XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

НОВЫЕ ИДЕИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

3 – 4 АПРЕЛЯ 2025 г.
МОСКВА

ТОМ 8

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Водоснабжения и водоотведение

МГРИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

УДК 082 + [550.8+553] (082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Новые идеи в науках о Земле: в 9 т. Материалы XVII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» - М.: Издательство МГРИ, 2025.

Т. 8: ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ / ред. коллегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. - М.: Издательство МГРИ, 2025 – 139 с.

ISBN 978-5-907595-10-1

УДК 082 + [550.8+553] (082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

ISBN 978-5-907595-08-8 (Том 8)

© РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 8. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ 5
Подсекция 8.1. Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения 5
Питателев М.В.*, Тагаева П.З., Арсеньев Д.В. Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения 5
Спасибо Е.В.*, Гогина Е.С., Гульшин И.А. Комбинированный метод удаления фосфора из сточных вод: влияние на технологические параметры биореактора 9
Бабкин В.В.*, Кондюрин Н.Ю., Гогина Е.С., Соколов Л.И. Очистка сточных вод аэропорта от противообледенительной жидкости 13
Гандурина Л.В., ШмытовД.Д*, Арашкевич В.В. Применяемые в очистке воды катионные полиэлектролиты – это коагулянты или флокулянты? 17
Гандурина Л.В., Ефремова П.Р.* Расчетные параметры коагуляционной очистки природных вод полиоксихлоридами алюминия 21
Дерюшев Л.Г., Павленко В.Д.*, Ширшов С.М. О совершенствовании мероприятий по бесперебойной подаче сточных вод насосными станциями систем водоотведения 25
Зверев С.А.*, Жуков Б.В., Петраш Е.П. Преимущества и недостатки частотного регулятора подачи воды в системах водоснабжения 29
Ишмухаметова Я.Г.*, Соколов Л.И. Оценка степени влияния сточных вод предприятий на водные объекты бассейна р. Уфы 33
Калюк К.Н.*, Гогина Е.С., Морозов Н.А. Применение АОР-технологий для снижения концентраций отходов фармацевтической промышленности в водных растворах 37
Кондюрин Н.Ю.*, Гогина Е.С., Спасибо Е.В. Очистка слабоконцентрированных сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах 41
Липатов В.С., Гогина Е.С. Перспективы модификации метода восстановления азота и фосфора из высококонцентрированных сточных вод посредством кристаллизации струвита 45
Сизов Д.Ю.*, Комаров Е.И. Оптимизация процесса водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе 49
Смирнова И.М.*, Соколов Л.И. Обоснование новой классификации сточных вод гальванического производства по принципу ресурсосбережения 53
Соколов Л.И., Петраш Е.П.* Бенчмаркинг нормативов качества питьевой воды 57
Дерюшев Л.Г., Павленко В.Д.*, Ширшов С.М. О проблемах экономии энергетических ресурсов при утилизации снежных масс 61
Ходеева А.А.*, Петраш Е.П., Гандурина Л.В. Характеристика стендовой установки «Фильтрация воды» и перспективы ее применения в учебном процессе 65
Экимов П.Ю.* Тепловое загрязнение мегаполисов – нарушение экологического равновесия – пластиковые дороги как возможное решение части вопросов 69
Подсекция 8.2. Гидрогеология 73
Бабин А.Н.*, Каримова О.А., Орешкин А.Э. Влияние водоотбора на активизацию интрузии морских вод на примере южной части острова Сахалин 73
Большаков И.С.*, Черепанский М.М. Условия формирования ресурсов подземных вод бассейна Верхнего Днепра 77
Булатова Д.И.*, Гараева А.Н., Баширов И.Д. Показатели качества минеральной воды "Нарзан": сравнительный анализ бутилированной и природной воды 81
Глухова С.А.*, Харитонова Н.А., Суханова Т.В. Влияние Клепиковского прогиба на гидрогеологические условия центральной части Мещерской впадины 85
Кокорева Д.Д.*, Мищенко М.В. Гидрогеологическое доизучение среднего масштаба по группе листов РФ (на примере листа N-37-II (Москва)) 89

Котович А.Д.*, Маринин А.Г. Оценка возможности использования недр Российской Федерации с целью создания подземных хранилищ нефти 93
Кушнерчук В.В.*, Скрипка А.А., Игнатенко Е.М. Некоторые проблемы развития подземного дренажного комплекса карьера Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева (КМА) 97
Мин О.С.*, Боронина Л.В. Исследование условий формирования ресурсов и режима подземных вод района Пакокку в Центральной Мьянме 101
Мусин Р.Х.* Формирование состава пресных подземных вод в поле развития пермских отложений в Республике Татарстан..... 105
Мусин Р.Х.*, Галиева А.Р. Гидрогеоэкологические условия Нижнекамской промзоны в Республике Татарстан 109
Павлова Ю.Э.*, Туруло М.М. Анализ влияния атмосферного давления на положение уровня подземных вод сеноманского водоносного горизонта на территории Сергиево-Посадского УНПП МГРИ..... 113
Пятов В.В.*, Дубровин К.А. Особенности применения данных дистанционного зондирования Земли при региональной гидрогеологической съемке в области криолитозоны на примере листа R-52 (Тикси)..... 117
Роженчиков В.Г.*, Абрамов В.Ю Краткий обзор методов локализации и очистки грунтов и подземных вод от углеводородного загрязнения 121
Романова В.Р.*, Черепанский М.М Проблема острого дефицита водных ресурсов в городах-курортах Краснодарского края..... 125
Сугакова К.К. Оценка защищённости подземных вод перспективного для постановки поисково-оценочных работ участка в районе города Оренбург 129
Азраков И.И.* Оценка влияния техногенного загрязнения почвы (грунтов) на качество подземных вод на территории бывшего завода ЗИЛ 132
Козлов Ю.А.*, Егоров Т.С., Кашина Н.П., Ершов В.В., Цымбаленко А.А., Перегудов Д.Ю. Гидрогеологическое картографирование Арктической зоны на примере полуострова Ямал 136

СЕКЦИЯ 8. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

Подсекция 8.1. Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения

Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения

Питателев М.В.* (ФГБОУ ВО «ЮГУ», pitatelev.matvei@gmail.com),
Тагаева П.З. (ФГБОУ ВО «ЮГУ», parviit1@mail.ru),
Арсеньев Д.В. (ФГБОУ ВО «ЮГУ», Arsenevdaniilold@gmail.com)

Аннотация

В данной статье рассматривается строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения которые соответствуют актуальным подходам и помогают сделать системы водоснабжения и канализации лучше.

Они делают их более эффективными, надёжными и безопасными для окружающей среды.

Ключевые слова

Водоснабжение, водоотведение, канализация, полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), поливинилхлорид (ПВХ)

Теория

Современные синтетические материалы, такие как полиэтилен, полипропилен и поливинилхлорид, широко используются в строительстве водопроводных и канализационных сетей благодаря своим свойствам:

Лёгкость – полимерные трубы обладают весом, который значительно меньше, чем у металлических. Это делает их более удобными в транспортировке, хранении и монтаже, а также позволяет сократить расходы на логистику и использование тяжёлой техники.

Долговечность – полимеры устойчивы к коррозии, что значительно увеличивает срок их службы. Металлические трубы со временем подвергаются ржавчине, а полимерные материалы сохраняют свои свойства на протяжении десятилетий.

Простота монтажа – трубы отличаются особой гибкостью и малым весом, что делает монтаж более удобным. Из-за этого прокладывать трубопроводы возможно даже в сложных условиях, где применение металлических труб было бы затруднительно.

Экологичность – полимерные материалы безопасны для использования в системах питьевого водоснабжения, поскольку они не выделяют вредных веществ в воду. Они так же могут быть подвергнуты переработке, что способствует снижению их воздействия на окружающую среду. [4]

Экономичность – использование таких труб снижает затраты на строительство и обслуживание систем, так же сокращают трудозатраты и время выполнения работ, уменьшают частоту ремонтов и замен, что снижает эксплуатационные расходы.

Бестраншейные технологии — это современные методы прокладки, ремонта и замены подземных коммуникаций, они позволяют избежать вскрытия поверхности. Эти технологии широко используются в строительстве водопроводных, канализационных, газовых и других инженерных сетей. Рассмотрим основные методы бестраншейных технологий и их преимущества.[5]

Горизонтальное направленное бурение (ГНБ) – представляет собой метод прокладки трубопроводов под землёй с применением специализированного оборудования.[1]

Преимущества:

1. Минимальное влияние на окружающую среду, что позволяет сохранить вид ландшафта, дорожного покрытия и зелёных насаждений.
2. Возможность прокладывать трубы под различными преградами, такими как реки, дороги и здания.
3. Ускорение сроков строительства и уменьшение стоимости работ.
4. Высокая точность прокладки благодаря применению современных навигационных систем.

Микротоннелирование – представляет собой метод прокладки трубопроводов без проведения земляных работ. Для этого используются специализированные проходческие щиты и трубы большого диаметра.

Преимущества:

1. Возможность прокладки трубопроводов на значительной глубине и в сложных грунтовых условиях.
2. Высокая точность направления: отклонение составляет не более нескольких миллиметров.
3. Минимальное воздействие на поверхность и близлежащие объекты инфраструктуры.
4. Возможность работы в условиях высокого уровня грунтовых вод.

Прокол грунта – это способ установки труб без использования открытых траншей. В процессе грунт уплотняется, но не извлекается.

