3.26 – Продукты железобактерий



Рисунок 3.27 – Отложения железистых масс на насосе и водоподъемной колонне

3.4 Выводы по 3 главе

1. Тампонирувание артезианских скважин после вывода их из строя (требования санитарных норм) или окончания нормативного срока эксплуатации оправдано только при наличии достаточного числа резервных скважин. В большинстве случаев скважину можно восстановить и продлить срок эксплуатации в 1,5÷2 раза. Освоение методов восстановления старых скважин позволяет в более короткий срок сглаживать периодически возникающие проблемы дефицита воды в населенных пунктах в совокупности с более длительным процессом бурения и освоения новых скважин на воду.

2. Методы восстановления дебита скважин требуют от персонала достаточного опыта работы на скважинах различного типа, а также наличия специального оборудования. Выгода эксплуатирующих организаций при применении данных методов по сравнению с новым бурением вместо вышедших из строя скважин очевидна: нет необходимости вносить изменения в лицензию на эксплуатацию недр; исключаются затраты на строительство павильона, прокладку контрольных и электросиловых кабелей, а также наружных сетей водопровода. При

устранении пескования увеличивается ресурс водоподъёмного оборудования, благодаря предотвращению абразивного воздействия песка. Кроме того, регенерация и устранение пескования позволяют в более короткий срок снизить дефицит воды в населенных пунктах.

3. Применяемые полимерные материалы в конструкции скважин на воду оправданы, доступны и хорошо зарекомендовали себя в условиях измененной гидрогеохимической среды подземных вод Северского и Томского месторождений. Опыт эксплуатации показал, что стеклопластиковые трубы по сравнению со стальными легче в повторном демонтаже, не требуют дополнительных грузоподъемных механизмов, абсолютно коррозионностойки, не подвержены образованию отложений, позволяют значительно увеличить сроки эксплуатации, снизить эксплуатационные затраты – это реальная экологически и экономически выгодная альтернатива подверженным коррозии стальным водоподъемным колоннам.

ГЛАВА 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

4.1. Использование результатов исследований по повышению эффективности работы водозаборных сооружений

Суть комплексного подхода при регенерации водозаборных скважин заключается в разбивке комплекса восстановительных работ на 2 этапа: всестороннее исследование артезианской скважины с целью выявления вида и степени кольматации и регенерация водозаборной скважины.

На первом этапе производится всестороннее исследование артезианской скважины в следующем порядке:

- определяется качественный и количественный химический состав подземных вод, включая микробиологические исследования и исследования минералообразований и осадка на водоподъемном оборудовании (желательно иметь анализ данных гидрогеохимического мониторинга на протяжении всего срока эксплуатации);

- проводятся геофизические исследования для изучения горных пород в околоскважинном и межскважинном пространствах, а также для контроля технического состояния скважины;

- проводится анализ данных гидрогеодинамического мониторинга артезианской скважины на протяжении всего срока эксплуатации;

- телевизионная инспекция технического состояния артезианской скважины;

- выполняется анализ всей картины с последующей выдачей экспертного заключения о возможности (или невозможности), целесообразности и экономической эффективности проведения работ второго этапа.

Следует отметить, что метод телеметрии (телеинспекции) при регенерации скважин впервые был предложен и применен автором. С появлением и внедрением методов телеметрии скважин выполнение регенерационных работ значительно упростилось и, в большинстве случаев, вызвало удешевление работ, в связи с отсутствием необходимости проведения более дорогостоящих исследований методами геофизического каротажа.

При регенерации водозаборной скважины № 17 Орловского водозабора г. Асино Томской области с использованием мобильного видеокомплекса в кратчайшие сроки были извлечены детали от погружного насоса (ротор, втулка и т.д.) и насос ЭЦВ-10 за две спускоподъемные операции (Рисунок 4.1).

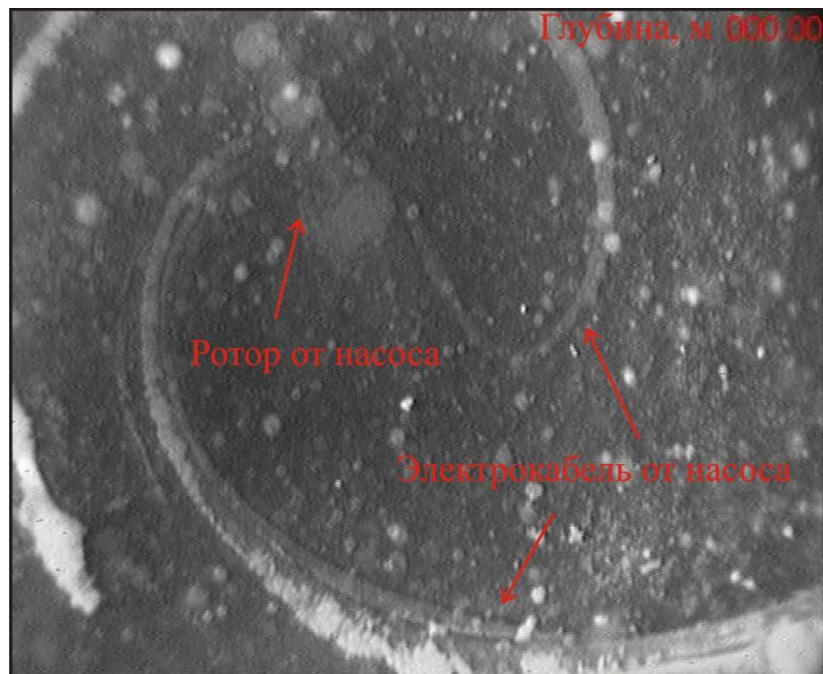


Рисунок 4.1 – Регенерация водозаборной скважины № 17 г. Асино
Томской области

Телеинспекция позволяет оценить степень зарастания отложениями различного характера фильтрующей части, и на основании этого принять вид, концентрацию и расчетное количество химического реагента. Степень кольматации поверхности обсадной трубы и фильтрующей части оценивается в процентном отношении: малая степень кольматации – до 35 %, средняя степень – от 35 % до 65 % и высокая – свыше 65 %.

Высокая степень колюматации обсадной трубы и фильтрующей части зафиксирована прибором визуального контроля в скважине № 4 Орловского водозабора г. Асино (Рисунок 4.2).

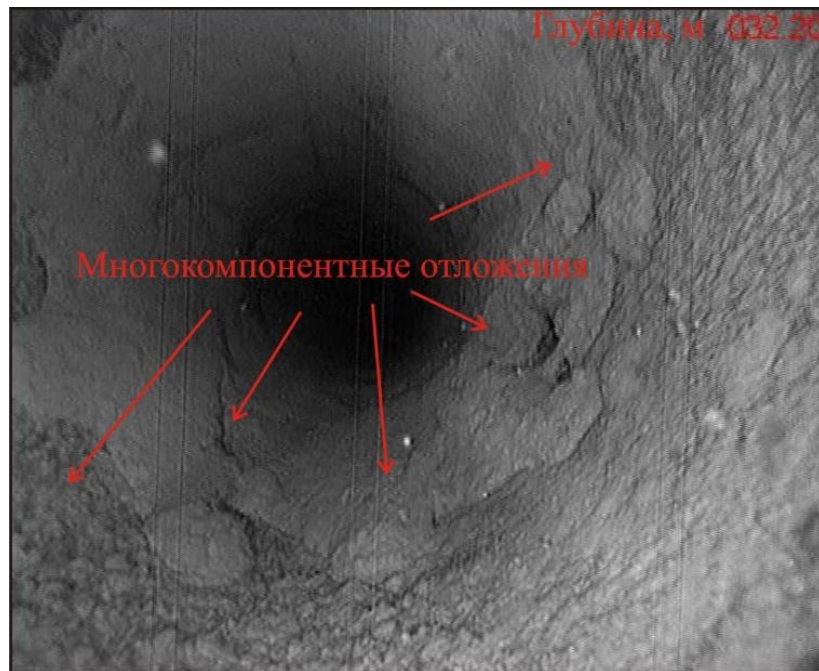


Рисунок 4.2 – Регенерация водозаборной скважины № 4 г. Асино
Томской области

В процессе регенерации при визуальном обследовании водозаборной скважины № 21 водозабора № 2 г. Северск зафиксировано зарастание в малой степени многокомпонентными (колюматирующими) отложениями перфорации фильтрующей части и относительно незначительная песчаная пробка (Рисунок 4.3).

Нарушение целостности фильтрующей части зафиксировано на скважине № 26 водозабора № 1 г. Северск, на кадре обследования на глубине 59,77 м четко видно нержавеющую сетку в разрушенной частями перфорации (Рисунок 4.4).

Нарушение целостности обсадной колонны с пескопроявлением из затрубного пространства зарегистрировано видеокамерой на скважине № 9 Орловского водозабора г. Асино на глубине 170,0 м (Рисунок 4.5).

Для сравнения со скважинами, получившими различные дефекты в процессе эксплуатации, на Рисунке 4.6 представлен кадр видеосъемки фильтра вновь пробуренной скважины.

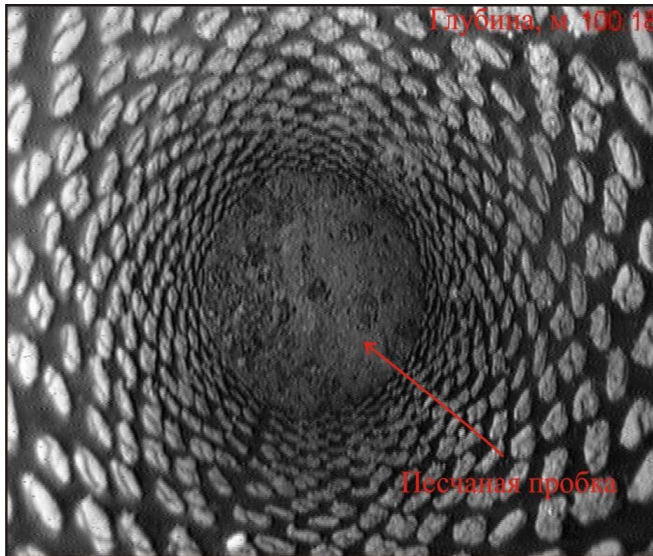


Рисунок 4.3

Регенерация водозаборной скважины
№ 21 водозабора № 2 ЗАТО Северск



Рисунок 4.4

Регенерация водозаборной скважины
№ 26 водозабора № 1 ЗАТО Северск

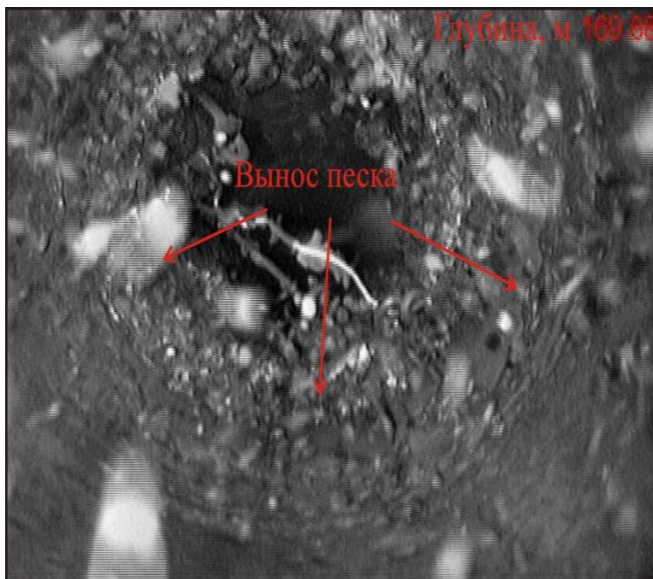


Рисунок 4.5

Регенерация водозаборной скважины
№ 9 г. Асино Томской области

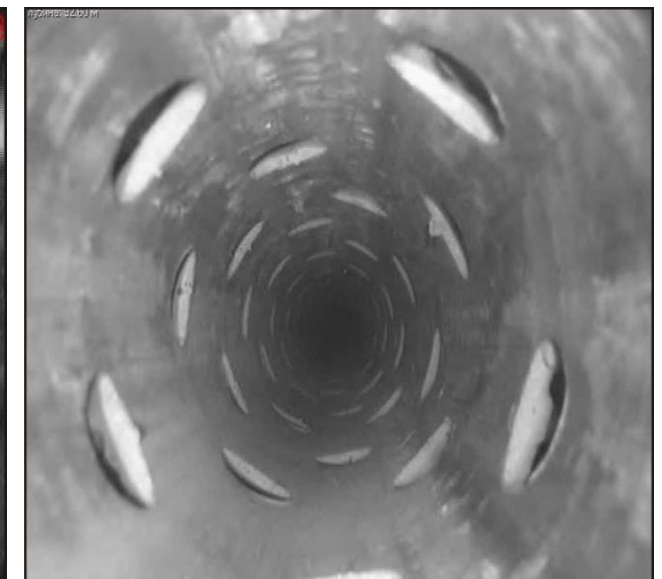


Рисунок 4.6

Техническое состояние новой
водозаборной скважины

На втором этапе восстановительных работ комплексной регенерации водозаборных скважин выполняются непосредственно регенерационные мероприятия, объединившие в себе химические методы регенерации и применение композитных материалов.

Процесс реагентного восстановления водозаборных скважин включает следующие виды работ: определение объема раствора реагента (формулы 2.9-2.12); приготовление раствора и подачу его в фильтровую колонну; контакт реагента со скважиной; прокачку скважины после обработки.

Для химической обработки скважин необходимо следующее оборудование: мобильное грузоподъемное устройство; насос (эрлифт); емкость для приготовления раствора (Рисунок 4.7), оборудованная перемешивающим устройством; нагреватель раствора; герметизирующий оголовок; компрессор; комплект рукавов и трубопроводной арматуры; встроенный термометр.

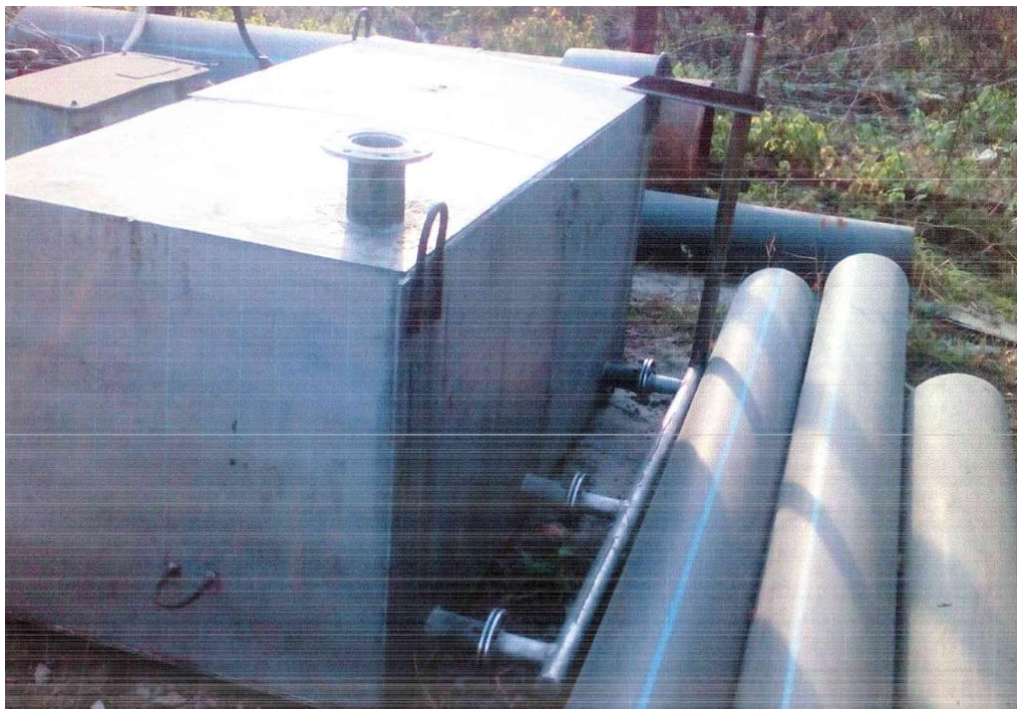


Рисунок 4.7 – Емкость для приготовления раствора

При термореагентной обработке скважины, ее устье оборудуется специальным оголовком с технологической обвязкой, который служит для герметизации устья скважины, подачи раствора, выпуска продуктов реакции и крепления нагревателя (Рисунок 4.8).

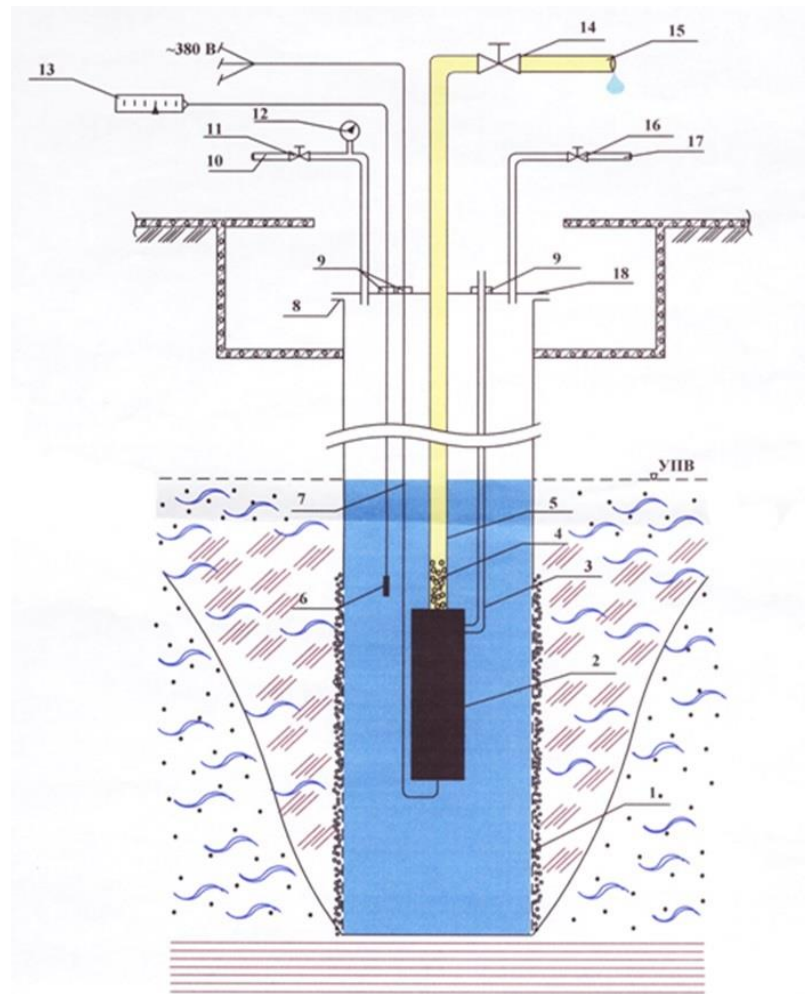


Рисунок 4.8 – Схема обвязки скважины для терморегентной обработки
 1 – фильтр скважины; 2 – нагреватель; 3 – паропроводная трубка; 4 – перфорация;
 5 – несущая колонна труб; 6 – датчик температуры; 7 – питающий кабель;
 8 – нижний фланец; 9 – сальники для кабелей и паропроводной трубки;
 10 – трубопровод для сброса сжатого воздуха; 11,14,15 – вентили; 12 – манометр;
 13 – прибор для замера температуры; 15 – трубопровод для подачи раствора;
 17 – трубопровод для подачи сжатого воздуха; 18 – верхний фланец

При использовании соляной кислоты для химической реагентной обработки скважин ее подают в емкость для приготовления раствора через патрубок с применением воронки, после чего с помощью создания избыточного давления в емкости компрессором производят закачку в герметизированную скважину через стеклопластиковую трубу. Раствор из порошкообразного реагента готовится в

емкости путем его перемешивания. Для перемешивания раствора используют сжатый воздух, ручную или электрическую мешалку.

После подачи раствора реагента в фильтр скважины включают электронагреватель и измерительную аппаратуру. В общем случае время нагрева раствора до оптимальных температур изменяется от 4 до 6 часов. Для определения времени окончания термореагентной обработки в рассматриваемых условиях может быть использован способ контроля за ходом обработки, основанный на измерении температуры растворов в процессе растворения кольматанта [132].