Преимущества:

1. Легкость и доступность
2. Минимальное воздействие на поверхность
3. Возможность использования для установки труб небольшого размера.

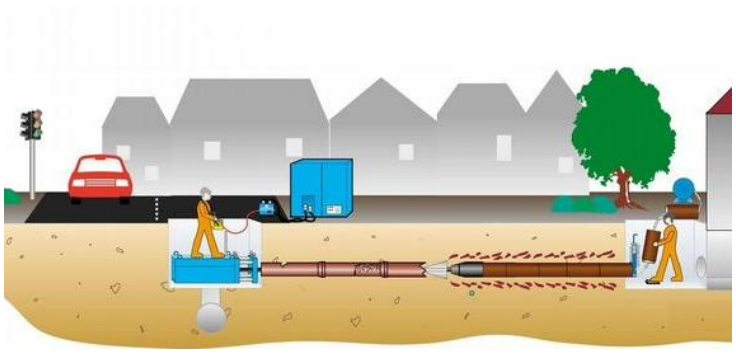

Рисунок 1. Бестраншейные технологии

Композитные материалы – объединяют характеристики различных компонентов, таких как: металлы, полимеры и усиливающие волокна. Они применяются в строительстве трубопроводов, особенно где требуется высокая прочность, устойчивость к агрессивным средам и длительный срок службы.[2]

Состав и структура композитных материалов

Композитные материалы состоят из двух или более компонентов, которые в совокупности создают материал с улучшенными свойствами.

Матрица (основа): обычно это полимерные материалы, такие как эпоксидные смолы, полиэфиры или винилэфиры. Матрица обеспечивает гибкость, устойчивость к коррозии и адгезию с усиливающими элементами.[3]

Усиливающие элементы: это могут быть стеклянные, углеродные или базальтовые волокна, которые придают материалу высокую прочность и устойчивость к механическим нагрузкам.

Добавки: для улучшения свойств композитов могут добавляться наполнители, такие как графит, керамика или металлические порошки.

Материалы для производства труб:

Стеклопластиковые трубы GRP.

Изготовлены из стекловолокна и полимерного материала. Отличаются высокой прочностью, устойчивостью к коррозии и перепадам температур. Применяются в системах водоснабжения, канализации и промышленных трубопроводах.

Базальтопластиковые трубы.

В качестве армирующего элемента используются базальтовые волокна, которые отличаются высокой термостойкостью и прочностью. Применяются в условиях высоких температур и агрессивных сред.

Углепластиковые трубы.

Изготовлены из углеродных волокон, которые придают материалу исключительную прочность и жёсткость. Используются в высокотехнологичных отраслях, таких как аэрокосмическая промышленность и нефтегазовая отрасль.

Полимерно-композитные трубы.

Сочетают в себе полимерную основу и армирующие элементы, такие как стекловолокно или керамика. Широко применяются в строительстве водопроводных и канализационных сетей.

Таблица 1. Сравнение с традиционными материалами

Характеристика	Композитные материалы	Металлические трубы	Полимерные трубы
Прочность	Высокая	Высокая	Средняя
Устойчивость к коррозии	Высокая	Низкая	Высокая
Вес	Низкий	Высокий	Низкий
Срок службы	50-100 лет	20-30 лет	50 лет
Стоимость	Высокая	Средняя	Низкая

Выводы

В современном мире, создание систем водоснабжения и канализации требует использования передовых материалов и технологий. Это позволяет гарантировать надёжность, долговечность и экологическую безопасность таких систем. Синтетические материалы, такие как полиэтилен, полипропилен и поливинилхлорид, представляют собой альтернативу традиционным металлическим трубам. Они отличаются лёгкостью, устойчивостью к коррозии, простотой установки и длительным сроком эксплуатации. Эти материалы помогают снизить расходы на строительство и обслуживание, а также минимизировать негативное влияние на окружающую среду.

Библиография

1. Горизонтальное направленное бурение (ГНБ) в строительстве трубопроводов / А. В. Иванов, П. С. Петров // Современные технологии строительства. – 2020. – № 4. – С. 45–52. Текст: электронный. Дата обращения: 26.02.2025

2. Применение композитных материалов в строительстве водопроводных сетей / Е. А. Сидорова, В. М. Кузнецов // Инженерные системы и сооружения. – 2019. – № 3. – С. 23–30. Текст: электронный. Дата обращения: 27.02.2025

3. Современные полимерные материалы для водоснабжения и водоотведения / И. Н. Михайлов, Т. К. Лебедева // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2021. – № 2. – С. 12–18. Текст: электронный. Дата обращения: 25.02.2025

4. Экологические аспекты строительства систем водоотведения / Л. В. Громова, А. П. Федоров // Экология и промышленность России. – 2022. – № 5. – С. 34–40. Текст: электронный. Дата обращения: 26.02.2025

5. Бестраншейные технологии в реконструкции канализационных сетей / С. И. Волков, Н. А. Белова // Жилищно-коммунальное хозяйство. – 2020. – № 7. – С. 41–47. Текст: электронный. Дата обращения: 27.02.2025

Комбинированный метод удаления фосфора из сточных вод: влияние на технологические параметры биореактора

Спасибо Е.В.* (НИИСФ РААСН, spasibo.elena@mail.ru),
Гогина Е.С. (МГРИ, НИИСФ РААСН gogina-es@yandex.rul),
Гульшин И.А. (МГРИ, НИУ МГСУ, i.a.gulshin@gmail.com)

Аннотация

В статье рассмотрено влияние реагентной дефосфотации на процессы биологической очистки в биореакторе. Исследовано дозирование различных коагулянтов (полиоксихлорид алюминия, хлорное железо, сульфат железа) в аэробную зону биореактора и в возвратный активный ил. Экспериментальные результаты показали, что применение реагентов приводит к увеличению зольности активного ила, ухудшению его седиментативных свойств и снижению окислительной мощности биореактора. Наблюдаемое негативное влияние на биомассу активного ила свидетельствует о необходимости оптимизации схем совмещения биологической и реагентной очистки.

Ключевые слова

Сточные воды, коагулянт, биологическая очистка, физико-химическая очистка

Теория

Повышенное содержание биогенных элементов в водоёмах приводит к их эвтрофикации, что снижает уровень кислорода и способствует накоплению токсичных соединений. Современные коммунальные очистные сооружения зачастую не обеспечивают достаточного удаления биогенных элементов, особенно соединений фосфора, которые являются лимитирующим фактором эвтрофикации. В России большинство очистных сооружений спроектированы по устаревшим нормативам, не предусматривающим обязательное удаление фосфатов. Биологическая дефосфотация широко применяется, но ее эффективность нестабильна и зависит от ряда факторов, включая низкие нагрузки на активный ил по органическим веществам. Физико-химические методы обеспечивают более надёжное удаление фосфора, однако требуют значительных материальных затрат [1,2]. Оптимальным подходом является сочетание биологической и физико-химической очистки, что позволяет достичь нормативных показателей качества сточных вод. В данной работе исследуется влияние реагентной дефосфотации на процессы биологической очистки в биореакторе [3,4].

В ходе эксперимента производилось дозирование различных видов коагулянтов непосредственно в биореактор. Установка включала в себя два отсека биореактора и вторичный отстойник. Первый отсек работал в аноксидном режиме, второй - в аэробном режиме. Вторичный отстойник обеспечивал возврат нитратной воды в первый отсек установки для обеспечения процессов удаления азота. Вид биореактора представлен на рисунке 1а. Установка эксплуатировалась в двух режимах: 1- в режиме нитрификации; 2 – в режиме денитри-нитрификации. Второй режим был необходим для анализа эффективности работы глубокой биологической очистки при совмещенном удалении соединений фосфора. Обобщенная схема лабораторной установки и точки отбора проб для анализа представлена на рисунке 1б.

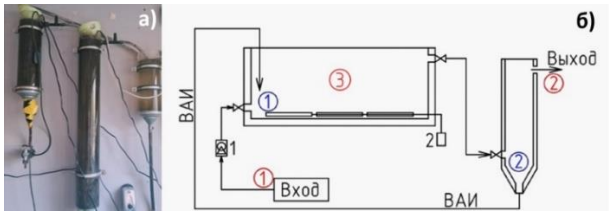

Рисунок 1. Лабораторная установка
Точки дозирования коагулянта отмечены синим цветом. Точки отбора проб отмечены красным цветом (1 – вход, 2 – выход из вторичного отстойника, 3 – биореактор)

Экспериментальная установка представляет собой аэробный биологический реагтор с вертикальным отстойником для илоразделения. В биореактор для перемешивания ила и создания необходимого кислородного режима компрессором нагнетается воздух. Очищаемая вода подается с определенным расходом насосом-дозатором из бака. Для перекачки возвратного ила из вторичных отстойников в начало биореактора используется эрлифт. Отвод очищенной воды осуществляется из отстойника в канализацию. Исследования проводились с использованием искусственно составленной сточной жидкости на основе пептона основного с добавлением азото – и фосфоросодержащих солей. Концентрации загрязняющих веществ были наиболее приближены к существующим в реальной сточной воде Российской Федерации.

Дозирование в биореактор различных видов коагулянтов для дефосфотации производилось в соответствии с рисунком 1би . В результате было исследовано две точки дозирования: в возвратный активный ил и непосредственно в аэробную зону биологического реактора. Применялось три вида коагулянта: полиоксихлорид алюминия, хлорное железо и сульфат железа. Применялись три дозировки коагулянтов, учитывающие нормативные требования и лабораторные исследования.