При постоянном потоке тепловой энергии температура раствора повышается до тех пор, пока не начнется интенсивное растворение дегидратированных кольматирующих образований, представленных в основном оксидами и гидроксидами железа (до 60÷80%). Их кристаллические решетки обладают соответствующей энергией, которую необходимо затратить для ее разрушения. При интенсивном растворении контактирующих образований тепловая энергия расходуется не только на нагрев раствора, но и на разрушение кристаллических решеток кольматанта, что обуславливает некоторое снижение температуры раствора, фиксируемое датчиком температуры (Рисунок 4.9). После окончания процесса растворения дегидратированных образований температура раствора начинает расти, так как тепловая энергия опять расходуется, главным образом, на нагревание раствора. При этом вторичное повышение температуры может быть небольшим, поскольку раствор отдает часть теплоты окружающей среде, а часть расходуется на процесс испарения. В момент начала вторичного подъема температуры раствора обработку рекомендуется заканчивать. В конце обработки целесообразно произвести 2÷4 цикла задавливания раствора сжатым воздухом за контур фильтра, после чего нагреватель отключают.

После химической обработки скважины, из нее необходимо полностью удалить продукты реакции реагента с кольматантом и остаточный раствор путем прокачки скважины насосом.

Наличие остатков раствора и продуктов реакции оценивается по электрическому сопротивлению откачиваемой жидкости. Для этого перед началом

обработки скважины при ее прокачке определяется электрическое сопротивление чистой воды. После химической реагентной обработки в ходе прокачки в пробах откачиваемой жидкости или в фильтре скважины измеряют плотность откачиваемой субстанции предложенным автором плотномером [126].

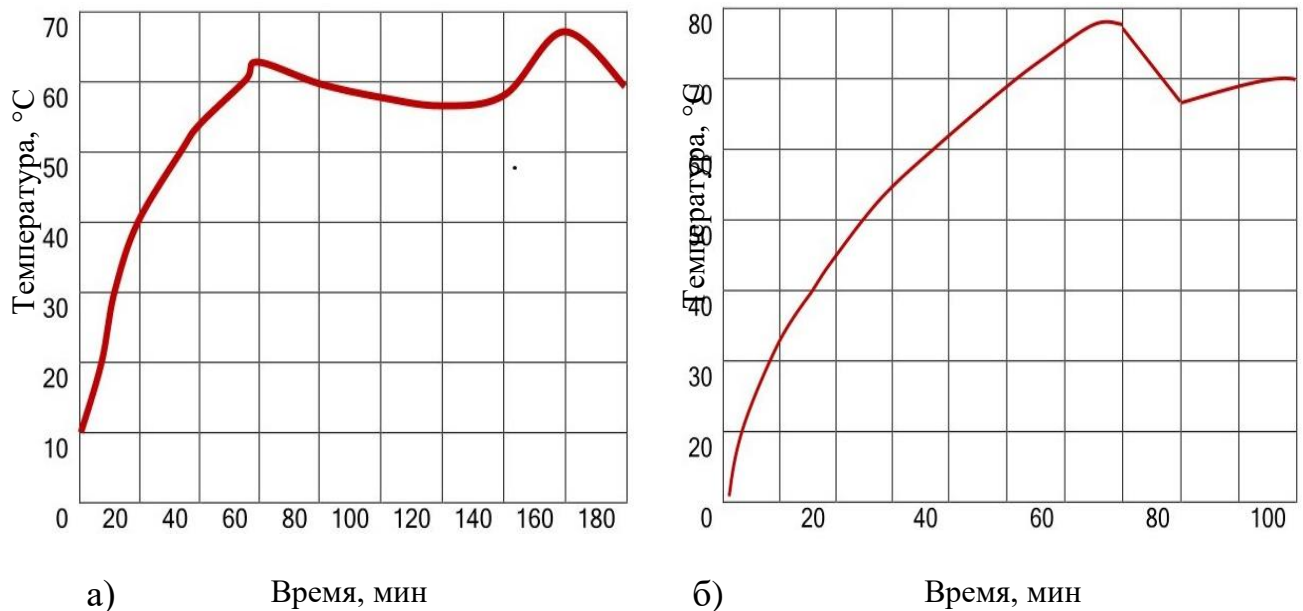


Рисунок 4.9 – Изменение температуры раствора при термореагентной обработке скважин с разным диаметром фильтров Орловского водозабора г. Асино

а) диаметр фильтра 304 мм, б) диаметр фильтра 105 мм

Применение такого способа контроля качественного состава откачиваемых вод позволяет достоверно и просто непосредственно в ходе прокачки без проведения сложных химических анализов установить время окончания прокачки, что экономит энергетические и материальные ресурсы.

Продолжительность прокачки определяется опытным путем и зависит от скорости растворения кольматанта. Определение стадии откачки кольматанта производится способом, предложенным автором, посредством измерения плотности раствора, идущего на сброс. Во время опытной откачки определяется плотность жидкости ρ , сопоставляемая с табличными данными, и по достижении значений, характерных для чистой воды, откачка завершается.

В связи с тем, что разбавленные растворы соляной кислоты имеют плотность, мало отличающуюся от плотности воды (Приложение Д), измерение плотности проводилось прибором, не подверженным при измерении влиянию натяжения жидкости [126].

Поплавковый плотномер содержит поплавков частичного погружения и прибор для измерения его наклона. С целью повышения точности измерения плотности жидкостей со значительным поверхностным натяжением поплавков выполнен в виде сектора кругового кольца прямоугольного сечения с центральным углом менее 15 градусов, на непогруженной образующей которого установлен прибор для измерения наклона поплавка (Рисунок 4.10).

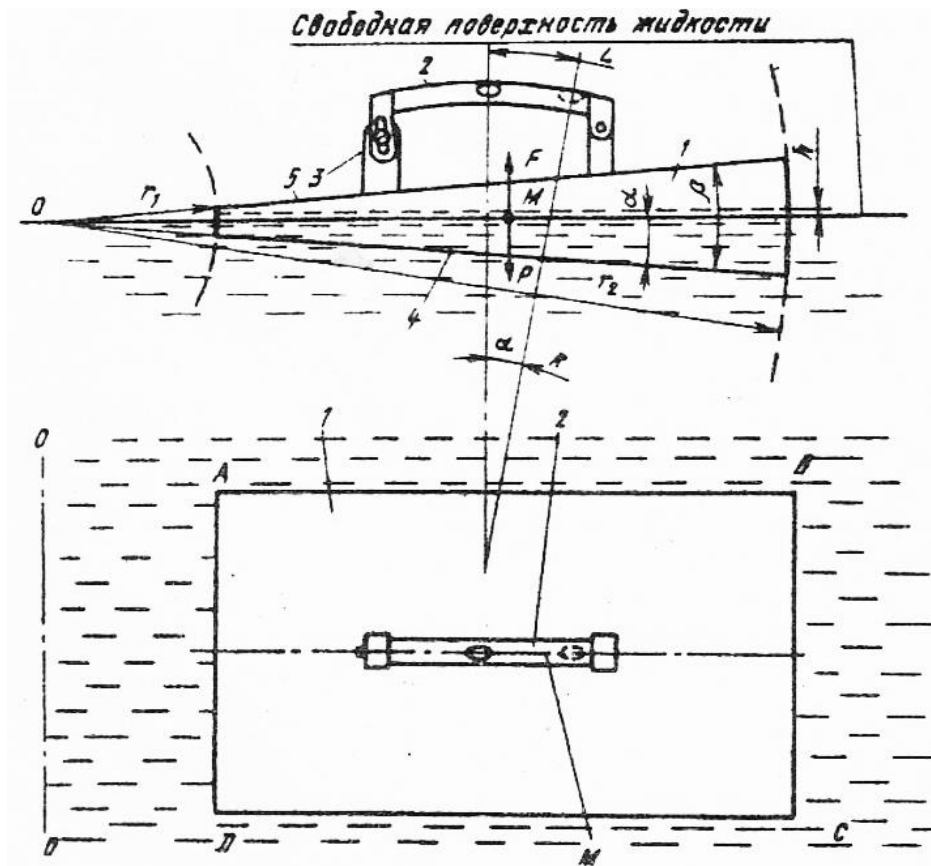


Рисунок 4.10 – Устройство поплавкового плотнера

1 – поплавок, 2 – уровень, 3 – регулировочный винт, 4 – нижняя радиальная плоскость, 5 – верхняя радиальная плоскость

При опускании поплавка в испытуемую жидкость в момент соприкосновения нижней радиальной плоскости поплавка и совпадении ее со свободной

поверхностью жидкости пузырек уровня находится в крайней правой позиции (обозначен пунктиром), занимая наивысшее положение в цилиндрической ампуле уровня. При свободном плавании поплавка правая часть его ввиду большей толщины погружается в жидкость больше, чем левая, причем величина погружения отдельных частей поплавка пропорциональна его толщине. Другими словами, поплавок в процессе погружения получает наклон или поворот на угол α , что вызывает перемещение его шкалы относительно пузырька, то есть относительно его геометрической оси 0-0, совпадающей со свободной поверхностью жидкости. Уровень поворачивается вместе с поплавком на тот же угол, что вызывает перемещение его шкалы относительно пузырька, занимающего всегда наивысшее положение на величину L . Получена формула для вычисления плотности испытуемой жидкости по непосредственно измеренному смещению или же для градуировки шкалы уровня в единицах плотности жидкости:

$$\rho = \frac{R \cdot \beta \cdot \rho_M}{L}, \quad (4.1)$$

где ρ – плотность жидкости;

R – радиус кривизны ампулы уровня;

β – центральный угол поплавка;

L – смещение шкалы уровня относительно пузырька;

В период откачки после обработки производится определение удельного дебита скважины. Эффективность обработки оценивается путем сопоставления достигнутого удельного дебита с исходным (до обработки) и первоначального (при сдаче скважины в эксплуатацию), а также отсутствием выноса различных фракций песка, включая мелкозеонистую и пылеватую.

4.2 Результаты внедрения комплексного восстановления водозаборных скважин

Далее приведены расчеты для регенерации водозаборных скважин, рассматриваемых в качестве примера комплексной регенерации (Формулы 2.9-2.12, Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Расчет необходимого количества реагентов

№ пп	Водозабор	$V_p, \text{ м}^3$	$V_{\text{ф}}, \text{ м}^3$	$V_{\text{емк}}, \text{ м}^3$	$C_{\text{емк}\%, \%}$	$V_{\text{НСЛ}}, \text{ кг}$
1	ТВ	1,138	0,1	1,04	13,1	453,164
2	СВ	1,1735	0,06	1,114	12,64	485,77
3	АВ	1,122	0,05	1,072	16	467,45

1. Томское месторождение подземных вод (ТВ). Томский водозабор. Первая линия. Скважина № 33э. Водозаборная скважина № 33э закончена строительством 10.04.1973 г. Глубина от поверхности земли 105,0 м. Состоит из следующих элементов: санитарная колонна диаметром 630 мм в интервале 0,00÷12,00 м; обсадная труба диаметром 426,0 мм в интервале 0,0÷56,4 м; эксплуатационная и надфильтровая колонны диаметром 325 мм в интервале 0,0÷105 м; фильтрующая часть (фильтр) диаметром 325 мм в интервале 67,0÷73,0 м и 86,1÷97,0 м; отстойник (глухая часть) 97,0 м.

2. Северское месторождение подземных вод (СВ). Водозабор № 1. Водозаборная скважина № 9 закончена строительством 01.07.1960 г. Глубина от поверхности земли 86,0 м. Состоит из следующих элементов: санитарная колонна диаметром 559 мм в интервале 0,00÷30,00 м; обсадная труба диаметром 508 мм в интервале 0,0÷ 60,0 м; глухая часть колонны диаметром 305 мм в интервале 0,0÷61 м; фильтрующая часть (фильтр) диаметром 305 мм в интервале 61,0÷83,0 м; фильтр сетчатый с гравийной обсыпкой; отстойник (глухая часть) диаметром 305 мм в интервале 83,0÷86,0 м.

3. Сосновское месторождение подземных вод. Орловский водозабор г. Асино (АВ). Водозаборная скважина ТМ-182/1 (1э) закончена строительством 22.12.1988. Глубина от поверхности земли 51,0 м. Состоит из следующих

элементов: санитарная колонна диаметром 630 мм в интервале 0,0÷11,5 м; обсадная колонна диаметром 530 мм в интервале 0,0÷28,5 м; глухая часть колонны диаметром 273 мм в интервале 0,0÷30,0 м; фильтрующая часть (фильтр) диаметром 273 мм в интервале 30,0÷39,0 м; фильтр каркасно-сетчатый; отстойник (глухая часть) диаметром 273 мм в интервале 39,0÷51,0 м.

4.2.1 Томское месторождение подземных вод. Томский водозабор

На водозаборе Томского месторождения подземных вод комплексный подход при регенерации применяется на протяжении 11 лет. В Таблице 4.2 и на Рисунках 4.11, 4.12 представлены данные по проведению химреагентной обработки скважин. При проведении регенерационных мероприятий использовался как порошкообразный бисульфат натрия NaHSO_4 , так и соляная кислота HCl .

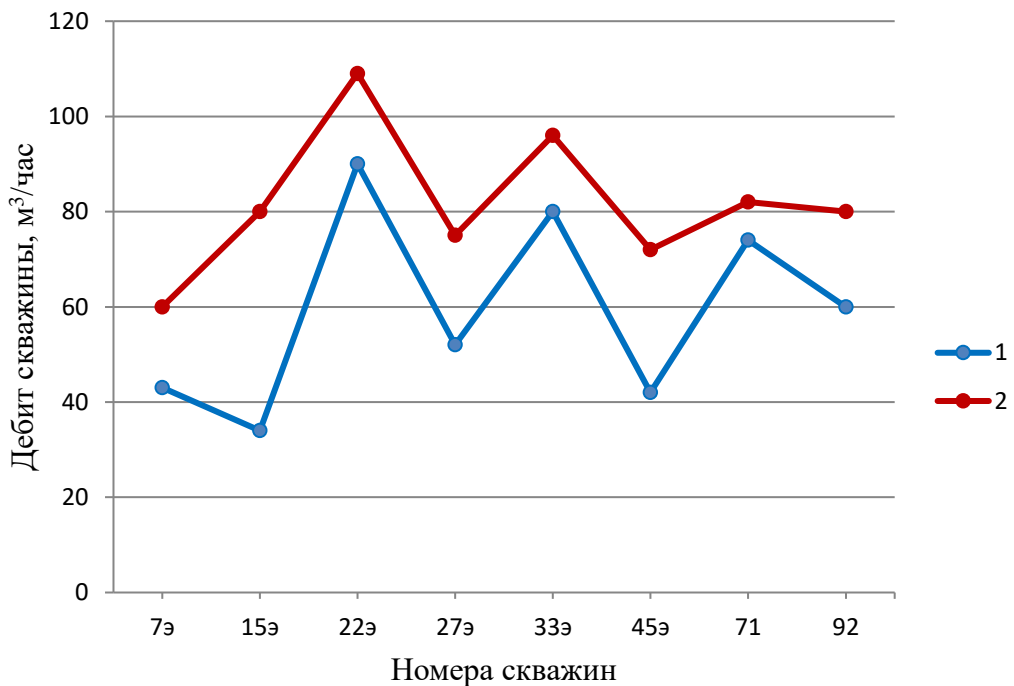


Рисунок 4.11 – Производительность скважин до (1) и после (2) проведения химреагентной обработки

Таблица 4.2 – Сравнительная таблица показателей производительности скважины до и после проведения химреагентной обработки (ХРО) скважин на водозаборе ООО «Томский водоканал»

№ скв.	Линия водозабора	Год ввода в эксплуатацию скважины	Год проведения ХРО	Метод проведения ХРО	Нст.		Ндин.		Q, м ³ /час		Удельный дебит м ³ /час/м	
					до	после	до	после	до	после	до	после
7э	I	1973	2019	Бисульфат натрия	24,5	22,65	55,05	53,75	43	60	1,4	1,92
15э		1973	2013	Бисульфат натрия	14,75	15,35	57,3	37,3	34	80	0,79	3,64
22э		1973	2017	Бисульфат натрия	9,5	6,8	25,65	24,2	90	109	5,24	6,26
27э		1973	2021	Соляная кислота	20,2	20,2	66,6	41,1	52	75	1,12	3,58
33э		1974	2017	Бисульфат натрия	19,45	17,3	56,6	47,35	80	96	2,15	3,19
45э		1974	2001	Бисульфат натрия	14,95	15,1	43,5	47,5	42	72	1,47	2,22
71	II	1983	2020	Бисульфат натрия	22,85	22,95	59,7	59	74	82	2	2,27
92		1979	2010	Бисульфат натрия	39,6	37,3	69,6	65,75	60	80	2	2,81

В сентябре 2017 г. водозаборная скважина № 33э была выведена из эксплуатации по причине резкого снижения дебита.

В результате обследования технического состояния водозаборной скважины № 33э методом телеметрии было выявлено следующее: в интервале 66,47÷67,01 м на стенках эксплуатационно-фильтровой колонны зафиксированы сплошные многокомпонентные отложения средней (25%) степени коагуляции химико-биологического происхождения. В подземной воде зафиксированы хлопьевидные образования химико-биологического происхождения (Рисунок 4.13). С глубины 67,00 м (Рисунок 4.14) наблюдается зарастание высокой степени интенсивности (65-70%) многокомпонентными отложениями перфорации всех интервалов

фильтровой колонны ствола скважины. Отчетливо видно обрастание переходов секций фильтровой колонны, перфорированных и глухих участков (Рисунки 4.15, 4.16).

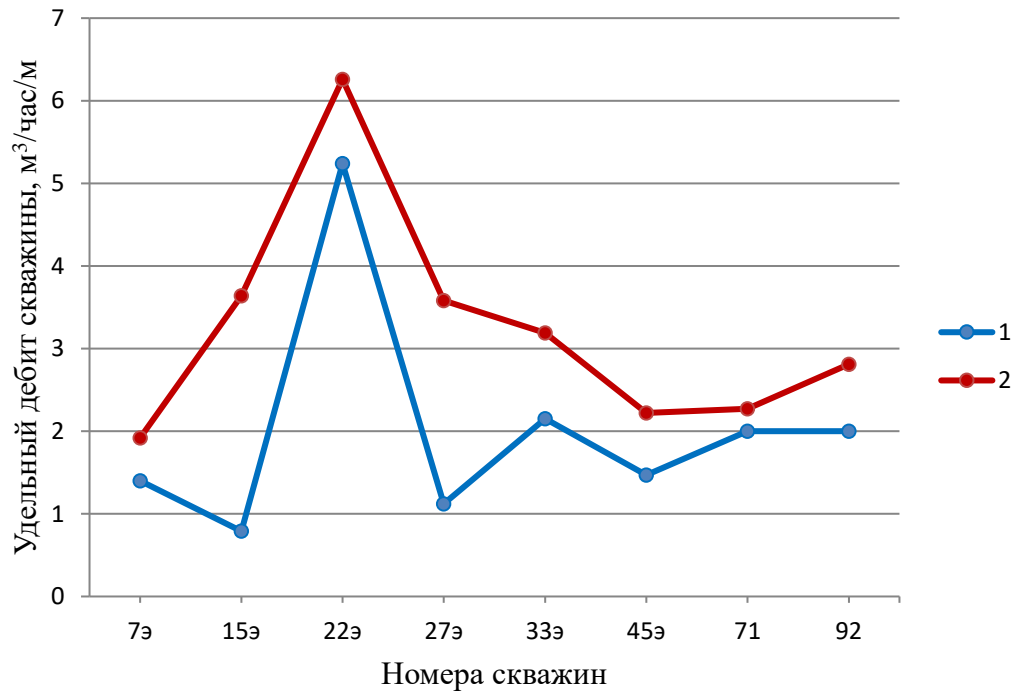


Рисунок 4.12 – Удельная производительность скважин до (1) и после (2) проведения химрегентной обработки