Выполнялись санитарно-химические анализы на входе в биореактор, в биореакторе и после вторичного отстойника. Помимо санитарно-химических анализов проводилось микроскопирование для наблюдения за биомассой.

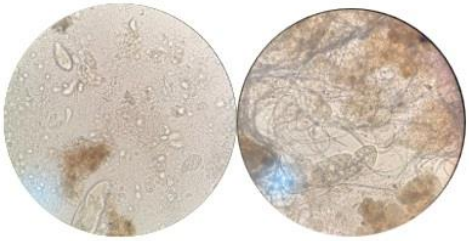

Рисунок 2. Активный ил под микроскопом

При длительном дозировании реагента для удаления фосфора в биореактор, активный ил при микроскопировании демонстрирует несколько признаков ухудшения: увеличение объема хлопьев ила, появление нитчатых бактерий, уменьшение количества коловраток и других простейших. Представленные изменения свидетельствуют о снижении жизнеспособности активного ила, что приводит к ухудшению его качества и снижению эффективности очистки сточных вод.

Для определения влияния физико-химической очистки на биологическую также определяются следующие параметры: доза ила, иловый индекс, зольность ила и окислительная мощность биореактора. Результаты представлены в графическом виде на рисунках 3-7.

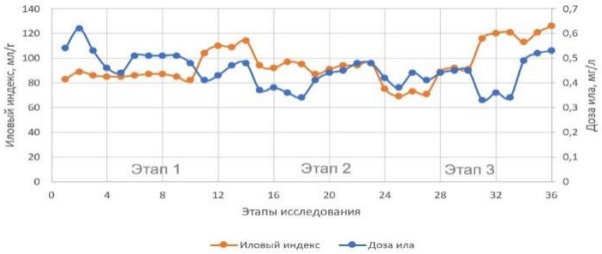

Рисунок 3. Изменение дозы ила и илового индекса по этапам исследования

В соответствии с рисунком 3 происходит увеличение дозы ила, при одновременном увеличении илового индекса. Увеличение дозы ила и илового индекса при дозировании реагента связано с изменениями в структуре активного ила и ухудшении седиментативных свойств ила, а также с воздействием реагентов на микробиологические процессы в системе очистки.

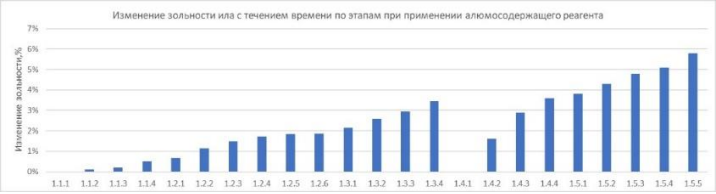

Рисунок 4. Повышение зольности активного ила с течением времени при применении алюмосодержащего реагента

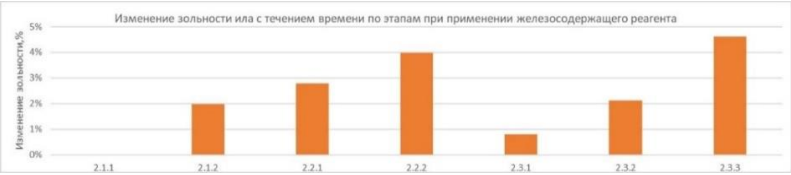

Рисунок 5. Повышение зольности активного ила с течением времени при применении железосодержащего реагента

Из графиков на рисунках 4-5 видно, что увеличение параметра зольности активного ила с течением времени при дозировании как алюмосодержащего коагулянта, так и железосодержащего в различные точки биореактора.

При длительном дозировании коагулянта для удаления фосфора в процессе очистки сточных вод зольность активного ила увеличивается по нескольким причинам. Во-первых, коагулянт вступает в реакцию с растворёнными в воде фосфатами, образуя нерастворимые соединения, такие как фосфат алюминия, которые остаются в активном иле, увеличивая содержание неорганических веществ. Зольность, представляющая собой долю минеральных веществ в составе активного ила, возрастает по мере накопления таких осадков. Во-вторых, коагуляция способствует агрегации коллоидных частиц и мелких взвесей в крупные хлопья, которые также оседают в составе активного ила, делая его более плотным. Поскольку эти хлопья в основном состоят из минеральных соединений, их накопление приводит к повышению зольности ила. Повышенная зольность активного ила отрицательно сказывается на процессе биологической очистки. Согласно гистограммам на рисунках 4-5, увеличение зольности ила при добавлении реагента в возвратный активный ил происходит более

интенсивно, чем при его внесении в аэробную зону биореактора. Это связано с тем, что процесс взаимодействия реагента с активным илом начинается еще в трубопроводе возвратного потока, в результате чего активный ил сорбирует в себя большее количество минеральных соединений.

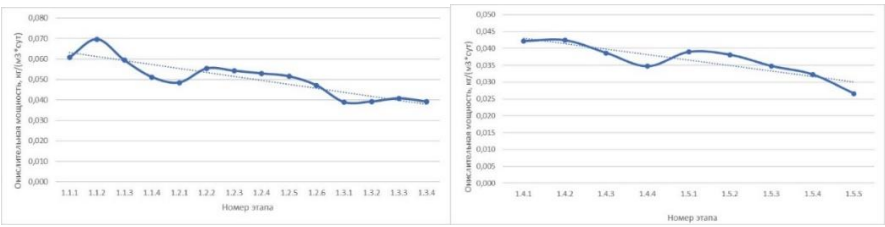

Рисунок 6. Изменение окислительной мощности биореактора с течением времени при дозировании реагента в аэробную зону биореактора (график слева) и в возвратный активный ил (график справа)

На графиках на рисунках 6-7 представлено изменение окислительной мощности биореактора во времени при дозировании реагента в аэробную зону. Снижение этого показателя отмечается как при введении алюмосодержащего, так и железосодержащего реагента. Аналогичная динамика снижения наблюдается при добавлении коагулянта как в аэробную зону биореактора, так и в возвратный активный ил. Окислительная мощность постепенно снижается, с несколькими колебаниями, и в целом демонстрирует долгосрочную трендовую линию снижения, что подтверждает общий спад окислительной мощности с течением времени. Снижение окислительной мощности говорит о негативном воздействии реагента на биомассу и эффективность биологической очитки.

Выводы

Исследование показало, что применение комбинированного метода удаления фосфора приводит к увеличению зольности активного ила, ухудшению его седиментативных свойств и снижению окислительной мощности биореактора. Дозирование коагулянта в возвратный активный ил вызывает более интенсивные изменения структуры ила, чем его введение в аэробную зону. Длительное использование реагентов приводит к нестабильности биологической очистки из-за изменений в микробном сообществе активного ила. Для повышения эффективности очистки необходимо оптимизировать дозирование реагентов, учитывая их влияние на биологические процессы.

Библиография

1. Амбросова Г.Т., Матюшенко Е.Н., Функ А.А., Синеева Н.В. Источники повышения концентрации фосфора в сточной жидкости, поступающей на очистные сооружения канализации, и способы их устранения. Строительство и техногенная безопасность No5 (57) 2016г, с. 24-31
2. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологиче- ской очистки сточных вод / О. В. Харькина. Волгоград : Панорама, 2015. — 433, [7] с.
3. Способы повышения эффективности процесса дефосфотации сточных вод / Е. С. Гогина, Е. В. Спасибо, И. А. Гульшин [и др.] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2024. – № 2(46). – С. 98-110.
4. Гогина, Е. С. Комбинированный метод очистки от соединений фосфора из сточных вод / Е. С. Гогина, Е. В. Спасибо // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : Материалы XXII Международной научной конференции, Самарканд, 23–27 сентября 2024 года.

Очистка сточных вод аэропорта от противообледенительной жидкости

Бабкин В.В.* (ООО «ВТ Эксперт»),
Кондюрин Н.Ю. (МГРИ),
Гогина Е.С. (МГРИ),
Соколов Л.И. (МГРИ)

Аннотация

В современном мире аэропорты являются важными транспортными узлами, обеспечивающими международное и внутреннее сообщение. Они играют ключевую роль в развитии экономики и туризма, обеспечивая быструю и комфортную перевозку пассажиров и грузов. Однако, вместе с увеличением пассажиропотока и объемов грузов, аэропорты сталкиваются с проблемой очистки сточных вод от противообледенительной жидкости.

Цель работы – Анализ существующих методов очистки сточных вод от противообледенительной жидкости, подбор наиболее эффективного, менее дорого метода с выделением чистого этиленгликоля для его повторного использования в промышленных целях.

Предмет исследования – Методы очистки сточных вод, формируемых в ходе жизнедеятельности аэропортов

В данной статье рассматриваются важные вопросы, связанные с очисткой сточных вод аэропорта от противообледенительной жидкости. Исследование проведено с целью выяснить состав противообледенительной жидкости, технологии очистки сточных вод, особенности очистки сточных вод аэропорта, современные методы обезвреживания противообледенительной жидкости, эффективность различных методов очистки, влияние очистки сточных вод на окружающую среду, а также перспективы развития технологий очистки сточных вод аэропорта.

Ключевые слова

Сточные воды, аэропорт, этиленгликоль, противообледенительная жидкость (ПОЖ)

Теория

Состав сточных вод аэропорта:

Ливневый сток образуется в тёплое время года и содержит нефтепродукты, грубодисперсные примеси и аммонийный азот. Талый сток. Формируется в период весеннего таяния снега, а также во время зимних оттепелей

Производственно-дренажный сток образуется в холодное время года и содержит жидкости для предотвращения обледенения самолётов и антигололёдные реагенты для взлётно-посадочной полосы.