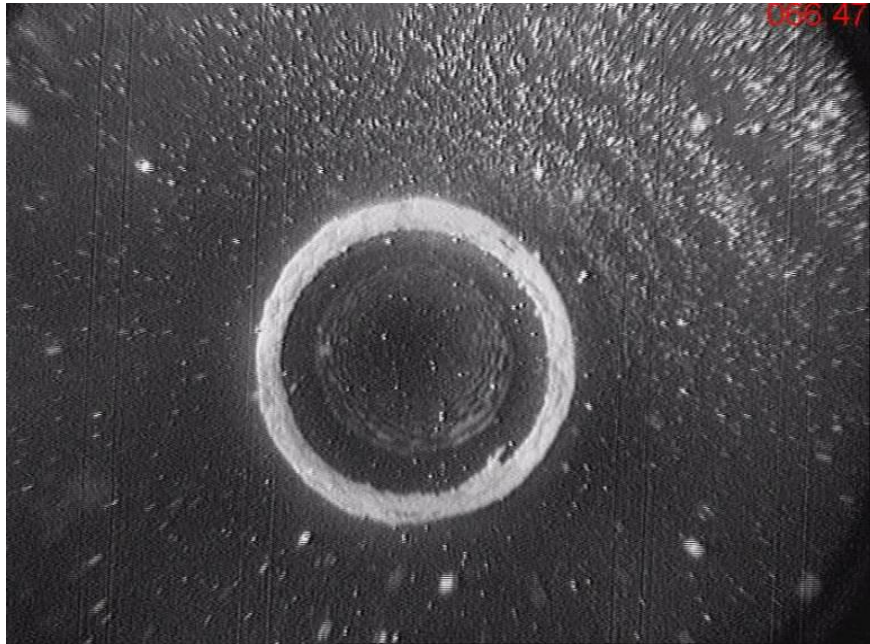


Рисунок 4.13 – Кадр обследования водозаборной скважины № 33а. Вход в первую секцию фильтровой колонны



Рисунок 4.14 – Кадр обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 67,01 м, 1-й интервал перфорированной фильтрационной колонны



Рисунок 4.15 – Кадр обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 68,60 м, 1-й интервал перфорированной фильтрационной колонны, переход ко 2-й секции

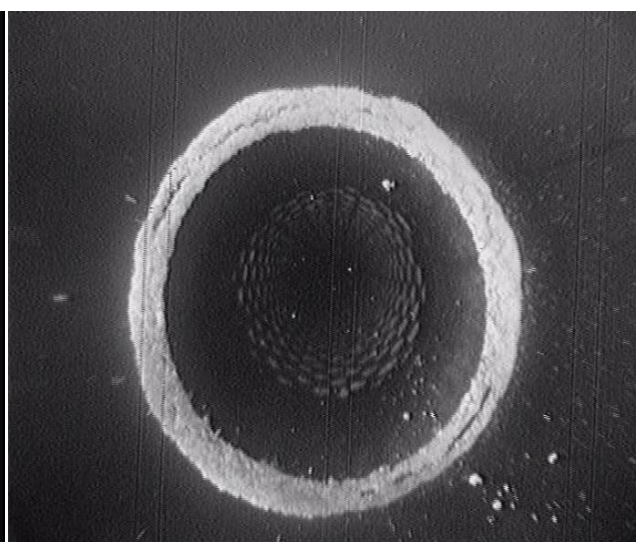
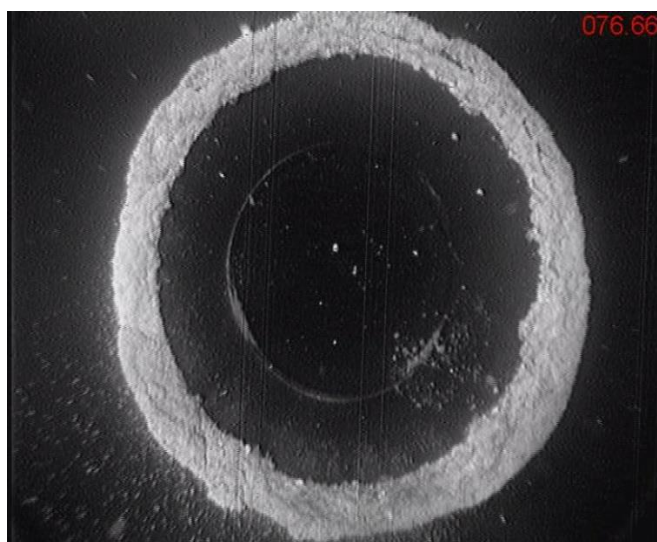


Рисунок 4.16 – Кадры обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 76,66 м (глухая часть колонны и переход с обильным кольматантом) и 84,61 м (переход ко второму интервалу перфорированной фильтрационной колонны)

Заращение фильтрующей части ствола скважины кольматантом снижает пропускную способность природных естественных коллекторов (трещин), следовательно, снижается водоприток – поступление подземных вод в ствол скважины. При ограниченном, практически отсутствующем водопритоке и некотором объеме воды, стабильно добываемым в единицу времени (дебит), происходит частичное или полное осушение ствола скважины с последующим долговременным ожиданием восстановления уровня воды в скважине. Для восстановления пропускной способности фильтрующей части водозаборной скважины в интервале 67,4÷73,0 м и, как следствие, восстановления производительности водозаборной скважины № 33э было рекомендовано выполнить работы по декольматации ствола скважины бисульфатом натрия. Прокачка скважины с целью удаления растворенного кольматирующего вещества производилась эрлифтом до полного осветления воды (Рисунки 4.17, 4.18).

При выборе эрлифта учитывались: конструкция скважины, ожидаемое положение динамического уровня подземных вод и технические характеристики используемого оборудования. Затраченное на прокачку время с целью удаления кольматирующего вещества составило 48 часов с учетом степени интенсивности



Рисунок 4.17 – Артезианская скважина в начале эрлифтной прокачки



Рисунок 4.18 – Артезианская скважина в конце эрлифтной прокачки

обрастания. Водоприток был восстановлен. Дебит скважины повысился в сравнении с многолетними средними эксплуатационными данными на $16 \text{ м}^3/\text{час}$ и составил $90 \text{ м}^3/\text{час}$.

В дальнейшем, по данной скважине на протяжении 2 лет велся мониторинг гидрогеодинамических характеристик с целью определения эффективности проведенной химреагентной регенерации.

В феврале 2019 г. был отмечен небольшой вынос мелкодисперсного песка. Эксплуатационный дебит скважин был принудительно понижен во избежание выхода из строя водоподъемного оборудования. Было принято решение о повторном телеметрическом обследовании технического состояния водозаборной скважины № 33э. При обследовании выявлено следующее: эксплуатационная колонна в удовлетворительном состоянии; в подземной воде зафиксированы хлопьевидные образования химико-биологического происхождения; кольматация после химреагентной обработки бисульфатом натрия, проведенной в 2017 г. слабовыраженная. Многокомпонентные кольматирующие отложения химического кольматажа малой степени сформировались на стенках обсадных труб с глубины 55,00 м. В зоне перфорации отложения крайне незначительные, равномерные (Рисунки 4.19, 4.20).

Обследование водозаборной скважины № 33э произведено до глубины 96,20 м по причине фиксирования отложений процесса осаждения взвешенных твердых частиц на данной глубине. Отстойник, служащий для осаждения твердых частиц, заполнен (Рисунки 4.21, 4.22).

В целом техническое состояние подземной части водозаборной скважины № 33э оценивается как удовлетворительное. Характер песчаных отложений отстойника указывал на пескование скважины.

Была выполнена эрлифтная откачка песка, проведена повторная телеинспекция и определена точка пескования на глубине 87,05 (Рисунок 4.23). Также было определено явное нарушение целостности обмотки, не выполняющей функции задержания песчаной водоносной породы на глубине 85,80 м (Рисунок 4.24).



Рисунок 4.19 – Кадр обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 68,70 м, 1-ый интервал перфорации фильтра



Рисунок 4.20 – Кадр обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 90,77 м, 2-ый интервал перфорации фильтра



Рисунок 4.21 – Кадр обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 96,20 м. Переход от 2 интервала фильтра (верхний угол, справа – отверстие фильтра) в отстойник



Рисунок 4.22 – Кадр обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 96,22 м. Отстойник, заполненный мелкодисперсным песком



Рисунок 4.23 – Кадр повторного обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 87,05 м. Процесс выноса мелкодисперсного песка через отверстие фильтра



Рисунок 4.24 – Кадр повторного обследования водозаборной скважины № 33э на глубине 85,80 м, после эрлифтной откачки песка

Эксплуатационная и фильтровая колонна водозаборной скважины № 33э в части обсадки в интервале 0,00÷56,5 м герметична. Нарушений целостности обсадных труб не наблюдалось.

По результатам исследования на водозаборной скважине АО «Томский Водоканал» были проведены следующие комплексные регенерационные работы: выполнена повторная эрлифтная откачка песка из скважины; произведен монтаж дополнительной фильтровой колонны из композитных материалов (стеклопластик); произведена гравийная обсыпка калиброванным гравием (фракция 2÷5 мм) межтрубного пространства между старой и вновь установленной фильтровыми колоннами.

По состоянию на 2024 г. скважина работает с дебитом 96 м³/сут, пескования не отмечается. (Акт о восстановлении работоспособности скважин после проведения химрегентной обработки и установке дополнительных фильтров от 1.04.2024 г. – Приложение Е). На Рисунке 4.25 отображена диаграмма изменения дебита водозаборной скважины. Также отображены периоды выполнения КРС.

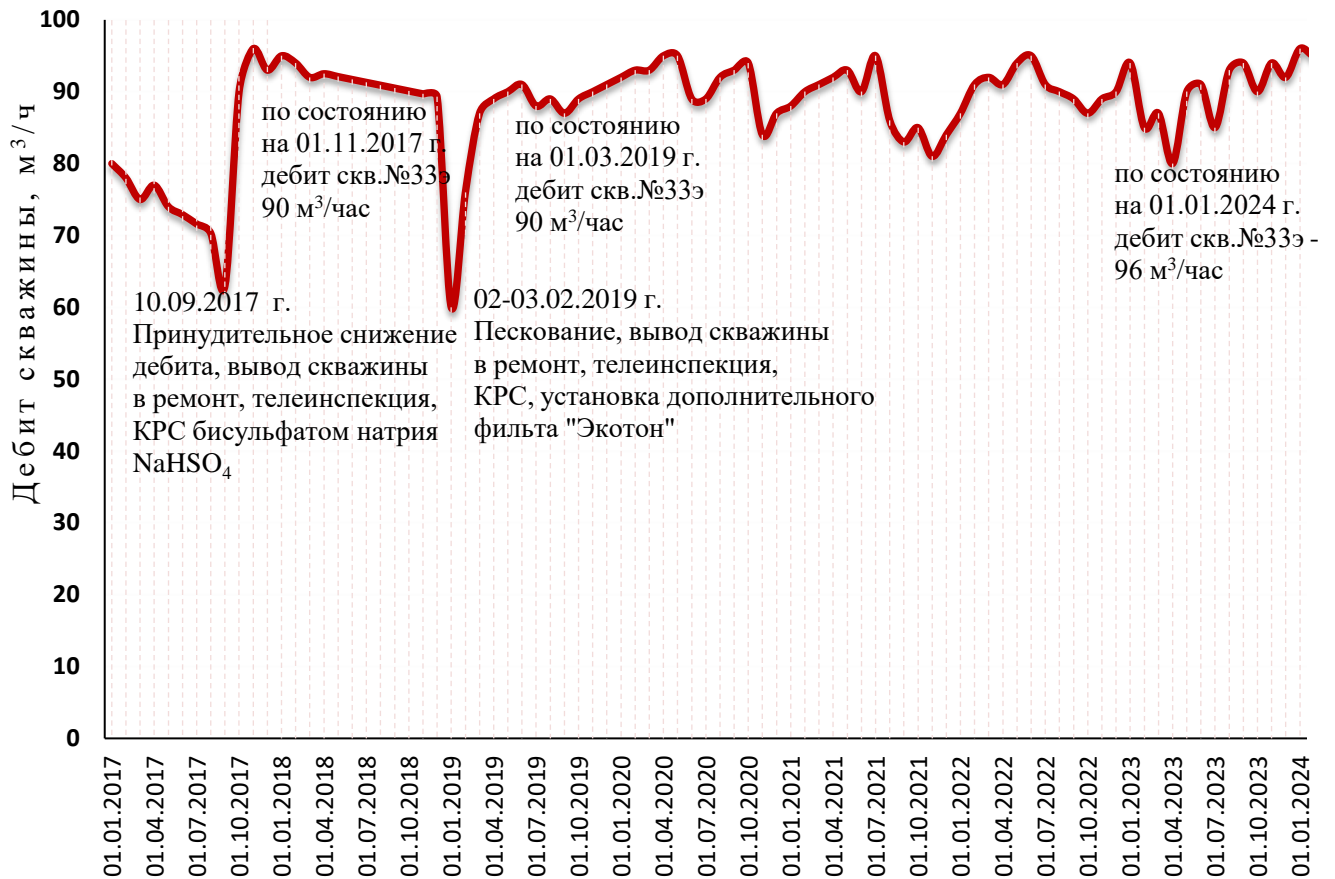


Рисунок 4.25 – Диаграмма изменения дебита скважины №33Э Томского водозабора с 2017 по 2024 гг.

На данный момент скважина № 33Э Томского водозабора является примером применения комплексной экономически и экологически обоснованной технологии регенерации водозаборных скважин, полностью вышедших из эксплуатации, или работающих со сниженным от проектного дебитом, используемых для целей хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.

4.2.2 Северское месторождение подземных вод

На водозаборах Северского месторождения подземных вод комплексный подход при регенерации применялся на протяжении 27 лет. В Таблице 4.3 и на Рисунках 4.26, 4.27 представлены данные по проведению химреагентной (ХРО) обработки скважин порошкообразными реагентами и соляной кислотой.

Таблица 4.3 – Сравнительная таблица показателей производительности скважины до и после проведения ХРО скважин на водозаборах АО «Северский водоканал»

№ скв.	Год ввода в эксплуатацию скважины	Год проведения ХРО	Метод проведения ХРО	Н _{ст.}		Н _{дин.}		Q м ³ /час		Удельный дебит м ³ /час/м	
				до	после	до	после	до	после	до	после
Водозабор №1											
1а	1966	1997	Раствор технической соляной кислоты	22	25	35	37	48	70	3,69	5,88
6б	1974	1998	Раствор технической соляной кислоты	27,7	18,5	38,7	37,7	55	75	5,0	3,84
9	1960	2014	Раствор технической соляной кислоты	16	14	43	28,2	30	46	1,1	3,23
13	1961	1999	Раствор технической соляной кислоты	17,5	13,8	38	24	35	60	1,7	5,88
14а	1994	1999	Раствор технической соляной кислоты	18,5	14,5	37	28	50	85	2,7	6,29
21а	1979	1999	Раствор технической соляной кислоты	23,3	21,3	31	29,8	35	50	4,54	7,69
25а	1968	2002	Бисульфат натрия	20	14,1	36,5	20	62	80	3,75	13,5
Водозабор №2											
1	1985	2012	Бисульфат натрия	25	22	32	30	48	76	5,24	6,85
9	1988	2017	Бисульфат натрия	27,5	23,5	39,4	38	40	55	3,36	3,79
3	1967	2000	Бисульфат натрия	21,5	19	37	32	53	90	12,9	6,92
8	1986	2021	Бисульфат натрия	24,5	23	31	29	45	60	6,9	10

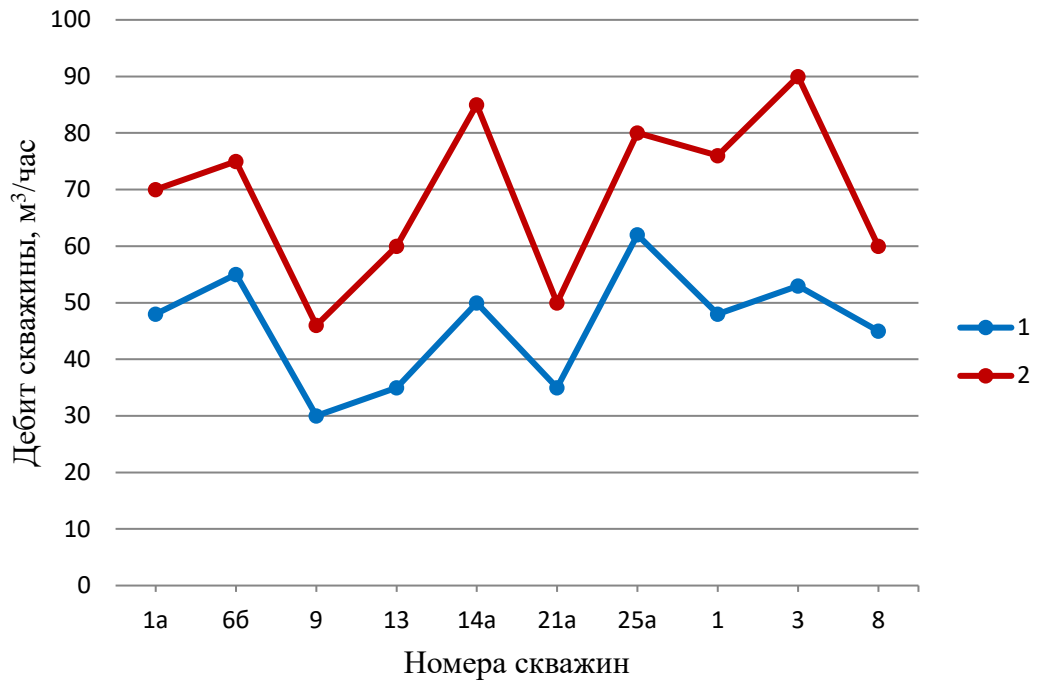


Рисунок 4.26 – Удельная производительность скважин до (1) и после (2) проведения химреагентной обработки

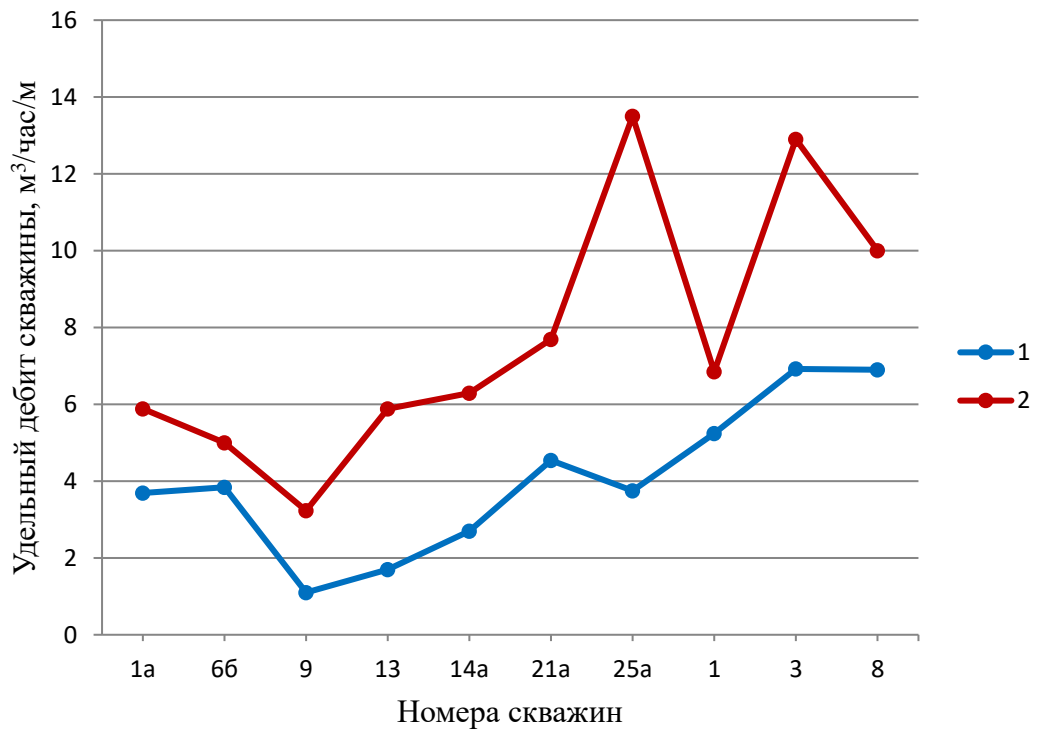


Рисунок 4.27 – Удельная производительность скважин до (1) и после (2) проведения химреагентной обработки

Наглядно результаты проведения регенерационных мероприятий показаны при помощи результатов исследования скважины № 9 водозабора № 1 АО «Северский водоканал».

В июне 2014 г. водозаборная скважина № 9 была выведена из эксплуатации по причине резкого снижения дебита и предшествующего этому пескованию. По результатам обследования выявлен статический уровень – 16 м (Рисунок 4.28). Фильтровая зона закольматирована с глубины 61 м, с глубины 70,92 полностью запескована (Рисунки 4.29, 4.30).



Рисунок 4.28 – Кадры обследования водозаборной скважины № 9 на глубине 15,64 м, приближение к зеркалу вод статического уровня, установившегося на отметке 16,0 м.

По результатам исследования на водозаборной скважине № 9 АО «Северский Водоканал» были проведены следующие комплексные регенерационные работы: выполнена эрлифтная откачка песка из скважины; произведены работы по декольматации ствола скважины с целью восстановления пропускной способности фильтрующей части водозаборной скважины в интервале 61,0-83,0 м раствором технической соляной кислоты с последующей промывкой; произведен монтаж дополнительной фильтровой колонны из композитных материалов (стеклопластик); произведена гравийная обсыпка калиброванным гравием

(фракция 2÷5 мм) межтрубного пространства между старой и вновь установленной фильтровыми колоннами.