Стоки биотуалетов воздушных судов. При небольшом количестве сточной жидкости имеют высокое содержание загрязняющих веществ и химических соединений, опасных для микроорганизмов.

Хозяйственно-бытовые стоки образуются от обслуживающего персонала аэропорта и посетителей терминала.

Таблица 1. Показатели содержания загрязняющих веществ в сточных водах аэропорта

Показатели	Содержание в сточных водах аэропорта, мг/л	Требования после очистки, мг/л
Взвешенные вещества	до 100	3
БПК5	до 2500	3
ХПК	до 4000	30
Азот аммонийный	до 150	0,39
Нефтепродукты	до 50	0,5
Этиленгликоль	до 500	0,25
Этанол	до 10	0,3

Противообледенительная жидкость (ПОЖ) — жидкость для наземной противообледенительной обработки воздушных судов перед полётом. Представляет собой раствор гликоля (моноэтиленгликоль, диэтиленгликоль или пропиленгликоль) в воде с различными добавками для улучшения эксплуатационных свойств (загустители, красители и пр.).

Этиленгликоль - свойства и особенности также известный под названием этандиол) — это двухатомный спирт без запаха, обладающий сладковатым вкусом. Данный вид соединения (химическая формула — C2H6O2) представляет собой бесцветную маслянистую жидкость, сохраняющую агрегатное состояние при отрицательной температуре. Этандиол легко растворяется в воде, уксусной кислоте, спиртах и прочих органических веществах. Окисляясь, он превращается в комбинацию щавелевой кислоты и гликолевого альдегида. При вступлении в реакцию с органическими соединениями образует гликоляты, щелочи и эфиры. При контакте с водой концентрация этиленгликоля уменьшается, одновременно с этим происходит выделение тепла. Вещество способно легко воспламеняться, а при высокой концентрации паров токсично для человека.

Методы очистки сточных вод от этиленгликоля:

Биологические методы.

Аэробные процессы: аэробные бактерии могут окислять, например, до углекислого газа и воды. Этот метод является экономически эффективным, но требует особых условий, таких как pH, температура и доступность питательных веществ.

Анаэробные процессы: Анаэробные бактерии могут преобразовать, например, в метан и углекислый газ. Хотя этот метод потенциально более эффективен, этот метод может не подходить для высоких концентраций этиленгликоля.

Химические методы.

Окисление: Использование сильных окислителей, таких как перманганат калия или перекись водорода, может сломаться, например, на менее вредные соединения. Этот процесс эффективен, но может производить побочные продукты, требующие дальнейшей очистки

Коагуляция/флокуляция: Этот метод использует химические вещества для агрегации молекул этиленгликоля и высадки их из раствора. Это эффективно, но требует тщательного мониторинга и утилизации произведенного ила.

Физические методы

Мембранная фильтрация: Мембраны с определенными размерами пор могут выборочно удалять, например, из сточных вод. Этот метод эффективен, но требует высокой энергии и специализированных мембран.

Активированная адсорбция углерода: Активированный углерод может адсорбировать, например, из сточных вод. Этот метод эффективен, но требует регенерации или утилизации загрязненного углерода.

Окисление: Использование воздуха или других газов для удаления летучих соединений, в том числе, например, из сточных вод. Этот метод требует определенных условий и может быть менее эффективным для очень растворимых соединений

Комбинированные методы

Гибридные процессы: Сочетание нескольких методов очистки может быть высокоэффективным и экономичным. Например: биологическая обработка с последующей мембранной фильтрацией или активированной адсорбцией углерода.

Усовершенствованные процессы окисления: Эта группа технологий использует передовые методы окисления, такие как озон, ультрафиолетовое излучение или реагент Фентона, чтобы сломаться, например, в более простые и менее вредные соединения. Эти методы очень эффективны, но могут быть дорогостоящими.

Очистка хромсодержащих вод с применением этиленгликоля или сточных вод аэропортов.

Так в ходе исследований были проведены два эксперимента с целью очистки сточной воды, содержащей в своем составе хром с помощью этиленгликоля или искусственно-созданной сточной воды от аэропорта.

В ходе эксперимента требуется восстановить Хром (VI) до Хром (III), для получения нерастворимого соединения, для его последующего отделения.

Эксперимент №1

Приготовление рабочего раствора хромсодержащей сточной воды.

2 г бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ добавили 20 мл серной кислоты H_2SO_4.

Зафиксированы следующие показатели:

pH = менее 1,0

Окраска – оранжевый цвет

Температура – 24,3 °C

Введение этиленгликоля в хромсодержащую воду $K_2Cr_2O_7$ (оранжевый р-р)

Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты эксперимента по взаимодействию этиленгликоля с хромсодержащей сточной водой (хром ($^{+}6$))

№ пробы	Кол-во раствора	Кол-во добавленного этиленгликоля	pH	Температура	Примечания
1	5 мл	0,5 мл	Менее 1,0	31°C	Нет изменений по цвету, отмечается газовыделение
2	5 мл	0,7 мл	Менее 1,0	33°C	Изменение цвета в сторону зеленого, продолжение газовыделения
3	5 мл	1,7 мл	Менее 1,0	39°C	Темно-зеленый цвет, обильное газовыделение

Эксперимент №2

Приготовление имитированной сточной воды, содержащей этилентгликоль:

50 мл этиленгликоля, 16 мл аммонийного азота, 1 мл этанола

Введение сточных вод в хромсодержащую воду $K_2Cr_2O_7$ (оранжевый р-р)

Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты эксперимента по исследованию процесса взаимодействия сточных вод "аэропорта и хромсодержащих сточных вод

№ пробы	Кол-во раствора	Кол-во добавленных сточных вод	pH	Температура	Примечания
1	5 мл	0,05 мл	Менее 1,0	31°C	Нет изменений по цвету, отмечается газовыделение
2	5 мл	0,35 мл	Менее 1,0	35°C	Нет изменений по цвету, отмечается газовыделение
3	5 мл	0,85 мл	Менее 1,0	36°C	Нет изменений по цвету, отмечается сильное газовыделение
4	10 мл	1,3 мл	Менее 1,0	58°C	Выделение зеленой пены, изменение окраса жидкости в темно-зеленый, сильное газовыделение
5	10 мл	2,0 мл	Менее 1,0	59°C	Более темно-зеленый цвет жидкости, пены нет, газовыделения нет
6	10 мл	3,0 мл	Менее 1,0	68°C	Темно-зеленый цвет жидкости, пены нет, газовыделения нет

Выводы

Очистка сточных вод аэропорта от противообледенительной жидкости является сложной и актуальной проблемой. В работе были рассмотрены различные аспекты этой проблемы, включая анализ состава противообледенительной жидкости, технологии очистки сточных вод, особенности очистки сточных вод аэропорта, современные методы обезвреживания противообледенительной жидкости, эффективность различных методов очистки, влияние очистки сточных вод на окружающую среду и перспективы развития технологий очистки сточных вод аэропорта.

Таким образом, данная работа позволяет получить полное представление о проблеме очистки сточных вод аэропорта от противообледенительной жидкости.

Библиография

1. Бондаренко О. М. Проблемы регулирования утилизации стоков противообледенительных жидкостей в аэропортах России и за рубежом // Сборник научных трудов ГосНИИ ГА. – 2010. – №. 311. – С. 151-154. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20145053 (дата обращения: 31.05.2024).

2. Бузаева М. В. и др. Утилизация отработанных противообледенительных жидкостей с использованием цеолитов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2013. – №. 4. – С. 10-12.

3. Викарчук А. А. и др. Нанотехнология глубокой очистки сточных вод аэропортов от токсических загрязнений, материалы и оборудование для ее реализации // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – №. 12. – С. 18-23.

4. Викарчук А. А., Грызунова Н. Н. Функциональные материалы и изделия из них, предназначенные для реализации эффективных нанотехнологий глубокой очистки сточных вод от токсических загрязнений // Актуальные проблемы прочности. – 2018. – С. 327-343.

Применяемые в очистке воды катионные полиэлектролиты – это коагулянты или флокулянты?

Гандурина Л.В. (МГРИ, gandurinalv@mgri.ru),
ШмытовД.Д* (МГРИ, stroi-voda-kaf@mgri.ru),
Арашкевич В.В. (МГРИ, stroi-voda-kaf@mgri.ru)

Аннотация

Проведено сравнение употребляемых терминов для определения принадлежности катионных полиэлектролитов к известным группам реагентов, коагулянтам или флокулянтам, в соответствии с их физико-химическими и коагуляционно-флокуляционными характеристиками.

Показано, что катионные полиэлектролиты со 100 % плотностью заряда и молекулярной массой менее 1 млн по назначению и механизму действия в большей степени относятся к коагулирующим реагентам, а не к полимерным флокулянтам. Предложено ввести понятие «полимерные коагулянты» вместо существующего «органические коагулянты» для катионных полимерных электролитов и использовать его в практике коагуляционной очистки воды.