Рисунок 4.29 – Кадр обследования водозаборной скважины № 9 на глубине 66,59÷65,87 м



Рисунок 4.30 – Кадр обследования водозаборной скважины № 9 на глубине 70,4÷70,69 м

По состоянию на 2014 г. скважина работала с дебитом 40÷46 м³/сут, пескования не отмечалось.

В феврале 2016 г. была произведена повторная телеинспекция данной водозаборной скважины с целью анализа скорости развития колюматирующих отложений. На Рисунках 4.31, 4.32 приведены кадры, демонстрирующие состояние фильтровой части скважины № 9. По всему интервалу фильтра отложений не наблюдается, есть единичные хлопья, взвесь.

Результаты обследования в декабре 2023 г., оформленные актом, приведены в Приложении Ж.

На данный момент скважина № 9 Северского водозабора работает с максимальным дебитом 50 м³/час и является одним из ярких примеров, учитывая год начала эксплуатации, применения комплексной подхода к регенерации водозаборных скважин.



Рисунок 4.31 – Кадр обследования
водозаборной скважины № 9 на глубине
60,73 - 62,03 м



Рисунок 4.32 – Кадр обследования
водозаборной скважины № 9 на
глубине 64,66 м

Для наглядной демонстрации пострегенерационных мероприятий на Рисунке 4.33 представлен график, отражающий удельный дебит скважины № 9 до и после регенерации.

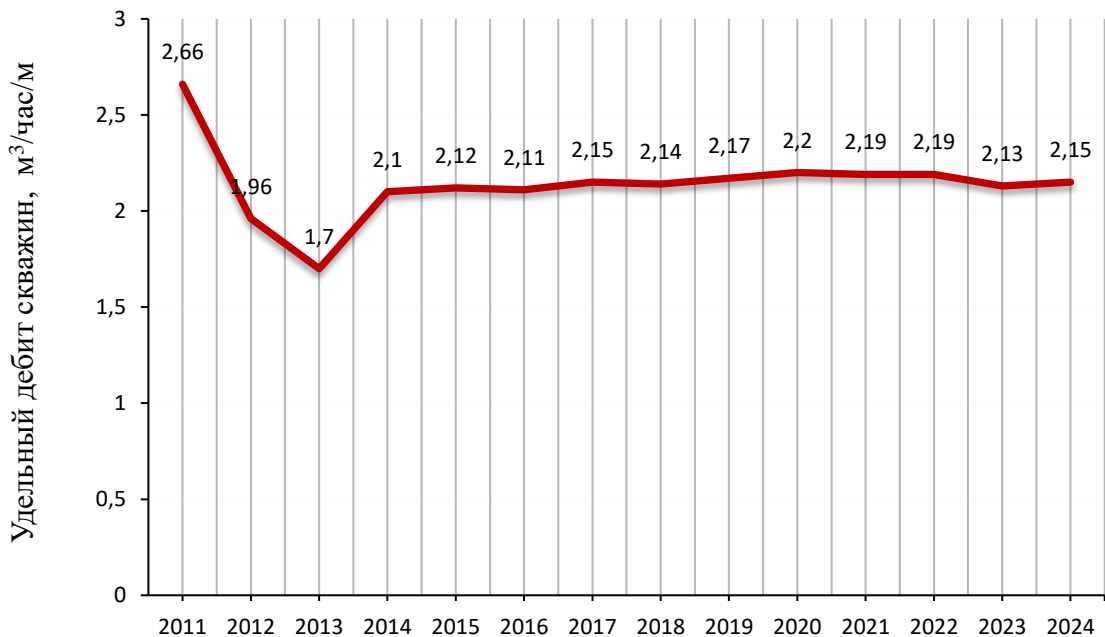


Рисунок 4.33 – Диаграмма изменения удельного дебита скважины № 9
водозабора № 1 Северского месторождения

Следует отметить, что все скважины, подвергшиеся комплексной регенерации, работают, снижение дебита относительно начального принудительное, вызванное тем фактом, что потребность в добыче подземных вод снизилась на 65%. Снижение объемов добычи связано, в основном, с повсеместной установкой приборов учёта потребления холодной воды населением и объектами инфраструктуры г. Северск и оттоком населения.

4.2.3 Сосновское месторождение подземных вод.

Орловский водозабор, г.Асино

В пределах Асиновского месторождения подземных вод эксплуатируются три групповых и множество одиночных водозаборов. Комплексная регенерация проводилась на 8 скважинах наиболее крупного Орловского водозабора, построенного на участке Сосновский-1 Сосновского месторождения подземных вод. Скважины принадлежат МУП АГП «Асиновский водоканал». Водозабор состоит из 13 водозаборных скважин, пробуренных преимущественно в 80÷90-х годах прошлого века.

В Таблице 4.4 и на Рисунках 4.34, 4.35 представлены данные по проведению химреагентной обработки скважин. Для наглядного представления результатов проведения регенерационных мероприятий приведены исследования скважины ТМ-182/1 (1э) Орловского водозабора МУП АГП «Асиновский водоканал».

В июне 2014 г. водозаборная скважина ТМ-182/1 (1э) была выведена из эксплуатации по причине резкого снижения дебита. По результатам обследования выявлен статический уровень – 5,0 м (Рисунок 4.36). Высокая степень кольматации обсадной колонны и фильтрующей части зафиксирована на глубине 27,98 м. С увеличением глубины кольматация возрастает (Рисунки 4.37-4.39). По мере приближения к отстойнику, количество кольматирующих отложений снижается, однако уже на глубине 43,03 м наблюдается запескованное дно водозаборной скважины, при изначальной глубине 51 м (Рисунки 4.40, 4.41).

Также наблюдается большое количество хлопьеобразной взвеси отложений.

Таблица 4.4 – Сравнительная таблица показателей производительности скважины до и после проведения ХРО скважин на водозаборах МУП АГП «Асиновский водоканал»

№ скв.	Год ввода в эксплуатацию скважины	Год проведения ХРО	Метод проведения ХРО	Нст.		Ндин.		Q м ³ /час		Удельный дебит м ³ /час/м	
				до	после	до	после	до	после	до	после
ТМ-182/1 (1э)	1988	2014	Раствор технической соляной кислоты	5	4	29	30	36	42	1,5	1,61
11-389/3 (3э)	1985	2016	Раствор технической соляной кислоты	5	5	19	26	40,8	50	2,38	2,91
11-291/4 (4э)	1985	2014	Раствор технической соляной кислоты	3,6	4	24	28	45	60	2,20	2,5
30/92 (9э)	1992	2016	Раствор технической соляной кислоты	2,5	3	15,6	20	14,6	36	1,13	2,11
121 (11э)	1968	2014	Раствор технической соляной кислоты	11,07	6,0	68,44	68	65	66	1,04	1,13
3/99 (13э)	1999	2016	Раствор технической соляной кислоты	11	10	17,7	18	28	45	4,18	5,62
ТМ-755/1 4	2006	2016	Раствор технической соляной кислоты	3	4	36	30	50	55	1,52	2,11
756/1 5	2006	2016	Раствор технической соляной кислоты	3	5	56	32	50	56	0,94	2,07

По результатам исследования на водозаборной скважине ТМ-182/1 (1э) Орловского водозабора были проведены следующие комплексные регенерационные работы: выполнена эрлифтная откачка песка из скважины; произведены работы по декольматации ствола скважины с целью восстановления пропускной способности фильтрующей части водозаборной скважины в интервале 61,0÷83,0 м раствором технической соляной кислоты с последующей

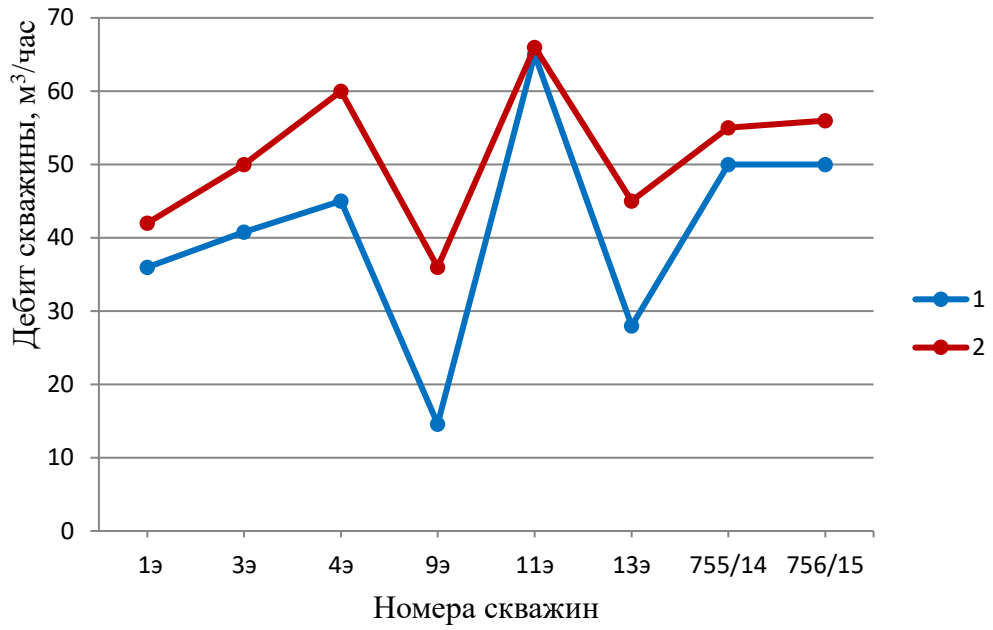


Рисунок 4.34 – Производительность скважин до (1) и после (2) проведения химреагентной обработки

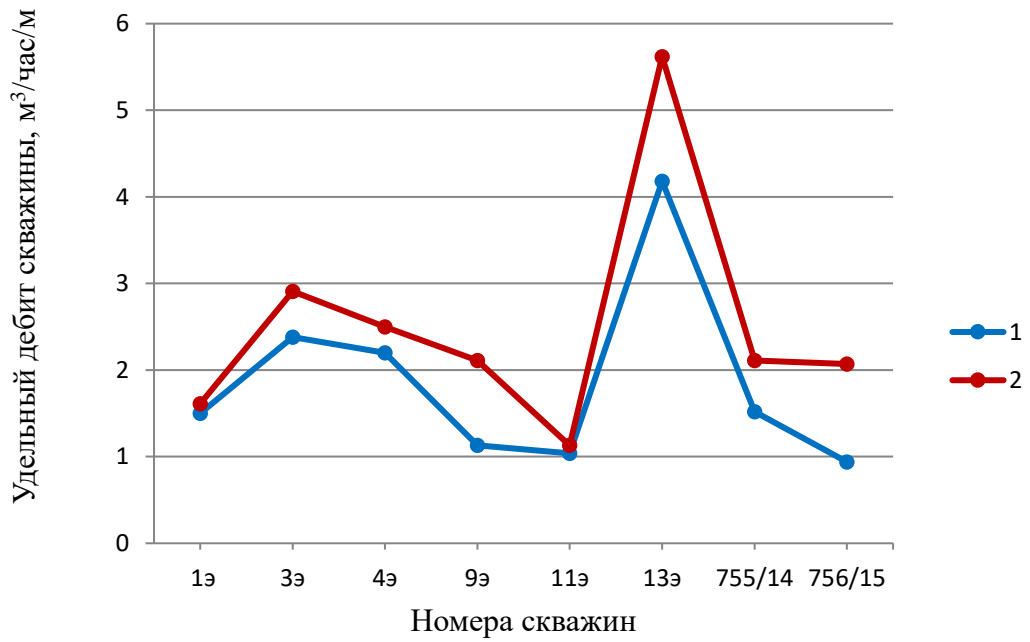


Рисунок 4.35 – Удельная производительность скважин до (1) и после (2) проведения химреагентной обработки

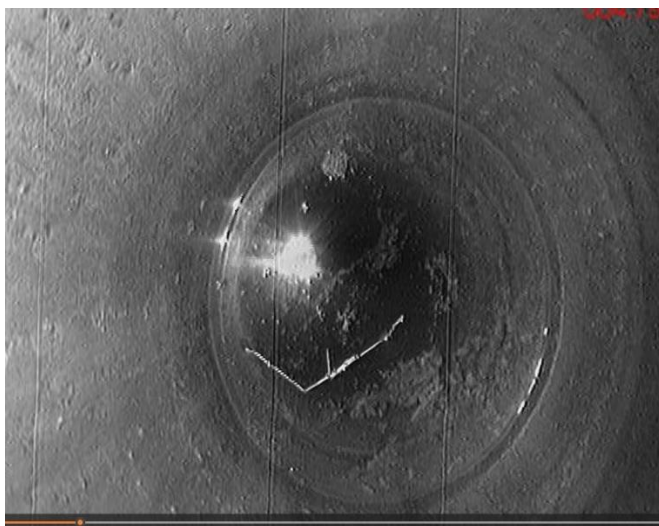


Рисунок 4.36 – Кадр обследования водозаборной скважины ТМ-182/1 (1э) на глубине 04,79 м, приближение к зеркалу вод статического уровня на отметке 5,0 м

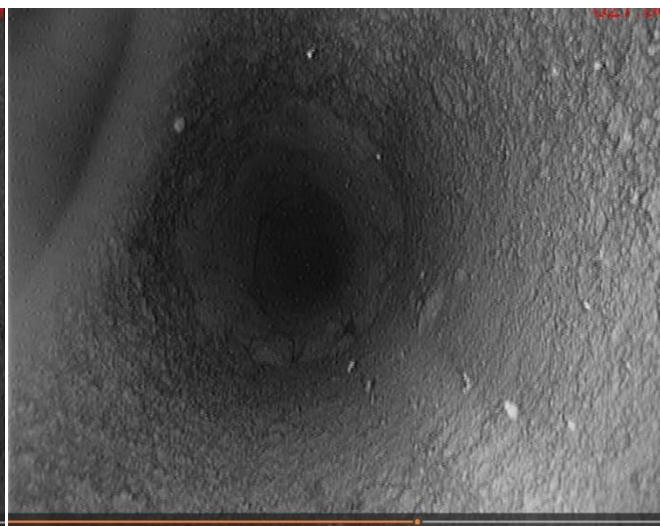


Рисунок 4.37 – Кадр обследования водозаборной скважины ТМ-182/1 (1э) на глубине 27,98 м



Рисунок 4.38 – Кадр обследования водозаборной скважины ТМ-182/1 (1э) на глубине 28,52 м

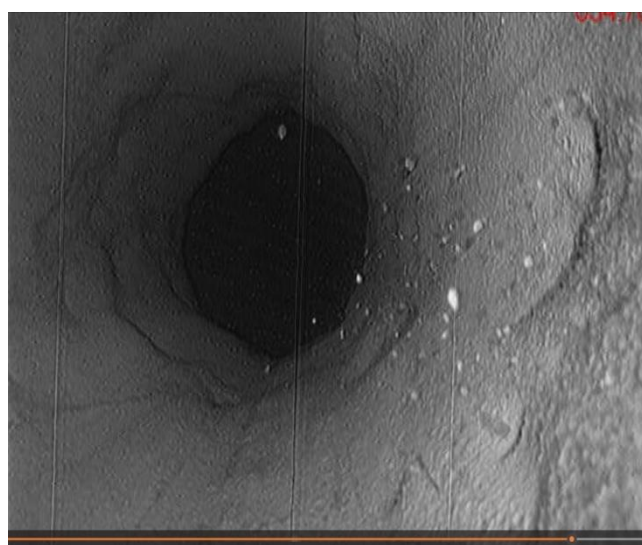


Рисунок 4.39 – Кадр обследования водозаборной скважины ТМ-182/1 (1э) на глубине 34,76 м



Рисунок 4.40 – Кадр обследования
водозаборной скважины ТМ-182/1 (1э)
Орловского водозабора на глубине
40,62 м



Рисунок 4.41 – Кадр обследования
водозаборной скважины ТМ-182/1 (1э)
Орловского водозабора на глубине
43,03-43,26 м

промывкой. Кольматация в интервале 30,0÷39,0 м ярко выражена, по результатам видео каротажа отмечено интенсивное зарастание поверхности открытого ствола скважины многокомпонентными отложениями, в связи с этим применен декольматирующий раствор повышенной концентрации (при проведении регенерационных мероприятий, ввиду высокой степени обрастания, использовался 25% раствор соляной кислоты HCl); по окончании монтажных работ выполнена повторная эрлифтная прокачка с целью удаления кольматанта, образывавшего на стволе бугры и наросты; произведен монтаж дополнительной фильтровой колонны из композитных материалов (стеклопластик); произведена гравийная обсыпка калиброванным гравием (фракция 2÷5 мм) межтрубного пространства между старой и вновь установленной фильтровыми колоннами.

По состоянию на 2023 г. скважина ТМ-182/1 (1э) Орловского водозабора г. Асино работает с максимальным дебитом 42 м³/час и является одним из ярких примеров, учитывая степень закольматированности фильтровой зоны, применения комплексной подхода к регенерации водозаборных скважин.

4.3. Техничко-экономическое обоснование предложенных технологических решений

При расчете экономического эффекта использовалась методика определения экономической эффективности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений, а также отраслевые методические указания и инструкции, разработанные на основе типовых документов и учитывающие специфику определения экономического эффекта путем сопоставления приведенных затрат по сравниваемым вариантам базового и нового решения.

Выполнено технико-экономическое обоснование выбора технологии получения конечного продукта (продукции) ресурса – подземной воды хозяйственно-питьевого назначения путем сравнения калькуляции себестоимости трех видов технологий:

1. Технология бурения новой скважины и обустройства водозабора подземных вод (Таблица 4.5);
2. Технология перебуривания и обязательного тампонирувания вышедшей из строя водозаборной скважины, при условии, что все указанные технологические процессы выполнены и документация в порядке (Таблица 4.6);
3. Технология комплексной регенерации, максимально расширенный вариант (Таблица 4.7).

Сравнение стоимости выполненных работ по восстановлению производительности скважин и увеличения срока эксплуатации проводилось в сравнении со стоимостью строительства и обустройства новой скважины, по укрупненным расценкам (Приложение И).

Для оценки экономической эффективности полного комплекса регенерационных работ, включая реагентную обработку эксплуатационных скважин, проанализированы локальные сметные расчеты на выполненные во втором квартале 2023 г. работы. Для расчетов по трем вариантам принят водозабор из одиночной скважины глубиной 50 м.

Таблица 4.5 – Вариант I. Технология бурения новой скважины и обустройства водозабора подземных вод

№ п/п	Наименование технологических процессов, видов работ	Стоимость, руб.	Затраты времени
1.	Оформление земельного участка в собственность – Госпошлина + работа кадастрового инженера и т.п.	22 000	2÷4 месяца
2.	Оформление лицензии на недра на разведку и добычу подземных вод, в случае неутвержденных запасов подземных вод – Госпошлина + работа по сбору материалов для подачи заявки на оформление лицензии:	7 500 руб.	от 3-х до 5 лет
	– разработка проекта Геологического изучения недр (ГИН);	400 000	
	– экспертиза проекта ГИН;	50 000	
	– разработка проект бурения скважины;	450 000	
	– разработка проекта водозабора (Проект разработки пресных подземных вод водозабора);	6 604 184	
	– бурение скважины;	4 173 893	
	– обустройство скважины;	10 000	
	– постановка скважины на учет	150 000	
	– подсчет запасов подземных вод, не менее 4 лет; – защита запасов подземных вод; – постановка на учет в Геолфонды и иные инстанции;	2 500 000	
	– разработка проекта ЗСО для скважины; – экспертиза проекта ЗСО;	200 000	
	– получение санитарно- эпидемиологического заключения о соответствии проектной документации;	20 000	
– получение по результатам мониторинга химического состава подземных вод экспертного заключения на водоисточник; – получение положительного санитарно-эпидемиологического заключения на водоисточник	150 000		
ИТОГО	14 727 577	5,5 лет	

Таблица 4.6 – Вариант II. Технология перебурирования и обязательного тампонирувания вышедшей из строя водозаборной скважины, при условии, что все указанные технологические процессы выполнены и документация в порядке

№ п/п	Наименование технологических процессов, видов работ	Стоимость, руб.	Затраты времени, мес.
1.	Разработка проекта ликвидации скважины	150 000	3
	Тампонирувание вышедшей из строя или выработавшей свой амортизационный срок (10000 сут.) скважины (требования [103])	1 500 000	
2.	Бурение новой водозаборной скважины	6 604 184	1
3.	Обустройство и оборудование насосной станции I подъема	4 173 893	4
4.	Оформление дополнения в существующую лицензию на недра новой горной выработки с целью добычи питьевых вод хозяйственно-питьевого назначения	50 000	1
5.	Постановка скважины на учет	10 000	0,5
ИТОГО		12 488 077	9,5

Таблица 4.7 – Вариант III. Технология комплексной регенерации, максимально расширенный вариант

№ п/п	Наименование технологических процессов, видов работ	Стоимость, руб	Затраты времени, сутки
1	Сбор, изучение, систематизация геологического и гидрогеологического материала по району и участку работ (Сбор имеющихся по скважине данных, паспорт, учетная карточка, хим.-бак. анализ)	70 000	3
2	Демонтаж водоподъемного оборудования	74 890,60	1
3	Видеокаротаж ствола скважины (телеинспекция) 1 п.м – 2 688,22	107536,9	1
4	Устранение посторонних предметов из ствола скважины, по необходимости (обрыв насоса и т.д.)	63 987	1
5	Химреагентная обработка (ХРО)	В зависимости от метода ХРО	2
5.1	Регенерация скважины глубиной 50 м с фильтром, бисульфатом натрия	691 021,24	

5.2	Регенерация скважины глубиной 100 м без фильтра, бисульфатом натрия	877 220,04	
5.3	Регенерация скважины глубиной 50 м с фильтром, раствором технической соляной кислоты	732 093,64	
5.4	Регенерация скважины глубиной 100 м без фильтра, раствором технической соляной кислоты	882 171,68	
6	Прокачка эрлифтом	171 272	1
7	Фильтр стеклопластиковый диаметр 150 мм (140 мм)	45 940	2
	Монтаж дополнительной фильтровой колонны. Установка фильтров на колонне водоподъемных труб	5 732	
8	Монтаж переходного патрубка	672	1
9	Повторная прокачка эрлифтом	104 998	2
10	Гравийная обсыпка межтрубного пространства	3 038,07	1
	Гравий М 400, фракция 5(3)÷10 мм прим.(2÷5мм)	11 486,07	
11	Прокачка ствола скважины, до чистой воды	171 272	2
12	Повторный видеокаротаж ствола скважины (телеинспекция)	107 534,22	1
13	Монтаж оборудования	7 890,60	1
14	Химикобактериологический анализ, в зависимости от программы контроля качества	18 000÷20 000	5
ИТОГО		1 698 208,40⁹	25

Экономическая эффективность – это показатель, который определяется путем соотношения экономического результата и затрат, породивших этот результат (эффект). То есть можно сказать, что экономическая эффективность равна отношению результата к затратам.

Организация водоснабжения из водозаборной скважины (N) в систему выполняется до внедрения комплексного подхода за время $T_1 = 65$ месяцев, а при использовании комплексного подхода за время $T_2 = 25$ суток (принимая 1 месяц). Экономический эффект по времени составит:

$$Э_T = 100 \times \left(\frac{T_1 \times N - T_2 \times N}{T_1 \times N} \right) \quad (4.1)$$

⁹ Расчет проведен с учетом максимально дорогостоящего варианта проведения КРМ

$$\text{Э}_T = 100 \times \frac{64}{65} = 98,46\%$$

Экономический эффект по времени составляет 98,46%. Время стало использоваться значительно эффективнее.

Организация водоснабжения из водозаборной скважины (N) в систему выполняется до внедрения комплексного подхода за $P_1=14\,727\,577$ руб., а при использовании комплексного подхода за $P_2=1\,698\,208,40$ руб. Экономический эффект по финансовой составляющей:

$$\text{Э}_T = 100 \times \left(\frac{P_1 \times N - P_2 \times N}{P_1 \times N} \right) \quad (4.1)$$

$$\text{Э}_T = 100 \times \frac{13\,029\,369}{14\,727\,577} = 88,4\%$$

Экономический эффект по финансовой составляющей 88,4%. Расходы также значительно сократились.

Таблица 4.8 – Техничко-экономическое сравнение вариантов

№ варианта	Стоимость, тыс. руб.	Затраты времени
I	14 727,577	5,5 лет
II	12 488,077	9,5 месяцев
III	1 698,208	25 суток

4.4. Выводы по 4 главе

1. Приведена технология метода комплексной регенерации водозаборных скважин, дебит которых значительно снижен относительно первоначального, либо скважин, полностью переставших давать воду в результате частичной или полной кольматации фильтра скважины, затрубного пространства, а также пескования скважины. Описан порядок выполнения работ и применяемое оборудование. Комплексный подход к регенерации является полностью разработкой автора. Автор впервые применил для инспекции и контроля проведенной регенерации телеметрический метод, позволяющий сделать вывод о состоянии скважины, вида

применяемого реагента для химической обработки, его количества, оборудования и порядка проведения работ.

2. Приведены результаты комплексного подхода к регенерации на примере трех скважин, расположенных в разных городах Томской области – гг.Томск, Северск и Асино. До момента химической обработки скважины проработали от 26 до 54 лет. Такие скважины обычно выводят из эксплуатации. Однако после комплексной регенерации скважины до сих пор работают, производя от 60 до 100% первоначального дебита.

3. Технико-экономическое сравнение комплексной регенерации скважин с двумя вариантами: бурения новой скважины и обустройства водозабора подземных вод и перебуривания и обязательного тампонирования вышедшей из строя водозаборной скважины показало, что при проведении комплексной регенерации скважин экономия времени составляет $89,47 \div 98,46\%$, экономия финансовых средств – $86,4 \div 88,4\%$.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Исследованы причины снижения производительности водозаборных скважин населенных пунктов Сибирского региона. На основании многолетних аналитических и экспериментальных исследований выявлено, что комплекс природных и антропогенных условий, в которых эксплуатируются водозаборные скважины Сибирского региона, существенно влияет на характер и процесс кольматации фильтров, прифилтровой зоны, околоскважинного пространства и гравийной обсыпки и, в конечном итоге, на производительность водозаборов.

2. Проведен анализ состояния подземных вод Сибирских регионов, который показал, что подземные воды имеют повышенное содержание железа и марганца, а также значительное количество органических примесей, которые в сочетании с жизнедеятельностью бактерий создают активную коррозионную среду.

3. На основе натурных исследований выявлены воздействия химических, биологических и других соединений на процессы кольматации скважин и образование отложений на трубопроводах и оборудовании. Установлено, что кольматирующие отложения водозаборов регионов Сибири включают в себя соли кальция, магния, марганца (карбонаты), соединения железа в виде гидроксида, оксида, сульфида, фосфата.

4. Разработан комплексный подход к восстановлению скважин, который основан на выявленных автором закономерностей кольматации скважин и новых технологий их восстановления. Комплексный подход включает: оценку общих данных; диагностику; принятие решений и оценку результатов. Для измерения плотности откачиваемого раствора рекомендован, разработанный автором прибор (плотномер), который обеспечивает высокую точность и оперативность исследования (а. с. № 1122920).

5. Разработан технологический регламент эксплуатации и регенерации подземных водозаборов, внедрение которого в производственных условиях позволит продлить срок их службы и избежать строительство новых скважин.

6. Предложен новый тип фильтра из полимерных материалов, позволяющий повысить производительность скважин на 50% и исключить коррозионное

воздействие на конструкции скважин при ее химической регенерации.

7. На основе разработанной комплексной технологии восстановлено более 80 скважин в Томской и Новосибирской областях. Экономический эффект от внедрения предложенных организационных и технологических решений превысил 20 млн. руб. При этом значительно сократились затраты на ремонт и эксплуатацию скважин.

8. Практическая значимость диссертационных исследований подтверждена следующими актами о внедрении: МП Северский водоканал (г. Северск Томская обл.); МО «Неверский сельсовет» (Водозабор для хозяйственно-питьевых нужд с. Невер Амурская обл.); ООО «Томлесдрев» (г. Томск); МУП АГП «Асиновский водоканал», (г. Асино Томская обл.); ООО «ДМ – Сырный двор» (г. Северск Томская обл.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева, М. В. Эффективность реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение населения России питьевой водой» / М. В. Васильева, Р. И. Зинурова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – С. 239–241.
2. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 // Российская газета. – 2024. – 08 мая.
3. СП 31.1333.21 СНиП 2.04.02-4* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 27 декабря 2021 года № 1016/пр : введен вместо СП 31.13330.2012 : дата введения 2022-01-28 / разработан : федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН). – Москва, 2021. – 155 с.
4. Гуринович, А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: Планирование, проектирование, строительство и эксплуатация: Монография / А.Д. Гуринович. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 244 с.
5. Покровский, Д.С. Природно-техногенное минералообразование на фильтрах обезжелезивания водозабора Томского Академгородка / Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, И. В. Вологодина, А. С. Тайлашев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2002. Т. 305. – №. 6. – С. 319–329.
6. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области / Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, Г. М. Рогов [и др.]. – Томск : Издательство научно-технической литературы, 2002. – 176 с.
7. Вологодина, И. В. Методические аспекты изучения гидрогенных минеральных новообразований систем водоснабжения / И. В. Вологодина, Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, А. С. Кульков, И. В. Радюк, Т. С. Спиридонов //

Роговские чтения: Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения профессора Г. М. Рогова (Томск, 7–9 апреля 2015 г.). – Томск: ТГАСУ, 2015. – С. 131–135.

8. Водозаборно-очистные сооружения и устройства / под ред. М. Г. Журбы. – М.: Астрель, 2003. – 568 с.

9. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84) : утверждено приказом ВНИИ ВОДГЕО 26.03.1986 № 46. – М.: Стройиздат, 1989. – 198 с.

10. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : издание официальное : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021 № 2: введены 01.03.2021. (с изменениями на 30 декабря 2022 года) [Электронный ресурс] Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (Дата обращения: 15.11.2023)

11. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : издание второе, переработанное и дополненное : учебное пособие / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. – М.: АСВ, 2003 – 288 с.

12. Плотников, Н. А. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод / Н. А. Плотников, В. С. Алексеев, – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.

13. Гуринович, А. Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения / А. Д. Гуринович. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – 305 с.

14. Суреньянц, С. Я. Эксплуатация водозаборов подземных вод / С. Я. Суреньянц, А. П. Иванов, – М.: Стройиздат, 1989. – 80 с.

15. Курганов, А. М. Водозаборы подземных вод: учебное пособие / А. М. Курганов, Е. Э. Вуглинская. – Санкт-Петербург :СПбГАСУ, 2009. – 80 с.

16. Башкатов, Д. Н. Бурение скважин на воду / Д.Н. Башкатов, В. А. Роговой, – М.: Колос, 1976. – 208 с.

17. Морозов, Э. А. Справочник по эксплуатации и ремонту водозаборных скважин / Э. А. Морозов, А. В. Стецюк, – Киев : Будивельник, 1984 – 96 с.

18. Одноколонная скважина на воду (часть 1), Телеграм-канал Бурение на воду. – URL: <https://dzen.ru/a/Xlj-1PRGZEVYUxmV> (Дата обращения: 15.11.2023). – Текст : электронный.

19. Гаврилко, В. М. Фильтры буровых скважин: издание второе, переработанное и дополненное / В. М. Гаврилко, В. С. Алексеев, – М.: Недра, 1976. – 345 с.

20. Гаврилко, В. М. Фильтры буровых скважин / В. М. Гаврилко, В. С. Алексеев, – М.: Недра, 1985. – 334 с.

21. Дубровский, В. В. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду : издание второе, переработанное и дополненное / В. В. Дубровский. – М.: Недра, 1972. – 512 с.

22. 10 конструкций обсадных колонн водозаборных скважин, Телеграм-канал Бурение на воду. – URL: <https://dzen.ru/a/XkacGXNYhAvv-WNH> (дата обращения: 15.11.2023). – Текст : электронный.

23. Шварцев, С. Л. Общая гидрогеология / С. Л. Шварцев. – М.: Недра, 1996. – 442с.

24. Шварцев, С. Л. Общая гидрогеология: учебник для вузов : издание второе, переработанное и дополненное / С. Л. Шварцев. – М.: Альянс, 2012. – 601 с.

25. Порядин, А. Ф. Экологические аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения в России / А. Ф. Порядин // Вода: Экология и технология : материалы международного конгресса (Москва, 6–9 сентября 1994 г.). – 1994. Т. 1. – С. 23–31.

26. Алферова, Л.И. Оценка водно-ресурсного потенциала некоторых территорий Сибирского региона и проблема питьевого водоснабжения населения на фоне их водохозяйственной деятельности / Л. И. Алферова, В. В. Дзюбо // Вестник ТГАСУ. – 2007. – № 1. – С. 165–183.

27. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году : Государственный доклад. – Москва : Минприроды России; МГУ имени М.В.Ломоносова, 2023. – 686 с.

28. Смоленцев, Ю. К. Гидрогеология юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и его палеозойского обрамления : специальность 25.00.36 «Геоэкология» : автореферат дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Ю. К. Смоленцев ; Томский политехнический институт. – Томск, 1967. – 25 с.

29. Ермашова, Н. А. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена Томской области в связи с решением вопросов водоснабжения и охраны : специальность 25.00.36 «Геоэкология» : автореферат дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Н. А. Ермашова ; Томский политехнический институт. – Томск, 1998. – 44 с.

30. Мурашова, Е. Г. Основы гидрогеологии : учебное пособие / Е. Г. Мурашова. – Благовещенск : ДальГау, 2013. – 143 с.

31. Дзюбо, В. В. Особенности условий залегания и состава подземных вод южной части Западно-Сибирского региона / В. В. Дзюбо, Л. И. Алферова // Вода : Химия и экология. – 2013. – № 9. – С. 41–47.

32. Покровский, Д. С. Геоэкологические условия водоснабжения населения юга Сибирского региона : специальность 25.00.36 «Геоэкология» : автореферат дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Д. С. Покровский ; Томский государственный архитектурно-строительный университет. – Томск, 2005. – 48 с.

33. Уварова, В. И. Современное состояние качества воды р. Оби в пределах Тюменской области / В. И. Уварова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения ИПОС СО РАН. – 2000. Вып. 1. – С. 14–20.

34. Дзюбо, В. В. Особенности состава подземных вод Сибирского региона и технологии их подготовки для питьевого водоснабжения / В. В. Дзюбо // Экология и промышленность России. – 2014. – № 9. – С. 14–19

35. Дзюбо, В. В. О некоторых закономерностях распространения и составов подземных вод на юге Западно-Сибирского региона / В. В. Дзюбо, Л. И. Алферова // Водное хозяйство России. – 2013. – № 3. – С. 46-56

36. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна / составители И. М. Земскова и др. – М.: Недра, 1991. – 258 с.

37. Схема водоснабжения и водоотведения закрытого административно-территориального образования Северск до 2035 года (актуализация на 2023 год) : Постановление Администрации ЗАТО Северск, от 06.06.2023г. № 970-па : официальный сайт. – URL: <https://ужкх.зато-северск.рф/shema-vodosnabzhenija-i-vodootvedenija> (дата обращения: 26.09.2023). – Текст : электронный.

38. Евсеева, Н. С. География Томской области. Природные условия и ресурсы / Н. С. Евсеева. – Томск : Томский университет, 2001. – 222 с.

39. Состояние геологической среды (недр) на территории Томской области в 2002 г. № 8. – Томск : Государственное унитарное предприятие «Территориальный центр»: Томскгеомониторинг, 2003. – 109 с.

40. Парначёв, В. П. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска : материалы к полевой геологической экскурсии : Справочное пособие / В. П. Парначёв, С. В. Парначёв. – Томск : Томский государственный университет, 2010. – 144 с.

41. Степанова, Т. Л. Оценка обеспеченности населения Томской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Т. Л. Степанова, Ф. П. Осипов, Г. Ф. Вялова. – Томск : Томскнефтегазгеология, 2000. – 157 с.

42. Покровский, Д. С. Районирование территории Томской области по условиям подготовки подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Д.С. Покровский, Н.А. Ермашова, Г.М. Рогов, А.Ф. Рехтин // Вестник ТГАСУ. – 2000. – № 1. – С. 228–240.

43. Скогорева, А. С. Отчёт по результатам поисково-разведочных работ на подземные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятий и

населённых пунктов Томского агропромышленного комплекса в 1989-1995 гг. / А. С. Скогорева, Ф. П. Осипов. – Томск Томскнефтегазгеология. – 1996. – 148 с.

44. Алексеев, М. И. Формирование состава подземных вод Западно-Сибирского региона и особенности их использования для питьевого водоснабжения / М. И. Алексеев, В. В. Дзюбо, Л. И. Алферова // Вестник ТГСУ. – 1999. – № 1. – С. 183–199.

45. Осипова, Е. Ю. Геоэкология бассейна р. Томи и проблемы использования природных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения : специальность 04.00.24 «Экологическая геология» : автореферат дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Е. Ю. Осипова ; Томский государственный архитектурно-строительный университет. – Томск, 2000. – 20 с.

46. Ламинский, А. И. Ведение мониторинга подземных вод в зонах санитарной охраны водозаборов № 1 и 2 г. Северск : технический отчет / А. И. Ламинский, Н. А. Климова, А. Г. Пушкарева. – Томск, 2010. – 175 с.

47. Корценштейн, В. Н. Растворенные газы подземной гидросферы / В. Н. Корценштейн. – М.: Недра, 1984. – 230 с.

48. Шинкаренко, В. П. Информационно-аналитическая записка по изучению микрофлоры подземных вод и ее коррозионной активности (Водозаборы г. Северска) / В. П. Шинкаренко. – Томск, 2001. – 93 с.

49. Башкатов, А. Д. Сооружение высокодебитных скважин / А. Д. Башкатов. – М.: Недра. – 1992. – 248 с.

50. Алексеев, В. С. Гидрогеология. Инженерная геология. Гидрогеологическое обоснование методов восстановления производительности скважин на воду / В. С. Алексеев, В. Т. Гребенников, Н. В. Астрова // Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ. – 1979. Т. 6. – 91 с.

51. Алексеев, В. С. Критерии проектирования фильтров водозаборных скважин / В. С. Алексеев, В. Г. Тесля // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 11. – С. 21–28.

52. Гребенников, В. Т. Подбор растворителя при обработке скважин на воду / В. Т. Гребенников // Московский экономический журнал : Экспресс-информация ЦБНТИ. – 1976. Серия 3. – С. 12–19

53. Ловля, С.А. Взрывные работы в водозаборных скважинах / С. А. Ловля. – М.: Недра, 1971. – 119 с.

54. Чекулаев, А. В. Анализ проблемы кольматации технологических скважин на месторождениях, разрабатываемых методом подземного выщелачивания / А. В. Чекулаев // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 2. – С. 165–170.

55. Квашнин, Г. П. Водозаборные скважины с гравийными фильтрами / Г. П. Квашнин, А. И. Деревянных. – М.: Недра, 1981. – 216 с.

56. Szilvssy, Z. Soils engineering for design of ponds, canals and dams in aquaculture / Z. Szilvssy // Inland Aquaculture Engineering. – Rome : FAO, 1984. – P. 79–101.

57. Романенко, В. А. Восстановление производительности водозаборных скважин / В. А. Романенко, Э. М. Вольницкая. – Ленинград : Недра, 1986. – 112 с.

58. Романенко, В.А. Электрофизические способы восстановления производительности водозаборных скважин / В. А. Романенко. – Ленинград : Недра, 1980. – 79 с.

59. Омелянюк, М. В. Техника и технология физико-химического восстановления дебита скважин / М. В. Омелянюк // Вода и экология. – 2017. – № 2. – С. 90-105

60. Рекомендации по импульсным методам восстановления производительности скважин на воду. – Москва : ВНИИ ВОДГЕО, 1979. – 114 с.

61. А. с. 1783082 А1 СССР, МПК E03B 3/15 Устройство для регенерации водозаборных скважин / Х. И. Якубов, И. Ахмедов. – 1992.

62. Ивашечкин, В. В. Регенерация скважинных и напорных фильтров систем водоснабжения: монография / В. В. Ивашечкин, А. М. Шейко, А. Н. Кондратович / под редакцией В. В. Ивашечкина. – Минск : БНТУ, 2008. – 277 с.