Ключевые слова

Природные воды, флокулянты, коагулянты, полиэлектролиты, полимеры

Теория

Коагуляцинный метод повсеместно применяется для очистки природных и сточных вод от тонкодисперсных и коллоидных загрязнений. Используемые реагенты традиционно делят на неорганические коагулянты и полимерные флокулянты. Коагулянты предназначены для снижения заряда и дестастабилизации отрицательно заряженных коллоидных частиц, что приводит к образованию микрохлопьев, их слипанию и укрупнению. Флокулянты предназначены для связывания и агломерации скоагулированных частиц полимерными молекулами в крупные хлопья. К неорганическим коагулянтам относят соли алюминия и железа, к флокулянтам - высокомолекулярные полимеры на основе акриламида. Существует еще одна группа применяемых для коагуляционной очистки воды водорастворимых полимеров с высокой плотностью заряда макромолекул, так называемых катионных полиэлектролитов (ПЭ), которые одни авторы причисляют к коагулянтам [1, 2], другие к флокулянтам [3-4], а некоторые называют коагулянтами-флокулянтами [5]. В этой связи для правильного понимания механизма действия ПЭ и управления процессом очистки воды с их применением возникает необходимость в уточнении терминологии и определении принадлежности катионных ПЭ к известным группам реагентов, коагулянтам или флокулянтам.

С этой целью проведен анализ литературных данных [6-15], в результате которого установлено следующее.

1. Авторы работ [6-11] относят катионные ПЭ к флокулянтам на основании схожести из свойств (полимерный характер, растворимость в воде, высокая молекулярная масса). По мнению Вейцера Ю.И. [6, с.8] к флокулянтам относятся все растворимые в воде высокомолекулярные соединения, применяемые для отделения твердой фазы от жидкой, и образующие с груболисперсными и коллоидными частицами трехмерные структуры (агрегаты, хлопья, комплексы). Бабенков Е.Д. [7, с.296] все флокулянты рассматривает как высокомолекулярные вещества, не выделяя ПЭ в отдельную группу. В работе [8, с.23] флокулянтами называют все группы водорастворимых полимеров, используемых для

флокуляционной очистки воды, независимо от их молекулярной массы и содержания ионогенных групп. Драгинский В.Л с соавторами [9, с.383] к флокулянтам относят неорганические или органические высокомолекулярные соединения, интенсифицирующие процесс хлопьеобразования при коагуляции взвеси солями алюминия и железа. В технических записках по проблемам воды фирмы Дегремон [10, с.67] полиэлектролитами называет все синтетические полимеры независимо от их заряда и молекулярной массы, включая неионный полиакриламид, который ПЭ не является. Такое же определение синтетических ПЭ как водорастворимых полимеров используется в методических указаниях [11], но с их делением на коагулянты и флокулянты.

2. Другие авторы [9, 12-13] рассматривают ПЭ как отдельную группу водорастворимых полимерных флокулянтов, отличающихся от последних по содержанию и заряду ионогенных групп, адсорбционным характеристикам. Драгинский В.Л. [9] относит ПЭ к катионным флокулянтам, авторы работы [12, с.31] рассматривают катионные полиэлектролиты как низкомолекулярные, а все остальные как высокомолекулярные флокулянты. В работе [13, с.39], при рассмотрении адсорбционных характеристик водорастворимых полимеров, установлен различный механизм адсорбции высокомолекулярных и низкомолекулярных полимеров на частицах дисперсной фазы. Показано, что малые молекулы полимеров, к которым относятся ПЭ, адсорбируются на поверхности частиц полностью, а не отдельными звеньями. При адсорбции ПЭ доминируют электростатические силы, а формирования на поверхности длинных петель и хвостов, характерных для высокомолекулярных полимеров, не происходит.

3. Понятие «коагулянты (органические, синтетические)» применительно к катионных ПЭ стало применяться в последнее два десятилетия [11, 14-16]. По мнению фирмы Налко [14] полимерные коагулянты - это положительно заряженные молекулы с относительно низким молекулярным весом, которые не относятся к эффективным флокулянтам. В работах [8, с.23 и 12, с.31] подчеркивается, что синтетические ПЭ называют еще органическими коагулянтами. В указаниях [11], дано следующее определение коагулянтов и флокулянтов, на которые делятся синтетическими ПЭ. «Коагулянты - это полиэлектролиты, приводящие к агрегации взвешенных частиц за счет нейтрализации заряда и химического связывания. В результате применения коагулянтов происходит дестабилизация коллоидной суспензии и образование микрохлопьев. К флокулянтам относятся полиэлектролиты, способствующие образованию агрегатов за счет объединения нескольких частиц через макромолекулы адсорбированного или химически связанного полимера. Большая молекулярная масса флокулянтов способствует образованию мостиков между микрохлопьями и формированию макрохлопьев». Более четкое и краткое определение органических коагулянтов дается в работе [15]: «Органические коагулянты являются катионными растворимыми в воде полиэлектролитами». Данное определение отражает главную функцию ПЭ (коагулянт) и отличительную особенность (органический). Данное понятие «органический коагулянт» также используется в СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (п.9.17).

С учетом вышеизложенного нами предложено ввести для катионных ПЭ новое понятие «полимерный коагулянт» вместо «органический коагулянт». По нашему мнению, понятие «полимерный коагулянт» более точно характеризует полимерную сущность данной группы реагентов.

Типы и основные характеристики реагентов, применяемых для коагуляционной очистки природных вод, представлены в таблице 1.

Таблица1. Виды коагулирующих реагентов и их основные характеристики

Параметр	Неорганический коагулянт	Водорастворимый полимер	
		Органический коагулянт	Флокулянт
Природа	Соли алюминия, железа	Низкомолекулярный катионный полиэлектролит	Высокомолекулярный неионный или ионный полимер
Молекулярная масса	Менее 1000	30-500тыс	Выше 6 млн
Торговая марка	Алюминий сернокислый. Полиоксихлорид алюминия Аква-Аурат 10,18,30. Сульфат или хлорид железа	ВПК 402, Каустамин, Биопаг	Праестол 650 Праестол 2500 Праестол 2530
Товарная форма	Куски, гранулы, 8-17 % растворы	20-25 % раствор	Гранулы
Концентрация дозируемого раствора, %	5-10 ; кислый раствор	0,1-5,0; нейтральный раствор	0,005-0,1; нейтральный раствор
Дозы, мг/дм^3	До 50 (по оксиду)	До 7,0	До 3,0

Как следует из таблицы органические коагулянты отличаются по характеристикам от флокулянтов и неорганических коагулянтов, что подтверждают правильность их выделения в отдельную группу коагулирующих средств как «органические коагулянты» или «полимерные коагулянты».

Выводы

1. По свойствам все растворимые полимеры делят на полимерные электролиты и водорастворимые высокомолекулярные полимеры. Полимерные электролиты содержат катионную группу в каждом элементарном звене полимерной цепи и имеют относительно низкую молекулярную массу по сравнению с другими водорастворимыми полимерами.
2. По назначению и механизму действия катионные ПЭ являются коагулянтами, добавление которых в воду приводит к нейтрализации заряда коллоидных частиц, их слипанию и агрегациия. Водорастворимые высокомолекулярные полимеры являются флокулянтами. поскольку укрупнение (агломерация) скоагулированных частиц происходит путем их связывания длинноцепочечными макромолекулами с молекулярной массой не менее 6 млн.
3. В настоящее время понятие «органические коагулянты», которое используется в литературе и нормативных документах по очистке воды, достаточно точно отражает органическую природу ПЭ и их применение в качестве коагулянта.
4. Предложено ввести новое понятие «полимерный коагулянт» вместо «органический коагулянт», определяющее приоритетность полимерного характера коагулянтов на основе ПЭ.

Библиография

1. Тихонова Е.А., Усачева А.С. Использование органических коагулянтов для подготовки питьевой воды //Водоснабжение и санитарная техника. 2004.-№9.-С.33-37.
2. Гандурина Л.В., Фрог Б.Н., Гиро К.С. Применение органических коагулянтов для осветления мутных вод //Водоснабжение и санитарная техника. 2020.-№7.-С.2-7.
3. Шевченко В.С., Захаров В.П. Опыт применения флокулянта ВПК 402 в практике водоподготовки на очистных сооружениях//Омский научный вестник. 2002.-№3.-С.70-71.
4. Бурганов Р. Т., Хасанова Д. И., Гильмутдинова Г. Ф., Кирилова М. А., Коврижных Е. А. Исследование и подбор эффективных флокулянтов для очистки камской речной воды//Водоснабжение и санитарная техника. 2022.-№10.-С.11-16.
5. Беляк А. А., Герасимов М. М., Свердликов А. А., Смирнов А. Д. Оценка влияния флокулянта-коагулянта ВПК-402 на сорбционные свойства порошкообразного активного угля в процессе водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. 2025. № 1. С. 6–11.
6. Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. - М.: Стройиздат, 1984. 201 с.
7. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. - М.: Наука, 1977. 355 с.
8. Гандурина Л.В. Очистка сточных вод с применением синтетических флокулянтов. - М. 2007. 198 с.
9. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М., 2005. 576 с.
10. Degremont. Технический справочник по обработке воды. В 2-х томах. Том 1. М.: Стройиздат, 1983. 607с.
11. МУ 2.1.4.1060-01. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения. М.2001. 39 с.
12. Аксенов В.И., Гандурина Л.В., Керин А.С, Никулин.В.А., Ничкова И.И., Ладыгичев М.Г. Водное хозяйство промышленных предприятий, кн. 6 «Флокулянты».– М., Изд. «Теплотехник», 2010. 256 с.
13. Баран А. А., Тесленко А.Я. Флокулянты в биотехнологии. Л.: Химия, 1990. 144с.
14. Кеммер Ф. Н. Книга НАЛКО о воде. – McGraw-Hill, 2007. 1117 с.
15. Линевич С.Н., Гетманцев С.В. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. – М.: Наука. 2007. 230с.