63. Алексеев, В. С. Восстановление дебита водозаборных скважин / В. С. Алексеев, В. Т. Гребенников. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 239 с.
64. Ивашечкин, В. В. Комбинированные методы продления срока эксплуатации водозаборных скважин / В. В. Ивашечкин, А. Н. Кондратович, Э. А. Макарова // Вестник БНТУ. – 2006. – № 3. – С. 13 – 9.
65. Ивашечкин, В. В. Совершенствование комбинированной технологии регенерации фильтров водозаборных скважин / В. В. Ивашечкин, А. Н. Кондратович, А. М. Шейко, А. В. Беляшев // Вестник БНТУ. – 2007. – № 6. – С. 26 – 33.
66. Рекомендации по импульсно-реагентному восстановлению производительности скважин // ВНИИВОДГЕО. – Москва, 1982. – 92 с.
67. Патент № 2650515 С1 Российская Федерация, МПК E03B 3/15. Способ регенерации скважин на воду / Р. А. Кружилин, А. А. Акульшин, А. А. Акульшин. – 2018.
68. Абрамов, С. К. Забор воды из подземного источника / С. К. Абрамов, В. С. Алексеев. – Москва : Колос, 1980. – 239 с.
69. Алексеев В. С., Гаврилко В. М., Гребенников В. Т. Рекомендации по восстановлению производительности водозаборных скважин реагентными методами. М., ВНИИВОДГЕО, 1975. – 96 с.
70. А. с. 517687 А1 СССР, МПК С09К 8/528, E03B 3/18. Раствор для регенерации длительно эксплуатируемых скважин на воду / В. А. Клячко, В. М. Гаврилко, Г. Ю. Асс [и др.]. – 1976.
71. Журавлева, И. В. Реконструкция инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / И. В. Журавлева. – Воронеж : ВГАСУ, 2011. – 146 с.
72. Ивашечкин, В. В. Исследование отложений в фильтрах водозаборных скважин и тестирование реагентов для их удаления / В. В. Ивашечкин, А. Н. Кондратович, Э. А. Макарова // Мир технологий. – 2004. – № 2. – С. 81–88

73. Хоружий, П. Д. Реконструкция систем водоснабжения : Расчёт и проектирование / П. Д. Хоружий, М. В. Шаров. – Киев : Будивельник, 1983. – 144 с.
74. А. с. 589372 А1 СССР, МПК Е21В 37/00. Способ регенерации скважин на воду / В. С. Алексеев, В. Т. Гребенников. – 1978.
75. Гулин, Ю. А. Гамма-гамма-метод исследования нефтяных скважин / Ю. А. Гулин. – М.: Недра, 1975. – 160 с.
76. Урманов, Э. Г. Спектрометрический гамма-каротаж нефтегазовых скважин / Э. Г. Урманов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1994. – 164 с.
77. Обследование скважин : VODABUR. – URL: <https://vodabur.by/> (Дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.
78. Башкатов, А. Д. Предупреждение пескования скважин / А. Д. Башкатов. – Москва : Недра, 1991. – 176 с.
79. Наилучшие доступные инструменты каротажа. – URL: <https://geophysicalinst.com/> (Дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.
80. Система телеинспекции скважин jProbe LONG : Группа компаний «РУСПРОМКОНТРОЛЬ». – URL: <https://ruspromcontrol.ru/> (Дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.
81. Инвентаризация и оценка технического состояния водозаборных сооружений, систем водоподготовки в населенных пунктах Томской области : отчет. – Томск, 2004. – 123 с.
82. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. – Москва : МПР РФ, 2000. – 31 с.
83. Практикум по микробиологии : учебное пособие / под редакцией Н. С. Егорова. – Москва, 1976. – 308 с.
84. Родина, А. Г. Методы водной микробиологии : практическое руководство / А. Г. Родина. – Москва ; Ленинград : Наука, 1965. – 363 с.
85. Кузнецов, С. И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов / С. И. Кузнецов, В. И. Романенко. – Москва ; Ленинград : АН СССР, 1963. – 134 с.

86. Работнова, И. Л. Общая микробиология / И. Л. Работнова. - Москва, 1966. – 260 с.
87. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель. – Москва : Мир, 1972. – 476 с.
88. РД 39-3-973-83 Методика контроля микробиологической зараженности нефтепромысловых вод и оценка защитного и бактерицидного действия реагентов : утвержден Миннефтепром СССР 12.22.83. – Москва : ВНИИ СПТ Нефти, 1984.
89. Кузнецов, С. И. Методы изучения водных микроорганизмов / С. И. Кузнецов, Г. А. Дубинина. – Москва : Наука, 1989. – 288 с.
90. Корш, Л. Е. Ускоренные методы санитарно-бактериологического исследования воды / Л. Е. Корш, Т. З. Артемова. – Москва : Медицина, 1978. – 272 с.
91. ГОСТ Р 9.905-2007. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 2009-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 20 с.
92. Нормативные документы по оценке агрессивности природных сред СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии : Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 27.02.2017 № 127/пр : введен 28.08.2017. – Москва : ФГУП ЦПП, 2017. – 118 с.
93. ГОСТ 9.602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии : межгосударственный стандарт : издание официальное : взамен ГОСТ 9.602-2005 : введен 2017-06-01. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 93 с.
94. ГОСТ 31383-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен впервые : введен 2010-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 38 с.

95. ГОСТ Р 70188-2022. Строительные работы и типовые технологические процессы. Защита металлоконструкций от коррозии в условиях строительномонтажной площадки. Правила и контроль выполнения работ : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 2023-02-01. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 28 с.

96. ГОСТ 28574-2014. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен впервые : введен 2015-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 17 с.

97. ГОСТ 9.908-85. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости Unified system of corrosion and ageing protection. Metals and alloys. Methods for determination of corrosion and corrosion resistance indices : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен впервые : введен 1987-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2006. – 17 с.

98. Ведение мониторинга подземных вод на лицензионных участках пользования недрами ООО «Томскводоканал» (Томский водозабор) : отчет. – Томск 2024. – 109 с.

99. Протокол ГКЗ Роснедра № 898 от 21.05.2004. – Москва : МПР РФ, 2004.

100. Протокол ГКЗ Роснедра № 1576 от 13.02.2008. – Москва : МПР РФ, 2008.

101. ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора : издание официальное : взамен ГОСТ 17.1.3.03-77 : введен 1986-01-01 . – Москва : Стандартиформ, 2006. – 12 с.

102. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Северска Томской области методом математического моделирования / ответственный исполнитель А. М. Слинко. – Томск, 2002. – 158 с.

103. Винниченко, Н. В. Программа работ по ведению мониторинга подземных вод на Томском водозаборе на 2013 год / Н. В. Винниченко. - Томск, 2013. – 38 с.

104. Макушин, Ю. В. Переоценка эксплуатационных запасов подземных вод Томского месторождения / Ю. В. Макушин и др. – Томск : Томскгеомониторинг, 2005. – 128 с.

105. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий : утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021 : введен 01.03.2021. – Москва : Госкомсанэпиднадзор РФ, 2021. – 75 с.

106. Винниченко, Н. В. и др. Проект зоны санитарной охраны Томского водозабора / Н. В. Винниченко и др. – Томск : Томскгеомониторинг, 2013. – 174 с.

107. Винниченко, Н. В. и др. Технический проект разработки Томского месторождения подземных вод Томским водозабором / Н. В. Винниченко и др. – Томск : Томскгеомониторинг, 2012. – 132 с.

108. СанПиН 2.1.4.1110-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения : издание официальное : утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 26.02.2002 : введен 01.06.2002. – Москва : Госкомсанэпиднадзор РФ, 2002. – 15 с.

109. Зоны санитарной охраны водозаборов № 1, № 2, № 3 ЗАТО «Северск» / ответственный исполнитель Г. И. Косухин. – Новосибирск, 2007. – 96 с.

110. Проект зон санитарной охраны водозаборов № 1 и № 2 г.Северска / , ответственный исполнитель Г. Ю. Кузнецов. – Томск, 2024. – 84 с.

111. Гольдберг, В. М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды / В. М. Гольдберг. – Ленинград, 1987. – 247 с.

112. Мальцева, Г. Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии: учебное пособие / под редакцией С. Н. Виноградова, Г. Н. Мальцева. – Пенза : ПГУ, 2000. – 211 с.

113. Кармалов, А. И. Анализ причин кольматации и коррозии оборудования водозаборных скважин в условиях повышенной техногенной нагрузки / А. И. Кармалов, С.В. Филимонова // Водоснабжение и санитарная техника, 2011. – № 9. – Ч. 1. – С. 16–20.

114. Наливайко, Н. Г. Микробиология воды / Н. Г. Наливайко. – Томск : ТПУ. – 2011. – 138 с.

115. Ибрагимов, Л. Х. Интенсификация добычи нефти / Л. Х. Ибрагимов, И. Т. Мищенко, Д. К. Челоянц. – Москва : Наука, 2000. – 414 с.

116. Покровский, Д.С. Качество природных питьевых вод и технологии водоподготовки в условиях юга Сибирского региона: учебное пособие / Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, Г. М. Рогов. – Томск : ТГАСУ, 2006. – 96 с.

117. Покровский, Д.С., Гидрогеоэкологические условия водоснабжения населения юга Сибирского региона / Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, А. А. Балобаненко [и др.] // Вестник ТГУ, 2014. – № 384. – С. 189–197.

118. Рогов, Г.М. Некоторые проблемы водоподготовки на водозаборах из подземных источников / Г.М. Рогов, Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, // Известия вузов. Строительство, 1993. – № 9. – С. 98–102.

119. Pokrovsky, D. S. Hydrogeochemical Environments and Mineral Neocrystallizations from Subsurface Sources / D. S. Pokrovsky, E. M. Dutova, I. V. Vologdina // Izvestiya of Higher Educational Establishments. Construction, 2010. – № 11–12. – P. 54–61. [in Russian].

120. Dutova, E. M. Change of the Hydrogeochemical Environment when Developing the Aquifer Academichesky / E. M. Dutova, I. V. Vologdina, D. S. Pokrovsky, L. V. Zamorovskaya // Izvestiya of Tomsk Polytechnic University, 2008. – V. 312. – № 1. – P. 59–63. [in Russian].

121. Кармалов, А. И. Повышение эффективности сооружений водоснабжения : монография / А.И.Кармалов, Ю. Л. Сколубович // Северск :

Контекст, 2011. – 92 с.

122. Фильтр для скважины — особенности выбора в зависимости от способа очистки воды. – URL: <https://m-strana.ru/articles/filtr-dlya-skvazhiny/> (Дата обращения: 04.04.2024). – Текст : электронный.

123. Фильтры буровых скважин. – URL: <http://geofpro.com/filtr.html> (Дата обращения: 04.04.2024). – Текст : электронный.

124. ГОСТ 1625-89. Формалин технический. Технические условия : государственный стандарт СССР : издание официальное : введен впервые : введен 1991-01-01. – Москва : ИПК издательство стандартов, 1997. – 17 с.

125. ГОСТ 1625-2016. Формалин технический. Технические условия. Межгосударственный стандарт : издание официальное : введен впервые : введен 2017. 07.01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 18 с.

126. А. с. 1122920 СССР, МПК G 01 N 9/18. Поплавковый плотномер / Г. Д. Слабожанин, А. И. Кармалов, Т. К.-о. Мусаев // Томский инженерно-строительный институт. – 1984.

127. Кармалов, А. И. Методы борьбы с пескопроявлением в артезианских скважинах. Основные водохозяйственные проблемы и пути их решения : материалы научно-практической конференции / А. И. Кармалов, С.В. Филимонова. – Томск, 2005. – С. 58–63.

128. Кармалов, А. И. Методы восстановления артезианских скважин. Решение проблем экологической безопасности в водной отрасли : тезисы / А. И. Кармалов, С.В. Филимонова. – Новосибирск : ООО РПК Основа, 2009. – С. 18– 22.

129. Кармалов, А. И. Применение полимерных фильтров «Экотон» при восстановлении и бурении скважин на воду / А. И. Кармалов, С.В. Филимонова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 9. – С. 10–14.

130. Кармалов А. И. Применение композитных материалов при эксплуатации артезианских скважин в условиях измененной гидрогеохимической среды : сборник научных трудов / Инженерно-экологические проблемы энергосбережения в строительстве и ЖКХ / А. И. Кармалов, С. В. Филимонова. - Томск : ТГАСУ, 2017. - №1 - с.12-14.

131. ЗАО «ПолиЭК» Стеклопластиковые трубопроводы водоснабжения СП 40-104-2001 и канализации – URL: <https://poliek.narod.ru> (Дата обращения: 07.05.2024). – Текст : электронный.

132. А. с. 1177433 СССР, МКИ Е 21 В 37/6. Способ контроля процесса растворения кольматирующих образований / В. С. Алексеев, В. Т. Гребенников, П. В. Тарабарин, А. М. Стадник // ВНИИ ВОДГЕО. – 2005.

133. Аналитическая химия. Справочник. – URL: <https://www.freechemistry.ru/m-manual.htm> (дата обращения: 09.03.2024). – Текст : электронный.

134. Гаврилко, В. Н. Фильтры из стеклопластиковых труб / В. Н. Гаврилко, В. С. Алексеев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1966. № 11. – С. 16– 21.

135. Булатов, А. И. Технология промывки скважин / А. И. Булатов, Ю. М. Проселков, В. И. Рябченко. – М.: Недра, 1981. – 303 с.

136. Бронников, И. Д. Проектирование скважин на воду : учебное пособие / И. Д. Бронников, В. В. Куликов, – М.: МГРИ-РГГРУ, 2013. – 96 с.

137. Башкатов, А. Д. Прогрессивные технологии сооружения скважин / А. Д. Башкатов, – М.: Недра, 2003. – 554 с.

138. Кобелев, Н. С. Методы прокачки водозаборных скважин при песковании / Н. С. Кобелев, А. А. Акульшин // Промышленное и гражданское строительство, 2012. № 4. – С. 6–7.

139. Третьяк, А. Я. Техника и технология сооружения гидрогеологических скважин : учебник для вузов. – Ростов-на-Дону, 2006. – 410 с.

Приложение А

Акты внедрения

УТВЕРЖДАЮ

Начальник УКС

Администрации

г. Северска

В. П. Базыкин



Акт внедрения научно-технической продукции

от 30.03.98 г.

На скважине № 1 водозабора № 1 г. Северска Томской обл., принадлежащей Северскому водоканалу, в период с 20.10.97г. по 20.11.97 произведены экспериментальные работы по монтажу полимерного скважинного фильтра "Экотон", разработанного и изготовленного научно-производственной фирмой "Экотон" совместно с научно-внедренческим предприятием "Родник".

Работы производились на артезианской скважине, выведенной из эксплуатации в 1969 году из-за обильного пескования, вызванного нарушением целостности фильтровой колонны, в результате чего ствол скважины был полностью запескован. Скважина была выведена из числа эксплуатационных и в течение 28 лет не использовалась.

В результате создания экономичных, легких, прочных *фильтров и* главное, исключающих возможность проникновения через них мелко-зернистых водоносных песков, появилась возможность восстановить эту скважину и тем самым провести эксперимент, использование результатов которого, наряду с химическим декольматированием, позволило бы продливать срок эксплуатации практически любым водозаборным скважинам.

Работы по установке полимерного фильтра "Экотон" в тело запескованной скважины производились НВП "Родник" по собственно-разработанной технологии и по заказу УКСа Администрации г. Северска.

Скважина принята в эксплуатацию актом от 24.12.97г. после месячного испытания и первоначально нагружена на 70 м³/час при установке насоса ЭУВ10-120-63 на уровне 37м. При данном расходе пескование отсутствовало.

На протяжении 4-х месячной эксплуатации дебит скважины постепенно увеличил~~ь~~ до 90 м³/час, который устойчиво находится на этой отметке при полном отсутствии пескования. Динамический уровень при этом составляет 30м, статический 18м. Таким образом удельный дебит равен 2 л/сек, что является более чем удовлетворительным показателем.

- ПРИЛОЖЕНИЕ: 1. Акт приемки в постоянную эксплуатацию
2. Паспорт выведений из строя скважины

Директор НВП "Родник"

А.И. Кармалов
А.И. Кармалов

Директор МУ Северский
водоканал

Е.Е. Сиволов
Е.Е. Сиволов

МУНИЦИПАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
«НЕВЕРСКИЙ СЕЛЬСОВЕТ»

А К Т

О внедрении и экономической эффективности технологии комплексной регенерации
водозаборной скважины ВД-254

Настоящий акт подтверждает, что в июне 2016 г. по технологии регенерации, разработанной Кармаловым А.И., а именно по комплексному обследованию 1 водозаборной скважины №ВД-254 и восстановлению с использованием методов реагентной регенерации и дезинфекции в с. Невер, Амурской области Сковородинского района, с. Невер на объекте "Водозабор для хозяйственно-питьевых нужд с. Невер" были проведены следующие работы:

1. Анализ и выявление реальных причин снижения дебита и коррозии оборудования, с обоснованием методов ремонта и восстановления производительности эксплуатируемой скважине;
2. Анализ причин ухудшения органолептических свойств и бактериологических показателей исходной воды, разработка плана обработки ствола скважины;

В результате посредством выполнения регенерационных и дезинфицирующих мероприятий на артезианской скважины №ВД-254 был достигнут экономический эффект, позволивший, обеспечить хоз.- питьевое водоснабжение с. Невер, в достаточном объеме на период выполнения работ по изысканиям, и проектированию расширения водозабора, посредством бурения новых скважин. Так же с учетом работы восстановленной скважины стало возможно принять техническое решение о сокращении числа проектных скважин и уменьшения сметного расчета на 1 единицу, что в данных сложных геологических условиях (XII группа пород по буримости), составляет 4 147 125. рублей. (Приложение 1).

21.04.2022 г.

Глава Неверского сельсовета

М.П.

А.А.Королев





**ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ
БУРОВАЯ КОМПАНИЯ**
БУРЕНИЕ АРТЕЗИАНСКИХ СКВАЖИН НА ВОДУ

РОССИЯ

Общество с ограниченной ответственностью
«Дальневосточная буровая компания»
675000, Амурская область, г. Благовещенск,
ул. Чайковского, 64, пом. 1-3
ИНН/КПП 2801144858/280101001
ОГРН 1092801008508 ОКПО 61397849
тел.: 8(4162) 77-07-39
e-mail: info@burvod28.ru

«02» апреля 2021 г. № 46/21

на № _____ от « _____ » _____ 20 _____ г.

КОММЕРЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

ООО «Дальневосточная буровая компания» направляет предложения на выполнение проектных работ и строительство разведочно-эксплуатационных скважин на объекте: Амурская область п. Большой Невер.

№п/п	Наименование работ/услуг	Стоимость без НДС, руб.	Срок исполнения, мес.
1	Разработка проекта на проведение геологоразведочных работ. Сопровождение экспертизы проекта на проведение геологоразведочных работ, регистрация работ.	350 000,00	1,5
2	Размер государственной пошлины за экспертизу проекта на проведение геологоразведочных работ.	100 000,00	2,5
3	Бурение 3-х разведочно-эксплуатационных скважин глубиной 130 метров каждая (в стоимость работ включены бурение скважины, расходные материалы, командировочные, водоподъемное оборудование)	12 441 375,00	3,0
4	Оценка запасов с геологическим изучением недр. Составление геологического отчета с подсчетом запасов. Сопровождение экспертизы отчета. Регистрация скважины в Амурском филиале ФБУ «ТФГИ по Дальневосточному федеральному округу».	2 000 000,00	до 6
5	Размер государственной пошлины за экспертизу запасов подземных вод.	40 000,00	2,5
6	Геофизические исследования	331 500,00	3,0
7	Монтаж водоподъемного оборудования на существующую водозаборную скважину	361 166,00	1,0

С уважением,

Генеральный директор



И.В. Карпушевский

Исполнительный директор ООО «Томлесдрев»
В.В. Малофеев



УТВЕРЖДАЮ

АКТ № _____

о результатах восстановления работоспособности водопроводной скважины
путем регенерации

На территории площадки ООО «Томлесдрев» по состоянию на июль 2022 года размещались 4 неработоспособные скважины, которые не функционировали несколько лет.

Компанией рассматривался вопрос о бурении новых скважин. Были запрошены прейскуранты различных буровых компаний. При глубине скважины 120 м и диаметром 219-223 мм. стоимость установки 1 новой скважины ориентировочно составил 6 млн. руб. Итого 4 скважины обошлись бы порядка 24 млн. руб.

А.И. Кармалов предложил метод комплексного восстановления скважин путем регенерации с выявлением причин их неработоспособности с помощью видеодиагностики.

Работы по регенерации первой скважины показали отличные результаты. Работоспособность скважины восстановлена на 100%. При этом стоимость работ составила 1 млн. руб. (включая демонтаж и монтаж насоса, видео обследование и непосредственно регенерацию). Поэтапно на протяжении 6-ти месяцев была выполнена регенерация остальных 3 скважин. Их работоспособность полностью восстановлена.