Расчетные параметры коагуляционной очистки природных вод полиоксихлоридами алюминия

Гандурина Л.В. (МГРИ, gand2@yandex.ru),
Ефремова П.Р.* (МГРИ, stroi-voda-kaf@mgri.ru)

Аннотация

Представлены расчетные формулы для определения доз полиоксихлоридов алюминия и щелочности воды в зависимости от основности коагулянтов, мутности и цветности воды при ее коагуляционной очистке. Определены коэффициенты пересчета доз коагулянтов по безводной соли в дозы по оксиду алюминия. Получены эмпирические степенные зависимости оптимальной дозы полиоксихлоридов разной основности от мутности исходной воды. На основании проведенных расчетов показано, что с увеличением основности полиоксихлоридов алюминия уменьшаются требуемые дозы коагулянтов для очистки мутных вод и увеличивается щелочность очищенной воды. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании реагентного хозяйства водоочистных станций.

Ключевые слова

Очистка воды, коагуляция, полиоксихлориды алюминия, доза

Теория

Самыми распространенными неорганическими коагулянтами, применяемыми в отечественной практике коагуляционной очистки природных вод, являются сульфат алюминия (СА) и полиоксихлориды (ПОХА) разной основности [1,2]. При использовании коагулянтов снижение мутности воды происходит вследствие нейтрализации заряда коллоидных частиц положительно заряженными ионами алюминия и растворимыми продуктами их гидролиза, последующего увеличения размеров частиц и их осаждения.

Реакция гидролиза солей алюминия в водных растворах приводит к образованию нерастворимого гидроксида алюминия $Al(OH)_3$ и сильных кислот [1-3]:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O \leftrightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2(SO_4)$$
$$Al(OH)_2Cl + H_2O \leftrightarrow Al(OH)_3\downarrow + HC1$$
$$[Al_3(OH)_4]Cl_5 + 5H_2O \leftrightarrow 3Al(OH)_3\downarrow + 5HC1$$

В присутствии гидрокарбонатов (щелочности) происходит нейтрализация образующихся кислот и снижение щелочности воды по реакциям:

$$H_2SO_4 + 2NaHCO_3 \leftrightarrow Na_2(SO_4) + 2CO_2 + 2H_2O$$
$$HC1 + NaHCO_3 \leftrightarrow NaC1 + CO_2 + H_2O$$

Гидролиз сульфата алюминия происходит через образование растворимых гидратированных гидроксомплексов по реакциям :

$$[Al(H_2O)_6]^{3+} + H_2O \leftrightarrow [Al(H_2O)_5(OH)]^{2+} + H_3O^+$$
$$2[Al(OH)(H_2O)_5]^{2+} \leftrightarrow [Al_2(OH)_2(H_2O)_8]^{4+} + 2H_2O$$
$$[Al_2(OH)_2(H_2O)_8]^{4+} + 8H_2O \leftrightarrow [Al_4(OH)_6(H_2O)_{12}]^{6+} + 4H_3O^+$$

Оксихлориды и полиоксихлориды алюминия в отличие от сульфата алюминия не содержат трехвалентных ионов алюминия, и изначально представляют собой частично

гидролизованные мономеры вида $[Al_2(OH)_5]C1$ или смесь растворимых мономерных и олигомерных оксихлоридов алюминия с общей формулой:

$[Al(OH)_aCl_b \cdot nH_2O]_m$, где a = 1,2-1,4; b = 3-a; n = 2,4-4,5; m = 1-5

Приоритетными параметрами очистки воды неорганическими коагулянтами, определяющими эффективность их применения, является доза и щелочность воды [1], которые обычно определяются экспериментально. В отсутствии экспериментальных данных дозу сульфата алюминия по безводной соли и щелочность очищенной воды можно определить расчетным путем, используя строительные нормы и правила СНиП 2.04.02-84 (раздел 6). Однако, данные этого раздела не распространяются на современные коагулянты, оксихлориды и полиоксихлориды алюминия, и не позволяют определить дозу коагулянта по оксиду алюминия, основному веществу производимых в настоящее время товарных коагулянтов.

В этой связи целью данной работы была адаптация существующих расчетных способов определения доз коагулянтов и щелочности очищенной воды применительно к оксихлоридам и полиоксихлоридам алюминия разной основности в зависимости от мутности и цветности природной воды. Проведено также сравнение с аналогичными параметрами для сульфата алюминия (СА).

Объектами исследований явились сульфат алюминия, оксихлорид алюминия марки «ЭПОХА» и поликсихлориды алюминия разной основности отечественных марок Аква-Аурат 10 (АА10), Аква-Аурат 18 (АА18) и Аква-Аурат 30 (АА30) фирмы ОАО «Аурат», брутто-формулы которых известны [1]. Исходные и расчетные характеристики алюминий содержащих коагулянтов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные и расчетные характеристики алюминий содержащих коагулянтов

Коагулянт; Основность,%	Формула	Коагулирующий ион	Мол. масса	$Э_к$,*, мг/ммоль	К= $Э_к/Э_{оксида}$
СА	$Al_2(SO_4)_3$	$A1^{3+}$	342	57	3,35
ЭПОХА; 83,3%	$[Al_2(OH)_5]C1$	$[Al_2(OH)_5]^+$	174,5	174,5	10,24
Аква-Аурат 10; 70%	$[Al_2(OH)_{4,2}]C1_{1,8}$	$[Al_2(OH)_{4,2}]^{1,8+}$	189,3	105,2	6,18
Аква-Аурат 18; 43%	$[Al(OH)_{1,29}]C1_{1,71}$	$[Al(OH)_{1,29}]^{1,71+}$	109,6	64,1	3,77
Аква-Аурат 30; 43%	$[Al(OH)_{1,29}]C1_{1,71}$	$[Al(OH)_{1,29}]^{1,71+}$	109,6	64,1	3,77
Оксид алюминия	Al_2O_3	-	102	17	-

* Массу ммоль-эквивалента коагулянтов (Эк) находили по формуле: Эк= M/nв, где M-молекулярная масса коагулянта, n-количество коагулирующих ионов, в-степень окисления (валентность) коагулирующего иона.

На основе данных таблицы 1 предложена следующая формула для пересчета дозы коагулянта по безводной соли $Д_к$ в дозу по оксиду алюминия:

$Д_{оксид} = Д_к / К$, мг/дм^3,

где К–коэффициент пересчета по таблице 1. Откорректированная формула для определения дозы коагулянта по оксиду алюминия в зависимости от цветности (Ц) исходной воды имеет вид:

$_{оксид} = (4\sqrt{Ц}) / К$, мг/дм^3

При использовании полиоксихлоридов алюминия щелочность очищенной воды ($Щ_{кон}$) становится меньше, чем исходной ($Щ_{исх}$), и может быть определена по следующим формулам:

$Щ_{кон} = Щ_{исх} - Д_{оксид}/Э_{оксида}$, ммоль/дм^3

$Щ_{кон} = Щ_{исх} – Д_к/Э_к$, ммоль/дм^3

Результаты проведенного пересчета доз коагулянта по безводной соли, представленных в таблице 16 СНиП 2.04.02-84, в дозы по оксиду алюминия для полиоксихлоридов разной основности и сульфата алюминия в зависимости от мутности исходной воды в диапазоне от 100 до 1500 мг/дм^3 показаны на рисунке 1.

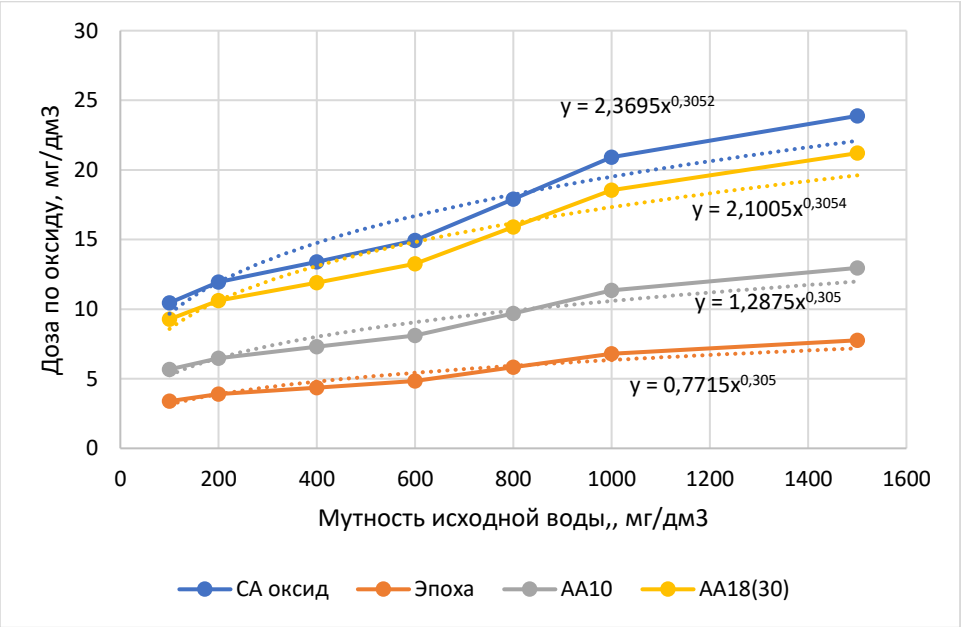

Рисунок 1. Зависимость дозы коагулянтов от мутности исходной воды

Как следует из рис.1, все кривые зависимости дозы коагулянта от мутности исходной воды с достоверностью R^2=0,93 описываются степенными функциями. При этом расчетные дозы полиоксихлоридов алюминия ниже, чем для сульфата алюминия, и уменьшаются с увеличением основности полиоксихлоридов алюминия, что согласуется с результатами ранее проведенных исследований [1,2].

Выводы

1. Представлены расчетные зависимости для определения щелочности воды и доз полиоксихлоридов алюминия при очистке природных вод в зависимости от основности

коагулянтов, мутности и цветности воды, которые могут быть использованы при проектировании реагентного хозяйства водоочистных станций.

2. Получены степенные зависимости оптимальной дозы сульфата алюминия и полиоксихлоридов алюминия разной основности от мутности исходной воды.

Библиография

1. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М., 2005. 576 с.
2. Линевич С.Н., Гетманцев С.В. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. – М.: Наука. 2007. 230 с.
3. Duan J., Gregory J. Coagulation by hydrolyzing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2003, v. 100–102, pp. 475–502.
4. Гетманцев С. В., Сычёв А. В., Чуриков Ф. И., Снигирев С. В. Особенности механизма коагуляции и строения полиоксихлорида алюминия «АКВА-АУРАТ™30» // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 9. С. 25-29.

О совершенствовании мероприятий по бесперебойной подаче сточных вод насосными станциями систем водоотведения

Дерюшев Л.Г. (МГРИ, Derjushev13@mail.ru),
Павленко В.Д.* (МГРИ, p.slava2004@yandex.ru),
Ширшов С.М. (МГРИ, shirshovserezhenka@yandex.ru)

Аннотация

Рассматриваются методы совершенствования проектирования, строительства и эксплуатации систем водоотведения для отвода сточных вод. Акцентируется внимание на методике расчета водоводов и количества переключений между ними в целях обеспечения бесперебойной подачи сточных вод без аварийного сброса их в водоем.

Ключевые слова

Системы водоотведения, насосные станции, водоводы, надежность

Теория

В настоящее время в России ведутся работы по актуализации нормативных требований проектирования, строительства и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения с обобщением и учетом зарубежных стандартов, без их обсуждения, а также мнений ведущих специалистов по этим направлениям на научных конференциях.

Если учесть данное замечание, то можно снизить неточности при редактировании требований по проектированию систем подачи сточных вод для объектов жилой застройки. Например, требования проектирования насосных станций систем водоотведения проектируются в соответствии с актуализированными нормативными требованиями [3], которые воспринимаются и трактуются не однозначно и не без противоречий. В частности, противоречия возникают по степени обеспеченности подачи воды и классификации насосных станций по категориям. Утверждается (см. п.8.1.1[3]), что насосные станции систем водоотведения подразделяются на три категории по надежности действия, а ниже (см. 8.2.6 [3]) уточняется, … «число напорных трубопроводов от насосных станций любой категории надежности действия необходимо принимать на основании технико-экономических расчетов с учетом возможности устройства аварийного выпуска (перепуска), регулирующей емкости, использования аккумулирующей вместимости подводящей сети, допускаемого снижения водопотребления согласно СП 31.13330». Отметим, что в СП по наружным системам водоснабжения [4], насосные станции классифицируются не по категориям надежности, а категориям степени обеспеченности подачи воды. Следовательно, и насосная станция, как её последовательный элемент, должна удовлетворять требованиям I категории по условиям подачи воды. Число напорных трубопроводов должно приниматься не произвольно, а не меньше 2-х. Если возникают отказы на водоводах, то последствия от их неработоспособности не должны сказываться на условие подачи воды потребителям. Увеличение пропускной способности водоводов при отказе на любом из них обеспечивается за счет устройства переключений между ремонтными участками (см. рис.1), либо увеличением числа водоводов. Количество ремонтных участков *n* на каждом водоводе устанавливается графоаналитическим методом. Наличие ремонтных участков на водоводах позволяет обеспечить необходимую подачу воды потребителям в период восстановления неисправности трубопроводов (см. п. 11.4 [4]). В этом не трудно убедиться, если проанализировать результаты экспериментальных испытаний совместной работы насосов и водоводов, проводимых на насосных станциях объектов г. Москвы и Московской области, а также расчеты необходимого количества ремонтных участков ***n*** на каждом водоводе [1].

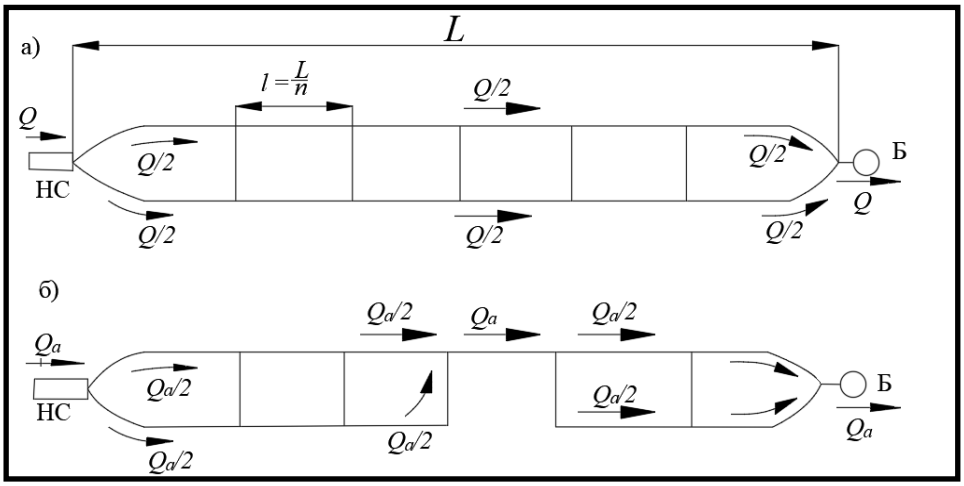

Рисунок 1. Система подачи воды с напорными водоводами
а - при нормальном режиме; б - при отключении ремонтного участка

Допустим, что длина ремонтного участка каждого водовода $l = L/n$, где L – длина однотипного водовода, n - число ремонтных участков. На практике потери напора h в водоводе определяются по формуле

$$h = i \cdot L \cdot k \qquad (1)$$

где h – потери напора в водоводе длиной L, м;

i – гидравлический уклон (удельные потери напора на единицу длины);

k =1,1 ÷1,2 – коэффициент, учитывающий потери напора на местные сопротивления по длине трубопровода.

При графоаналитических оценках условий совместной работы насосов и водоводов с переключениями вводится понятие удельного сопротивления ремонтного участка s или всего водовода $S = sn$, а формула (1) приводится к виду

$$h = sn\left(\frac{Q}{m}\right)^2 = S\left(\frac{Q}{m}\right)^2, \qquad (2)$$

где Q – расчетная подача воды по водоводам, м^3/с;

m – количество водоводов.

При восстановлении водоводов один из его участков отключается на ремонт и расход воды $Q_{ав}$ подается по (n-1) участкам. Допускается [1], что $S_{ав.\ сис.} = (n\text{-}1)\, s$, а при m=2

$$h_a = s(n-1)\frac{Q_a^2}{4} + sQ_a^2 = \frac{s(n+3)}{4}Q_a^2. \qquad (3)$$

Соотношение сопротивлений водоводов при аварии $S_{ав.сис.}$ и нормальной работе $S_{сис.}$ оценивается по формуле

$$S_{ав.сис} = \alpha \cdot S_{сис},\ a = \frac{S_{ав.сис.}}{S_{сис.}} = \frac{n+3}{n}, \qquad (4)$$

где α– коэффициент.

Если: $n = 2$, то $a = 2{,}5$; n =3, то $a = 2$; $n = 5$, то $a = 1{,}6$; $n = 10$, то $a = 1{,}3$ и т.д.

Как показали результаты экспериментальных и аналитических исследований, допущение о постоянстве удельного сопротивления s каждого ремонтного участка водоводов при нормальной и аварийной подаче воды, расчеты по определению n по формулам (3, 4) приводят к завышенным оценкам в несколько раз, поскольку $s \neq s_n$, где s_n- сопротивление ремонтного участка.

Затраты энергии на перемещение турбулентных потоков воды h зависят не только от шероховатости внутренней поверхности труб, но и сил вихрей, меняющихся при каждом значении $Q_i=f(t_i)$, где t_i -время в *с*, *ч*. Наглядно подобная зависимость выявляется на лабораторных стендах, либо при построениях графиков совместной работы насосов и водоводов для расчетных случаев подачи воды в час максимально-хозяйственного водопотребления $Q_{\text{мах. хоз.}}$ и в час пожаротушения $Q_{\text{мах. хоз.+ пожар}}$. Если подробно выполнять гидравлические расчеты систем подачи воды как кольцевые сети на ЭВМ, то неизбежно выдаются распечатки данных с переменными значениями сопротивлений участков водоводов h_n.