Таким образом, экономическая эффективность от внедрения такой технологии составила около 20 млн. рублей.

Заместитель главного энергетика

Е.С. Устинова

Акт №07/23

30.10.23г

**О внедрении в эксплуатацию повышения
Эффективности использования подземных вод для целей
водоснабжения**

- 1) Настоящим подтверждается, что исследования Кармалова А.И. в г.Асино насчитывающего 25тысяч человек, использующего для хозяйственно-питьевых нужд артезианскую воду, для регенерации были применены 8 скважин.
- 2) В период с 2015- 2017г.г.из 11-ти существующих скважин, которые находились в эксплуатации более 20лет,дебит 8скважин значительно снизился, целесообразности в эксплуатации не было.
- 3) Комплексное восстановление скважин, с помощью методов, предложенных Кармаловым А.И. ,с применением фильтров из композитных материалов в условиях агрессивной среды, позволило и дальше эксплуатировать эти скважины с дебитом,незначительно отличающимся от первоначального (не менее 80%).
- 4) Экономический эффект от внедрения этой технологии на тот момент составил 4млн. рублей

Зам. директора МУП АГП «Асиновский водоканал»



Фурсов С.Н.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «ДМ-Сырный двор»

Л.В. Куленцова



АКТ № _____

Результатов диагностики причин суффозии скважины глубиной 100 м.
и работ по повышению ее производительности

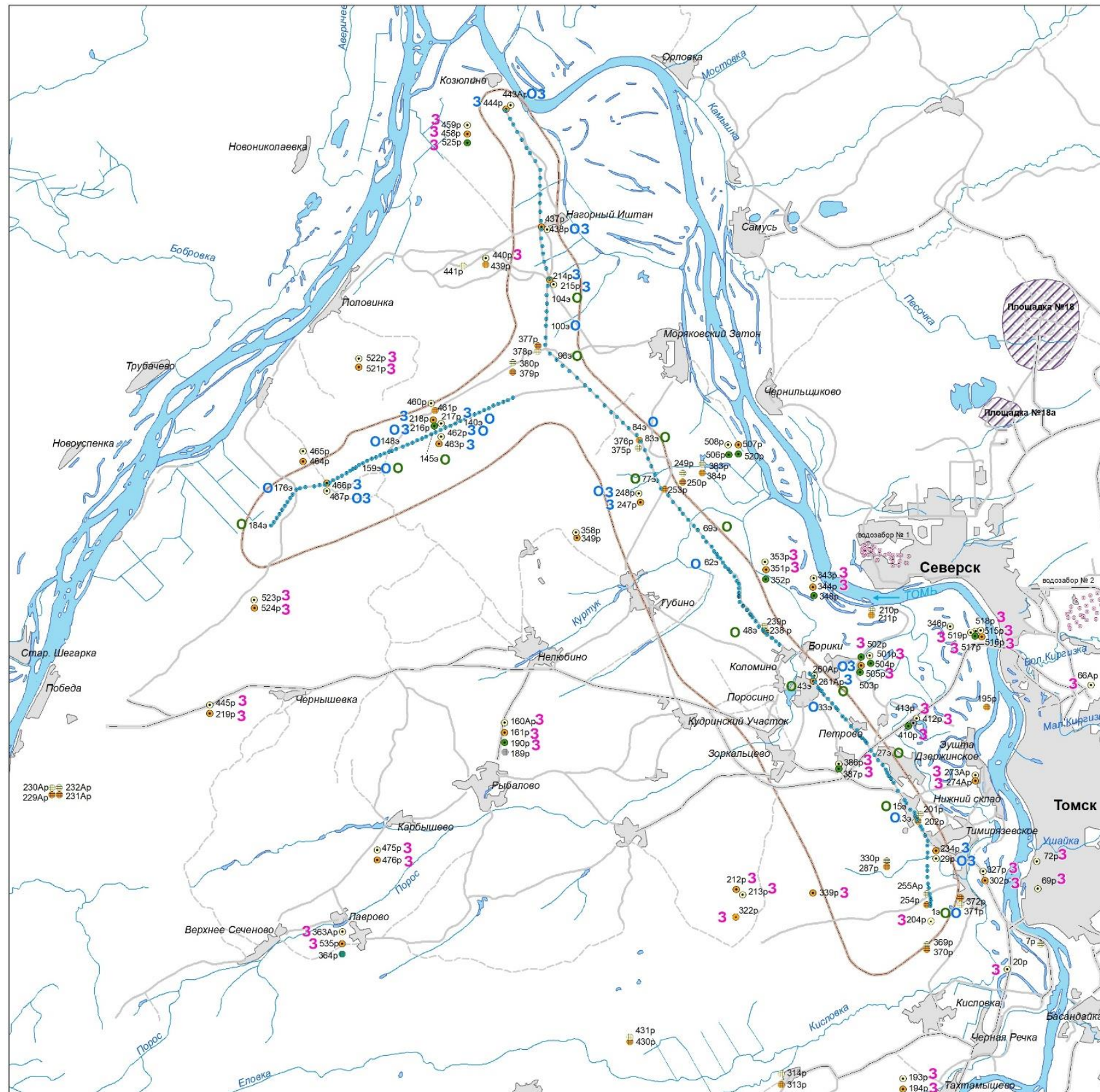
1. Настоящим подтверждается, что исследования, проведенные Кармаловым А.И. по устранению пескования двух скважин и восстановлению их производительности, были произведены в 2024 году.
2. В процессе восстановления производительности артезианских скважин, были применены методы теледиагностики и проанализированы причины снижения дебита и суффозии (пескования).
3. Для восстановления производительности скважин, Кармаловым А.И. были использованы современные отечественные материалы и конструкции элементов скважин.
4. Экономическая эффективность от запуска скважины в эксплуатацию с увеличением дебита оценивается в 5,6 млн. рублей, в связи с исключением необходимости бурения новой, строительства павильона и монтажа технологической обвязки.

Главный инженер

С.Ю. Хлебников

Приложение Б

Карта состояния эксплуатационных скважин и наблюдательной сети на территории Томского и Северских водозаборов



Условные обозначения:

Скважины

- 443Ap
 ● Наблюдательная и ее номер

Цвет обозначает возраст наблюдаемого водоносного комплекса

- верхнеолигоцен-четвертичный
 ● палеогеновый
 ● меловой
 ● палеозойский

текущее состояние наблюдательных скважин

- удовлетворительное
 ⊕ в консервации

Эксплуатационные

- 97э
 ● Томского водозабора, у знака номер скважины
 ● водозаборов №№ 1, 2 г. Северска

Работы, проведенные в 2023 году

- 3 замеры уровня подземных вод в скважине
 0 отбор проб воды

Цвет буквы обозначает:

- синий работы выполнены ООО "Томскгеомониторинг" по программе
 цвет - "Ведение мониторинга подземных вод на лицензионных участках
 пользования недрами ООО "Томскводоканал" (Томский водозабор)"
 зеленый работы выполнены ООО "Томскводоканал" по программе
 цвет - производственного контроля
 розовый работы выполнены Сибирским региональным центром ГМСН
 цвет - в рамках гос. задания по ведению государственного мониторинга
 состояния недр на территории Сибирского федерального округа

Прочие обозначения

- третий пояс зоны санитарной охраны Томского водозабора
 ⊕ полигоны глубинного захоронения ЖРО
 Рыбалово населенный пункт и его название
 ————— автодорога с усовершенствованным покрытием и шоссе
 ————— улучшенная грунтовая и проселочная дорога
 - - - - - полевая или лесная дорога

Приложение В
Конструкции эксплуатационных скважин

Таблица В.1 – Конструкции эксплуатационных скважин 1-го водозабора

№ п/п	№ скв. Глубина, м	Период бурения	Элементы конструкции					
			Крепление ствола			Фильтр		Интервал цементирования, м
			Назначение обсадной колонны	Диаметр, мм	Интервал, м	Диаметр, мм (тип)	Длина, м интервал, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<u>1</u> 122	20.12.65- 18.05.66	санитарная	609,6	0-30	254 (сетчатый)	56,8-78,9	0-30
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-60	203,2 (сетчатый)	105,3-115,9	-
			фильтровая	254	51,8-78,9			-
			203,2	78,9-122				
2	<u>1a</u> 116,2	01.07.97- 25.07.97	санитарная	426	0-61	273 (сетчатый)	62,8-83,2	0-61
			эксплуатационная	324	0-61			-
			фильтровая	273	61-116,2		104,7-114,2	-
3	<u>3</u> 83,6	н/д ¹	санитарная	500	0-21	219 (сетчатый)	61,5-79,5	0-21
			эксплуатационная	325	0-58			0-58
			фильтровая	219,1	50-83,6			-
4	<u>4</u> 94	16.04.91- 30.04.91	санитарная	530	0-11,5	273 (проволочный)	64,8-84,5	0-11,5
			эксплуатационная	426	+0,5-56			0-56
			фильтровая	273	+0,5-94			-
5	<u>5</u> 86	19.11.90- 14.04.91	санитарная	730	0-11	324 (проволочный)	64-80	0-11
				630	0-34			-
			эксплуатационная	530	0-64			0-64
			фильтровая	324	0-86			-

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	<u>6а</u> 86,5	10.01.95- н/д	санитарная	720	0-21,3	325 (сетчатый)	63,5-82,5	0-21,3
				630	0-37,5			-
			эксплуатационная	530	0-62,4			0-62,4
			фильтровая	325	+0,5-86,5			-
7	<u>6б</u> 90,5	19.12.73- 11.02.74	санитарная	609,6	0-30	304,8 (проволочный)	67,5-83,5	0-30
			эксплуатационная	508	0-60			0-60
			фильтровая	304,8	0-90,5			-
8	<u>7</u> 86	02.04.87- 30.04.87	санитарная	630	0-30	324 (проволочный)	60-84	-
			эксплуатационная	530	0-60			0-60
			фильтровая	324	0-86			-
9	<u>8</u> 120	17.05.66- 31.08.66	санитарная	609,6	0-30	203,2 (сетчатый)	68,2-79,2	0-30
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-65		89-110	-
			фильтровая	203,2	60,7-120			-
10	<u>9</u> 86	26.01.87- 26.02.87	санитарная	558,8	0-30	304,8 (проволочный)	61-83	0-30
			эксплуатационная	508	0-60			-
			фильтровая	304,8	0-86			-
11	<u>10</u> 90	н/д	санитарная	720	0-11,5	273 (сетчатый)	74-87	0-11,5
				630	0-31			0-31
				530	0-60			-
				377	0-69			-
			эксплуатационная	277	0-90			-
			фильтровая	273	0-90			-
12	<u>10а</u> 120	24.04.00- 04.07.00	санитарная	426	0-58	245 (сетчатый)	57,8-62,8	0-58
			эксплуатационная	324	0-56,6		71,8-84,8	-
			фильтровая	245	56,5-120		99,8-111,8	-

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	<u>11a</u> 120	н/д	санитарная	609,6	0-25	203,2 (сетчатый)	63-85,3	0-25
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-64		94,6-115	-
			фильтровая	203,2	54,7-120			-
14	<u>116</u> 90	12.02.74- 04.04.74	санитарная	630	0-29	325 (проволочный)	75,5-80,5	0-29
				529	0-60			0-60
			эксплуатационная	426	0-69		69-73	-
			фильтровая	325	0-90			-
15	<u>12</u> 85	14.04.88- 13.06.88	санитарная	630	0-30	324 (проволочный)	63-80	0-30
			эксплуатационная	530	0-60			-
			фильтровая	324	0-85			-
16	<u>13</u> 88	18.01.88- 07.04.88	санитарная	630	0-30	325 (проволочный)	66-87	0-30
				530	0-58			0-58
			эксплуатационная	426	0-66			-
			фильтровая	325	0-88			
17	<u>14</u> 90	н/д	санитарная	720	0-23	273 (сетчатый)	74-86	0-23
			эксплуатационная	530	0-58			-
			фильтровая	273	0-90			-
18	<u>14a</u> 90	29.05.01- 21.06.01	санитарная	426	0-50	245 (сетчатый)	66,8-85,5	0-50
			эксплуатационная	325	0-48		94,9-115	-
			фильтровая	245	48-120			-
19	<u>15</u> 122	н/д	санитарная	609,6	0-20	203,2 (сетчатый)	100,9-119,6	0-20
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-93			-
			фильтровая	203,2	85,8-122			

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	<u>16</u> 90	10.08.76- 21.09.76	санитарная	720	0-30	325 (проволочный)	63,8-83,5	0-30
				530	0-60			0-60
			эксплуатационная	426	0-66			-
			фильтровая	325	0-90			-
21	<u>17</u> 150	01.09.66- 23.11.66	санитарная	609,6	0-35	254 (сетчатый)	70,3-90	0-35
				508	0-62			0-62
			эксплуатационная	406,4	0-68		110-120	-
			фильтровая	254	60,3-125			-
22	<u>17a</u> 123	26.03.85- 26.06.85	санитарная	600	0-30	219 (сетчатый)	61,5-88	0-30
				500	0-60			0-60
			эксплуатационная	426	0-93		106,5-115,5	-
			фильтровая	219	51,5-123			-
23	<u>18</u> 122	16.01.98- 04.02.98	санитарная	426	0-60,5	273 (сетчатый)	65,4-89,9	0-60,5
			эксплуатационная	324	0-62,6		104,8-120	-
			фильтровая	273	62,6-122			-
24	<u>19</u> 88	10.06.87- 31.07.87	санитарная	630	0-30	325 (проволочный)	66-87	0-30
			эксплуатационная	530	0-60			-
			фильтровая	325	0-88			-
25	<u>20</u> 122	22.04.97- 08.06.97	санитарная	426	0-62	273 (сетчатый)	61,8-87,1	0-62
			эксплуатационная	324	0-59,1		101,6-117	-
			фильтровая	273	59,1-122			-
26	<u>21</u> 87	18.06.62- 01.09.62	санитарная	609,6	0-20	196 (сетчатый)	67,3-83	0-20
			эксплуатационная	406,4	0-57			0-57
			фильтровая	196	49,7-87			-

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	<u>21a</u> 90	24.05.76- 02.08.76	санитарная	700	0-30	325 (проволочный)	60-83	0-30
			эксплуатационная	530	0-60			-
			фильтровая	325	0-90			-
28	<u>22</u> 120	н/д	санитарная	426	0-60,1	225 (сетчатый)	67,9-84,5	0-60,1
			эксплуатационная	325	0-58,5			-
			фильтровая	245	111,1-120		94,2-111,1	-
				225	58,5-111,1			-
29	<u>23</u> 92	05.09.62- 27.10.62	санитарная	508	0-24	203,2 (сетчатый)	65,6-73,6	0-24
			эксплуатационная	406,4	0-60		75,6-88	-
			фильтровая	203,2	50,2-92			-
30	<u>24</u> 92	18.01.63- 23.03.63	санитарная	508	0-25	203,2 (сетчатый)	42,9-92	0-25
			эксплуатационная	406,4	0-50			-
			фильтровая	203,2	42,9-92			-
31	<u>25</u> 87	25.03.63- 13.06.63	санитарная	508	0-22	203,2 (сетчатый)	68-84	0-22
				406,4	0-42			0-42
			эксплуатационная	304,8	0-68			-
			фильтровая	203,2	0-87			-
32	<u>25a</u> 90	08.04.76- 21.05.76	санитарная	700	0-30	325 (проволочный)	63,5-83	0-30
				530	0-60			0-60
			эксплуатационная	426	0-63			-
			фильтровая	325	0-90			-

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
33	<u>26</u> 90	15.04.74- н/д ¹⁰	санитарная	609,6	0-29	325 (проволочный)	68-72,5	0-29
			эксплуатационная	508	0-60			-
			фильтровая	384	0-68		76,5-81,5	0-68
34	<u>26а</u> 120	17.05.00- 08.06.00	санитарная	426	0-50,8	273 (сетчатый)	61,5-79,4	0-50,8
			эксплуатационная	324	0-49,6		90,1-107,1	-
			фильтровая	273	49,6-120			-

¹⁰ Нет данных

Таблица В.2 – Конструкции эксплуатационных скважин Водозабора № 2

№ п/п	№ скв. Глубина, м	Период бурения	Элементы конструкции					
			Крепление ствола			Фильтр		Интервал цементирования, м
			Назначение обсадной колонны	Диаметр, мм	Интервал, м	Диаметр, мм (тип)	Длина, м интервал, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<u>1</u> 120	23.11.66- 25.01.67	санитарная	800	0-9	219 (сетчатый)	68,3-85	0-9
				700	0-33			0-33
				500	0-60			0-60
			эксплуатационная	426	0-70		105-115	-
			фильтровая	278/219	60-120			-
2	<u>1a</u> 90	14.06.97- 13.08.97	санитарная	530	0-21,7	325 (сетчатый)	46,5-73	0-21,7
			эксплуатационная	426	0-33,2			0-33,2
			фильтровая	325	0-81	219 (сетчатый)	81-90	-
				219	73-90			
3	<u>2</u> 120	14.04.66- 06.08.66	санитарная	609,6	0-33	195 (сетчатый)	65-85	0-33
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-65		104-112	-
			фильтровая	195	56,5-120			
4	<u>3</u> 120	н/д	санитарная	609,6	0-32	203,2 (сетчатый)	71-90	0-32
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-70		104,8-111	-
			фильтровая	203,2	66-120			
5	<u>4</u> 90,4	24.03.67- 31.05.67	санитарная	609,6	0-32	203,2 (сетчатый)	68-80	0-32
			эксплуатационная	508	0-60			-
			фильтровая	203,2	50-90,4			-

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	<u>4a</u> 120	27.02.00- 30.03.00	санитарная	426	0-70	273 (сетчатый)	69,5-82,7	0-70
			эксплуатационная	324	0-66		87,8-99,7	-
			фильтровая	273	66-119,5		105,3-110,3	-
7	<u>5</u> 120	28.08.69- 17.10.69	санитарная	609,6	0-30	219 (сетчатый)	69-83	0-30
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-68			101-110
			фильтровая	203,2	54-69			
					83-104			
110-120								
8	<u>6</u> 100	01.03.82- 17.03.82	санитарная	406,4	0-74	304,8 (проволочный)	74-93	0-74
			фильтровая	304,8	0-100			-
9	<u>7</u> 120	16.06.66- 19.09.66	санитарная	660,4	0-30	203,2 (сетчатый)	67-84	0-26
				508	0-60			0-56
			эксплуатационная	406,4	0-67	152,4 (сетчатый)	100-111	-
			фильтровая	203,2	61-100			
152,4	100-120							
10	<u>8</u> 110	21.04.86- 16.05.86	санитарная	508	0-24	254 (проволочный)	75,9-80,4	0-24
			эксплуатационная	355,6	0-66			0-66
			фильтровая	254	54,8-105			88,7-97
11	<u>8</u> 116	01.07.68- 22.08.68	санитарная	609,6	0-30	203,2 (сетчатый)	75-87	0-30
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-72		94-101	-
			фильтровая	203,2	68-116			
12	<u>9</u> 120,4	24.11.99- 11.12.99	санитарная	426	0-62	273 (сетчатый)	71,4-80,4	0-62
			эксплуатационная	324	0-57,3		89,7-104,4	
			фильтровая	273	57,3-120,4		109,4-116	

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	<u>9</u> 120	26.01.67- 28.03.67	санитарная	700	0-37	217 (сетчатый)	70-85	0-37
				500	0-60		105-115	0-60
			эксплуатационная	400	0-70			-
			фильтровая	217	60-120			
14	<u>10</u> 100	01.09.84- 21.09.84	санитарная	508	0-12	254 (проволочный)	71-94	0-12
			эксплуатационная	406,4	0-70			0-70
			фильтровая	254	50-100			-
15	<u>10</u> 120	19.10.67- 16.01.68	санитарная	609,6	0-30	203,2 (сетчатый)	59,1-79	0-30
			эксплуатационная	508	0-60		101-107	-
			фильтровая	203,2	50,2-120			-
16	<u>10a</u> 98,8	30.10.97- 06.04.98	санитарная	530	+0,5-11,4	325 (сетчатый)	58,1-76,8	0-10
			эксплуатационная	426	+0,5-38,2		85,6-91,9	0-38,2
			фильтровая	325	0-98,8			-
17	<u>11</u> 120	15.08.66- 24.10.66	санитарная	609,6	0-30	203,2 (сетчатый)	68,4-85,6	0-30
				508	0-60			101,5-112
			эксплуатационная	406,9	0-67		-	
18	<u>11</u> 102	20.03.82- 13.04.82	санитарная	406,4	0-60	304,8 (проволочный)	63-78	0-60
			фильтровая	304,8	0-102			-
19	<u>12</u> 120	11.02.66- 30.04.66	санитарная	609,6	0-30	203,2 (сетчатый)	60-81	0-30
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-60			0-60
			фильтровая	203,2	51-120			-
20	<u>13</u> 95	17.03.86- 11.04.86	санитарная	508	0-12	254 (проволочный)	63-85	0-12
			эксплуатационная	406,4	0-60			0-60
			фильтровая	254	49,2-95			-

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	<u>13</u> 120	26.03.68- 30.05.68	санитарная	609,6	0-34	203,2 (сетчатый)	62-90	0-34
			эксплуатационная	508	0-60			-
			фильтровая	203,2	54-120			-
22	<u>14</u> 101	01.10.84- 19.10.84	санитарная	508	0-12	254 (проволочный)	75-95	0-12
			эксплуатационная	406,4	0-70			0-70
			фильтровая	254	54-101			-
23	<u>14</u> 121,5	26.01.66- 25.04.66	санитарная	609,6	0-32	203,2 (сетчатый)	72,9-83,2 92,7-100 105,7-110,5	0-32
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-72			-
			фильтровая	203,2	65,9-121,5			-
24	<u>15</u> 92	26.06.69- 26.08.69	санитарная	609,6	0-30	203,2 (сетчатый)	61,6-78	0-30
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-62			-
			фильтровая	203,2	54,6-92			-
25	<u>16</u> 110	01.04.68- 30.06.68	санитарная	609,6	0-30	203,2 (сетчатый)	62-80	0-30
			эксплуатационная	508	0-60			-
			фильтровая	203,2	51-110			-
26	<u>16а</u> 129	н/д	санитарная	426	+0,6-62	325 (сетчатый)	76-92	0-62
			фильтровая	325	+06-120		97-109	-
27	<u>17</u> 120	02.08.66- 01.11.66	санитарная	609,6	0-34	203,2 (сетчатый)	53,5-70 86-93	0-34
				508	0-53			0-53
			эксплуатационная	406,4	0-53			-
			фильтровая	203,2	47,7-120			-
28	<u>17а</u> 85	23.06.88- 15.08.88	санитарная	630	0-30	324 (проволочный)	60-78	0-30
			эксплуатационная	530	0-60			-
			фильтровая	324	0-85			-

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	<u>176</u> 120	23.03.04- 22.04.04	санитарная	426	0-48,5	219 (сетчатый)	48,8-56,3	0-48,5
			эксплуатационная	325	0-46,7		59,4-65,4	-
							67-76,9	-
							87,8-95,3	-
фильтровая	219	46,3-120	104,7-109,8	-				
30	<u>18</u> 108	16.06.86- 07.07.86	санитарная	508	0-24	254 (проволочный)	66,5-90,5	0-24
			эксплуатационная	406,4	0-64			0-64
			фильтровая	254	47,5-108			-
31	<u>18</u> 120	04.11.67- 25.01.68	санитарная	609,6	0-32	203,2 (сетчатый)	55-80	0-32
			эксплуатационная	508	0-55			-
			фильтровая	203,2	50-120			-
32	<u>19</u> 116	28.08.68- 01.11.68	санитарная	609,6	0-33	203,2 (сетчатый)	65-82	0-33
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-65		98-111	-
			фильтровая	203,2	58-116			-
33	<u>20</u> 120	15.01.68- 01.04.68	санитарная	609,6	0-33	203,2 (сетчатый)	102-114	0-33
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-90			-
			фильтровая	203,2	86-120			-
34	<u>21</u> 85	23.06.88- 15.08.88	санитарная	630	0-30	324 (проволочный)	60-78	0-30
			эксплуатационная	530	0-60			-
			фильтровая	324	0-85			-

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	<u>21a</u> 119,8	н/д ¹¹	санитарная	426	0-60	325 (сетчатый)	60-68,9	0-60
							71,9-79	
			фильтровая	325	0-111		84-93	-
							102-111	
36	<u>22</u> 120	26.01.68- 08.04.68	санитарная	609,6	0-32	203,2 (сетчатый)	72,9-95	0-28
				508	0-60			0-60
			эксплуатационная	406,4	0-73		101-109	-
			фильтровая	203,2	67,9-120			-
37	<u>22</u> 87	14.06.84- 04.09.84	санитарная	508	0-12	254 (проволочный)	71-86	0-12
			эксплуатационная	406,4	0-60			0-60
			фильтровая	254	49-87			-

¹¹ Нет данных

Приложение Г

Микробиологический состав подземных вод

Таблица Г.1 – Микробиологический состав подземных вод Северского водозабора № 1 (2000-2001 г.г.)

№№ ПП	№№ скважин	Дата отбора	Мезофильные	Уробак-	Гетеро-	Аммонифи-	Нефтеки-	Денитрифи-	Нитрифици-	Сульфатреду-	Общее число микробов	
			сапрофиты	терии	трофы	цирующие	слюющие	цирующие	цирующие	цирующие		
кл/мл											баллы	кл/мл
1	1	08.00	120	340	250	210	100	1000	100	10000	15	14160
2	1	11.00	10	140	50	30	50	10	100	10000	12	12970
3	1	04.01	0	120	500	0	0	10	100	1000	15	1780
4	1а	08.00	30	210	140	0	70	100	10	100	15	1060
5	1а	12.00	0	60	60	0	50	10	100	10	6	260
6	1а	04.01	27	40	110	0	0	10	100	100	12	630
7	2	08.00	50	40	220	20	470	0	100	10	8	1680
8	2	11.00	0	0	230	0	330	0	10	10	6	1460
9	3	08.00	30	0	900	180	100	100	100	0	0	3310
10	3	11.00	0	110	20	60	50	1000	10	10	3	1860
11	3	04.01	10	150	230	80	0	1000	100	10	6	1920
12	4	08.00	50	400	810	1200	350	0	100	10	4	6400
13	4	11.00	30	100	70	380	110	0	10	0	0	1730
14	4	04.01	0	60	180	210	0	0	0	0	0	610

Продолжение таблицы Г.1

15	6a	08.00	70	30	11000	140	0	100	0	1000	15	3320
16	6a	11.00	0	0	620	100	0	100	0	1000	10	2600
17	6a	04.01	50	0	120	40	0	100	10	1000	12	1540
18	7	08.00	50	280	430	150	600	100	10	1000	12	3880
19	7	11.00	0	0	130	30	10	100	100	1	7,5	890
20	7	11.00	20	0	190	0	400	100	100	100	6	1630
21	8	08.00	60	30	1590	40	300	10000	0	100	12	16700
22	8	11.00	0	10	40	20	720	10000	0	1000	15	12380
23	8	04.01	10	0	100	0	0	1000	10	100	8	1480
24	66	08.00	30	60	640	240	110	100	100	100	12	5670
25	66	11.00	0	10	510	110	0	100	100	100	10,5	5690
26	66	04.01	10	140	2160	480	50	100	100	100	12	4570
27	9	08.00	70	210	1250	260	380	100	100	100	12	6900
28	9	11.00	20	50	360	110	50	100	10	10	8	3680
29	9	04.01	0	30	280	110	0	100	0	0	0	1980
30	11a	08.00	340	520	3200	490	0	1000	10	10000	15	17110
31	11a	11.00	0	380	10	130	0	1000	0	10000	15	12870
32	116	04.01	60	120	4600	440	0	100	10	100	6	17500
33	12	08.00	40	0	250	80	0	100	100	100	8	28780
34	12	11.00	0	0	210	0	0	100	100	100	6	8260

Продолжение таблицы Г.1

35	12	04.01	0	0	50	0	0	100	10	100	6	3660
36	13	08.00	70	0	1950	20	230	1000	10	10	12	4620
37	13	11.00	250	130	4860	160	940	1000	10	10	10	9730
38	13	04.01	140	250	7800	240	0	100	10	10	6	9560
39	14	08.00	1800	0	250	1910	830	10000	0	1000	15	30870
40	14	11.00	2180	50	24600	6810	670	100000	0	1000	15	236130
41	14	04.01	0	0	13920	2730	440	10000	10	1000	12	57300
42	15	08.00	3750	600	50	0	0	100	0	10	10	4650
43	15	11.00	10	20	1530	190	0	1000	0	1000	12	4250
44	15	04.01	280	160	6400	240	0	1000	10	1000	12	11300
45	16	08.00	40	0	140	400	0	100	0	10	3	4800
46	16	11.00	30	90	360	100	0	100	0	0	0	3620
47	16	04.01	440	120	2000	320	0	100	10	10	6	4120
48	17	08.00	40	90	80	680	6330	10	100	10	7,5	8750
49	17	11.00	0	0	10	30	590	10	100	100	15	2060
50	17	04.01	30	30	120	0	0	10	100	100	15	1320
51	17a	08.00	30	420	80	20	3000	100	0	10000	15	15650
52	17a	04.01	0	660	3000	0	820	100	10	1000	15	6730
53	18	08.00	0	90	110	330	360	100	0	1000	15	1940
54	18	12.00	80	170	690	180	400	100	10	10000	10	12880

Продолжение таблицы Г.1

55	18	04.01	0	30	540	400	0	100	100	10000	8	13740
56	19	08.00	20	120	90	300	250	100	10	10000	15	12350
57	19	12.00	0	0	50	60	760	0	10	10000	15	12610
58	19	04.01	0	0	90	130	550	0	10	10000	10	12940
59	20	08.00	0	0	540	0	1040	10	0	10000	15	21270
60	20	12.00	0	0	110	0	5820	0	100	0	0	14440
61	20	04.01	0	0	140	0	1200	10	100	0	0	2170
62	23	08.00	10	0	170	0	0	10	0	100	10	1240
63	23	12.00	0	70	0	20	0	10	0	100	15	290
64	23	04.01	60	30	330	0	0	0	0	100	10	610
65	24	08.00	0	0	340	830	1900	10	10	10	6	3860
66	24	12.00	10	30	750	660	1240	10	10	10	6	4760
67	24	04.01	0	30	4800	5200	960	10	10	10	8	12800
68	25	08.00	10	40	40	0	1770	10	0	10	12	16390
69	25	12.00	10	0	570	0	920	10	0	10	12	8830
70	25	04.01	10	0	20	0	210	10	0	10	6	670
71	25a	08.00	80	0	1740	0	0	0	0	10	7,5	2200
72	25a	12.00	10	370	0	0	0	0	0	10	8	1010
73	25a	04.01	0	0	370	200	0	0	0	10	6	880
74	26	08.00	0	1100	1200	260	970	100	10	1000	12	16810
75	26	12.00	0	5700	530	120	0	100	0	100	10,5	7490
76	26	04.01	0	330	430	580	0	100	0	100	12	1640

Приложение Д
Плотность растворов соляной кислоты

Плотность растворов соляной кислоты (HCl) при 20°C [133]

ПЛОТНОСТЬ Г/МЛ	%	Г/Л	МОЛЬ/Л
1,0032	1	10,03	0,2751
1,0082	2	20,16	0,5529
1,0132	3	30,40	0,8338
1,0181	4	40,72	1,1170
1,0230	5	51,15	1,4030
1,0279	6	61,67	1,6910
1,0328	7	72,30	1,9830
1,0376	8	83,01	2,2770
1,0425	9	93,83	2,5730
1,0474	10	104,7	2,8720
1,0524	11	115,8	3,1760
1,0574	12	126,9	3,4800
1,0625	13	138,1	3,7880
1,0675	14	149,5	4,1000
1,0726	15	160,9	4,4130
1,0776	16	172,4	4,7280
1,0827	17	184,1	5,0490
1,0878	18	195,8	5,3700
1,0929	19	207,7	5,6970
1,0980	20	219,6	6,0230

ПЛОТНОСТЬ Г/МЛ	%	Г/Л	МОЛЬ/Л
1,1032	21	231,7	6,3550
1,1083	22	243,8	6,6870
1,1135	23	256,1	7,0240
1,1187	24	268,5	7,3650
1,1239	25	281,0	7,7070
1,1290	26	293,5	8,0500
1,1341	27	306,2	8,3980
1,1392	28	319,0	8,7490
1,1443	29	331,9	9,1030
1,1493	30	344,8	9,4570
1,1543	31	357,8	9,8130
1,1593	32	371,0	10,1800
1,1642	33	384,2	10,5400
1,1691	34	397,5	10,9000
1,1740	35	410,9	11,2700
1,1789	36	424,4	11,6400
1,1837	37	438,0	12,0100
1,1885	38	451,6	12,3900
1,1933	39	465,4	12,7600
1,1980	40	479,2	13,1400

Приложение Е

Акт восстановления работоспособности скважины

УТВЕРЖДАЮ:
 Главный инженер
 ООО «Томскводоканал»
 А.Н. Колосюк
 " 01 " 04 2024 г.



ООО «Томскводоканал»
ИНН 7017270664
ОГРН 110701701758
ТОМСК • РОССИЯ

АКТ

о восстановлении работоспособности скважин после проведения химреагентной обработки и установке дополнительных фильтров.

" 01 " 04 2024 г.

1. Проведение химреагентной обработки скважин порошкообразными реагентами, а также соляной кислотой. (Табл.1)

Таблица 1. Сравнительная таблица показателей производительности скважины до и после проведения ХРО

Сравнительная таблица показателей производительности скважины до и после проведения ХРО										
№ Скважины	Год проведения ХРО	Метод проведения ХРО	Нст		Ндин		Q м ³ /час		Удельный дебит м3/час/м	
			до	после	до	после	до	после	до	после
7	2019	Бисульфат натрия	24,5	22,65	55,05	53,75	43	60	1,4	1,92
15	2013	Бисульфат натрия	14,75	15,35	57,3	37,3	34	80	0,79	3,64
22	2017	Бисульфат натрия	9,5	6,8	25,65	24,2	90	109	5,24	6,26
27	2021	Соляная кислота	20,2	20,2	66,6	41,1	52	75	1,12	3,58
33	2017	Бисульфат натрия	19,45	17,3	56,6	47,35	80	96	2,15	3,19
71	2020	Бисульфат натрия	22,85	22,95	59,7	59	74	82	2	2,27

2. Установка дополнительного полимерного фильтра на скважинах для устранения пескования. (Табл.2)

Таблица 2 Сравнительная таблица показателей производительности скважин до и после установки дополнительных фильтров.

№ Скважины	Год установки	Диаметр доп.фильтра (интервал установки) Материал.	Нст		Ндин		Q м³/ч		Удельный дебит	
			до	после	до	после	до	после	до	после
15	2013	325 мм. (65,70-85,70 м.) Полимерный	14,75	15,35	57,3	37,3	34	80	0,79	3,64
22	2017	168 мм. (71-87 м.) Полимерный	9,5	6,8	25,65	24,2	90	109	5,24	6,26
33	2017	182 мм. (65,5-97,5 м.) Полимерный	17,6	18,9	45,8	49,35	50	96	1,77	3,15
45	2001	219 мм. (66-87,50 м.)	14,95	15,1	43,5	47,5	42	72	1,47	2,22
48	2004	168 мм. (67-87 м.) Полимерный	16,8	17	42,1	40,75	80	80	3,16	3,36
58	2006	168 мм. (75-98 м.) Полимерный	13,4	13,3	34	27,75	72	65	3,49	4,49
92	2010	168 мм. (122,50-148,50 м.) Полимерный	39,6	37,3	69,6	65,75	60	80	2	2,81
122	2004	172 мм. (135-159 м.) Полимерный	38,2	38,6	49,4	46,05	72	72	6,42	9,66

Гидрогеолог ЦВ Нейфельд В.В.

Гидрогеолог ЦВ Нейфельд П.В.

Инженер-технолог Чулков Д.Г.

Согласовано: Начальник ЦВ Гончаров О.Ю.

Приложение Ж

Заключение

Заключение по результатам телеинспекции скважины I-9.

Объект: «Геологическое изучение и переоценка запасов подземных вод на участке недр, включающий два водозаборных участка Северского месторождения питьевых подземных вод: водозабор №1 и водозабор №2 с целью добычи подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и технологического обеспечения водой объектов промышленности города Северска, расположенного в г. Северске Томской области»
Лицензия ТОМ 02148 ВЭ от 08.09.2017

Видеообследование скважины проведено системой телеинспекции скважин jProbe LONG с моторизованным барабаном (ООО «ДЖЕНЕРАЛ ОПТИКС»).

В результате видеообследования скважины получены следующие данные:

Статический уровень подземных вод отмечается на глубине около 11 м. Эксплуатационный дебит скважины 50 м³/ч



На стенках обсадных труб отмечаются незначительные отложения и вторичные образования. Обнаружен установленный дополнительный фильтр.





Заключение составил:

Фамилия И.О. Четвергов Д.Н.

Должность начальник ОГГИ

Организация ООО «Томскгеомониторинг»

Подпись 

Дата 25.12.2023

Заместитель директора
ООО «Томскгеомониторинг»



Н.А. Семенов

Приложение И

Стоимость работ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК
 НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 (СИБСТРИН)



Для оценки экономической эффективности полного комплекса регенерационных работ включая реагентную обработку эксплуатационных скважин проанализированы локальные сметные расчеты на выполненные в 2 квартале 2023 г. работы.

Визуальное обследование водозаборных (артезианских), выполнение телеметрии, (телевизионное исследование ствола скважины), с целью определения объема предстоящих работ и целесообразности их выполнения. Стоимость телевизионного обследования скважины глубиной 40 м. составляет 107.534 руб. 22 коп.
 Демонтажно – монтажные работы с учетом материалов, стоимость составляет - 74.890руб.6 коп.;
 Проведение извлечения посторонних предметов с последующей телеметрией – 90.464 руб.00 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 50 м без фильтра, бисульфатом натрия – 682.171 руб. 6 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 50 м без фильтра, раствором технической соляной кислоты – 684417 руб. 14 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 50 м с фильтром, бисульфатом натрия – 691.021 руб. 24 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 50 м с фильтром, раствором технической соляной кислоты – 732.093 руб. 64 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 100 м без фильтра, бисульфатом натрия – 877220 руб. 4 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 100 м без фильтра, раствором технической соляной кислоты – 882.171 руб. 68 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 100 м с фильтром, бисульфатом натрия – 886.070 руб. 4 коп.;
 Регенерация скважины глубиной 100 м с фильтром, раствором технической соляной кислоты – 891.021 руб. 32 коп.;
 Регенерация скважины с. Боровое, глубиной 40 м, с установкой фильтра -1.183.292 руб. 00 коп.;

Бурение новой эксплуатационной скважины - 6.604184 руб. 28 коп.

Бурение новой водозаборной скважины, глубиной 80 м, в с. Плотниково, Новосибирской области – 2.455.007 руб.62 коп.;

Регенерация водозаборной скважины ТМ-890 с установкой дополнительного фильтра ПЭ100 и обсыпкой гравием межтрубного пространства по состоянию на 2 квартал 2022 г. – 822.559 руб.00 коп.

С скан-копиями локально-сметных расчетов можно ознакомиться после окончания презентации

Приложение К

Справка ПолиЭК

ОБЩЕСТВО
С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
308017, г. Белгород, ул. Рабочая, 14Д, ИНН/КПП 3123368270/312301001,
эл. адрес poliek31@yandex.ru
Банк: Филиал Банка ГПБ (АО) в г. Воронеж
Р/счет: 40702810900490001669 К/счет: 30101810220070000800
БИК: 042007800



Исх. № 16/01
от 16.01.2024

" Справка о внедрении научно-практических разработок Кармалов А.И."

Результаты научно-практических исследований Кармалова Александра Ивановича, приводимые на ряде отраслевых конференций, а также отраженные в производственно-технических и научно-практических журналах «Водоснабжение и санитарная техника», «Наилучшие доступные технологии», «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» позволили выработать востребованную технологию изготовления и применения фильтров для артезианских скважин, работающих в агрессивных условиях водоносных горизонтов, обусловленных техногенным воздействием и бактериальным составом подземных вод, а также подверженных пескованию. На основе разработок, обобщенных в монографии Кармалова А.И «Повышение эффективности сооружений водоснабжения» нами были предложены фильтры из композитных материалов, которые оказались востребованы в центральной и южной части России для целей практического использования при восстановлении скважин на воду. Получено экспертное заключение по результатам санитарно-эпидемиологической экспертизы на Стеклопластиковый фильтр с полимерной сеткой (приложение 1) и Технические условия ту 28.29.12-001-54655370-2023(приложение 2)

С Уважением

Директор ООО «ПолиЭК»



Коршев А.А.