Чтобы подобные несоответствия не допускать, необходимо не только стремиться к упрощению расчетов, но более тщательно подходить к вопросам теории гидродинамики и надежности сооружений систем водоснабжения и водоотведения, о чем неоднократно сообщал Н.Н. Абрамов на всех научных конференциях [2]. Если системы водоснабжения и водоотведения взаимосвязаны условиями выполнения требований единого потребителя, (практически) по единству параметров подачи воды, то и классифицироваться они должны по единому правилу. Об этом вспоминают, когда ссылаются на допустимость снижения подачи воды системой водоснабжения при нормировании условия подачи воды канализационной насосной станции для аварийной ситуации [3]. И забывают, что потребителю снижение суточного водопотребления не нормируется, поскольку вода при восстановлении элементов системы водоснабжения может подаваться от аккумулирующих емкостей, а не сбрасывается в водоем. Первая и вторая системы выполняют функции защиты здоровья человека и охраны окружающей среды. Сброс сточных вод в водоем не может считаться допустимым, если система способна нормально функционировать при правильном устройстве и эксплуатации. Это в период разрухи, когда страна поднималась из руин после вражеского нашествия, экономили на всем, не хватало ни материальных, ни энергетических, ни трудовых ресурсов для восстановления и строительства новых жилых и производственных объектов. Прошло 80 лет и в стране накоплен потенциал для принятия оптимальных инженерных решений по проектированию, строительству и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения. Устройство аварийного выпуска перед канализационной станцией можно допускать, но использовать только для катастрофических ситуаций (в период военных, диверсионных, непредсказуемых событий). Плановые ремонтные работы систем подачи воды прогнозируются, а аварийные могут выполняться так, что допустимая пропускная способность системы водоснабжения или водоотведения сохраняется за счет резервирования водоводов, насосных агрегатов, регулирующих емкостей, устройств переключений на трубопроводах и т.д. Так зачем нормировать сброс сточных вод в водоем или снижать потребление воды на объекте? Необходимо совершенствовать требования по надежности систем водоснабжения и водоотведения.

Выводы

1. Анализ аналитических и экспериментальных исследований оценки подачи воды по водоводам насосами на объектах г. Москвы и Московской области показал, что определение

количества ремонтных участков на водоводах необходимо выполнять методом итераций, с использованием графоаналитических методов расчета кольцевых трубопроводных систем.

2. Требования по функционированию сооружений систем водоснабжения и водоотведения необходимо нормировать в полной взаимосвязи с условиями подачи и отвода воды для потребителей единого объекта.

Библиография

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. М., Стройиздат, 1974.С.147-150.

2. Проблемы надежности систем водоснабжения: Тезисы докладов Всесоюзной конференции по надежности систем водоснабжения. - М.: Моск. тип. 1973. -144 с.

3. СП 32.13330 - 2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 2018. - С. 9.

4. СП 31.13330 - 2021. Строительные правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., 2022. – С. 13

1. Abramov N.N. Water supply. Moscow, Stroyizdat, 1974. pp.147-150.

2. Problems of reliability of water supply systems: Abstracts of the All-Union Conference on reliability of water supply systems. Moscow: Moscow. tip. 1973. 144 p.

3. SP 32.13330 - 2018. Sewage system. Outdoor networks and structures. Moscow, 2018. - p. 9.

4. SP 31.13330 - 2021. Building regulations. Water supply. Outdoor networks and structures. Moscow, 2022. – p. 13

Преимущества и недостатки частотного регулятора подачи воды в системах водоснабжения

Зверев С.А. (МГРИ, lilpeep19962007@gmail.com),*
Жуков Б.В. (МГРИ, zhukovbv@mgri.ru),
Петраш Е.П. (МГРИ, petrashep@mgri.ru)

Аннотация

В статье “Преимущества и недостатки частотного регулятора подачи воды в системах водоснабжения” описывается принцип работы частотного регулятора подачи воды, сферы в которых его можно применить, преимущества и недостатки использования частотного регулятора подачи воды в разных системах водоснабжения.

Ключевые слова

Водоснабжение, частотный регулятор, насосы, регуляция, давление

Теория

Частотный регулятор подачи воды (ЧРП) — это устройство, которое управляет работой насосов в системах водоснабжения, изменяя частоту вращения электродвигателя. Такая технология активно применяется в бытовых, промышленных и коммунальных системах благодаря своей способности оптимизировать работу оборудования.

Основной принцип работы ЧРП. Скорость вращения двигателя насоса зависит от частоты переменного тока, подаваемого на него (обычно 50 Гц в стандартной сети). ЧРП изменяет эту частоту, чтобы насос работал с нужной производительностью, поддерживая давление на заданном уровне. Для этого устройство использует обратную связь от датчиков давления и электронику для точной регулировки.

Компоненты ЧРП

- 1. Выпрямитель: Преобразует переменный ток из сети в постоянный.
- 2. Инвертор: Генерирует переменный ток с регулируемой частотой и напряжением для двигателя.
- 3. Микропроцессорный контроллер: Обрабатывает данные от датчиков и управляет инвертором.
- 4. Датчик давления: Измеряет текущее давление в системе и передает данные в ЧРП.

Упрощённая схема работы ЧРП. Сначала ЧРП измеряет давление, с помощью специально установленного датчика давления, если оно не соответствует заранее заданному значению, которое необходимо потребителю, то устройство рассчитывает, как нужно изменить скорость вращения лопастей насоса, чтобы привести давление в системе к необходимому значению. Если давление ниже заданного (например, из-за большого потребления воды), ЧРП увеличивает частоту тока (скажем, с 35 Гц до 50 Гц). Насос ускоряется, увеличивая подачу воды и давление. Если давление выше нормы (при малом расходе), частота снижается (например, до 25 Гц), насос замедляется, и давление уменьшается. Инвертор генерирует ток с нужной частотой и напряжением, обеспечивая плавное изменение скорости вращения насоса. Это исключает резкие скачки давления и механические нагрузки на оборудование. ЧРП работает в режиме реального времени, постоянно получая данные от датчика и подстраивая частоту, чтобы давление оставалось стабильным.

Главные достоинства частотного регулятора подачи.

Первое, и одно из самых важных преимуществ, возможность поддержания стабильного давления (напора) в системе, это исключает скачки давления, что особенно важно для чувствительного оборудования и комфортного использования в быту.

Второе, ЧРП позволяет экономить электроэнергию, затрачиваемую на работу насосов. Частотный регулятор позволяет плавно регулировать скорость вращения насоса в зависимости от текущей потребности в воде, это и снижает энергопотребление, особенно в системах с переменным расходом, где традиционные насосы работают на постоянной мощности, даже когда это избыточно.

Электропотребление обычных скважинных насосов часто превосходит электропотребление насосов с частотным регулированием на 30-50%. Это происходит из-за того, что реальные потребности в мощности насоса в штатном режиме в 1,5-2 раза меньше, чем максимальная производительность насоса.

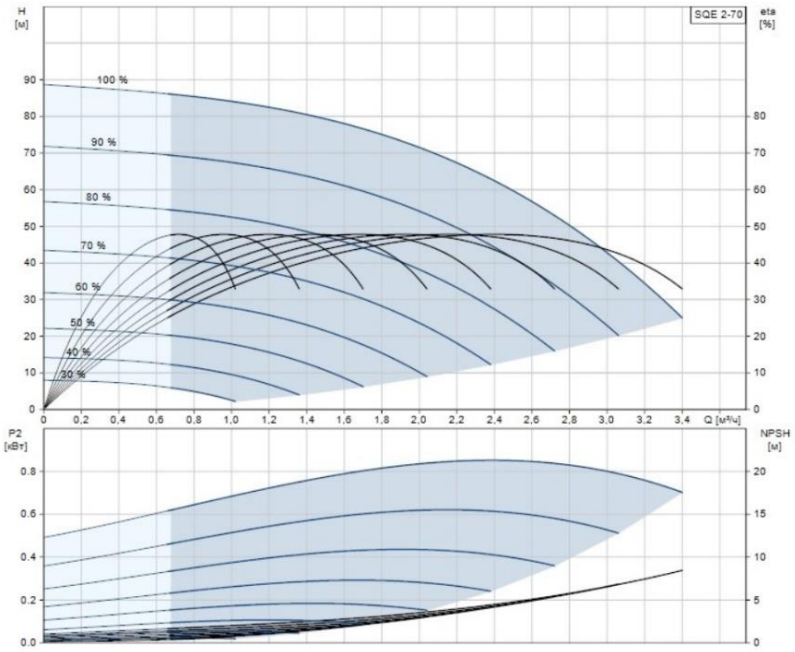

Рисунок 2. Характеристики насоса с частотным регулятором подачи воды

Третье, увеличение срока службы оборудования, плавный пуск и остановка насоса, которые обеспечивает регулятор, снижают механическую нагрузку на двигатель, подшипники и другие элементы системы. Это уменьшает износ и частоту ремонтов, продлевая срок службы насосного оборудования.

Четвёртое, снижение гидравлических ударов, благодаря плавному изменению скорости работы насоса, частотный регулятор минимизирует гидроудары — резкие скачки давления, которые могут повредить трубы и фитинги. Это повышает надежность всей системы водоснабжения.

Последним важным преимуществом данных насосов является компактность размещения. Для обычного насоса потребуется площадь для размещения 1-2 баков емкостью 25-50 литров, реле давления, реле холостого хода и сопутствующей арматуры.

Недостатки частотного регулятора подачи.

Как и любая техника частотный регулятор имеет не только достоинства, но и недостатки.

Первый, цена. Частотные регуляторы, это сложные электронные устройства, их покупка потребует значительных вложений что для небольших, в основном частных, систем такое приобретение может оказаться экономически невыгодным.

Второе, прибор достаточно чувствителен к внешним условиям, электроника частотного регулятора может быть уязвима к перепадам напряжения, повышенной влажности или пыли. В связи с этим лучше всего заранее предусматривать для ЧРП отдельный шкафчик, чтобы избежать преждевременного выхода устройства из строя.

Третье, высокая стоимость обслуживания, при поломке, замена компонентов, как и стоимость самого ЧРП, обойдётся достаточно дорого, что опять же может оказаться экономически нецелесообразно для небольших систем или частных домов.

Рисунок 3. Частотный преобразователь для насоса acr 1500 вт

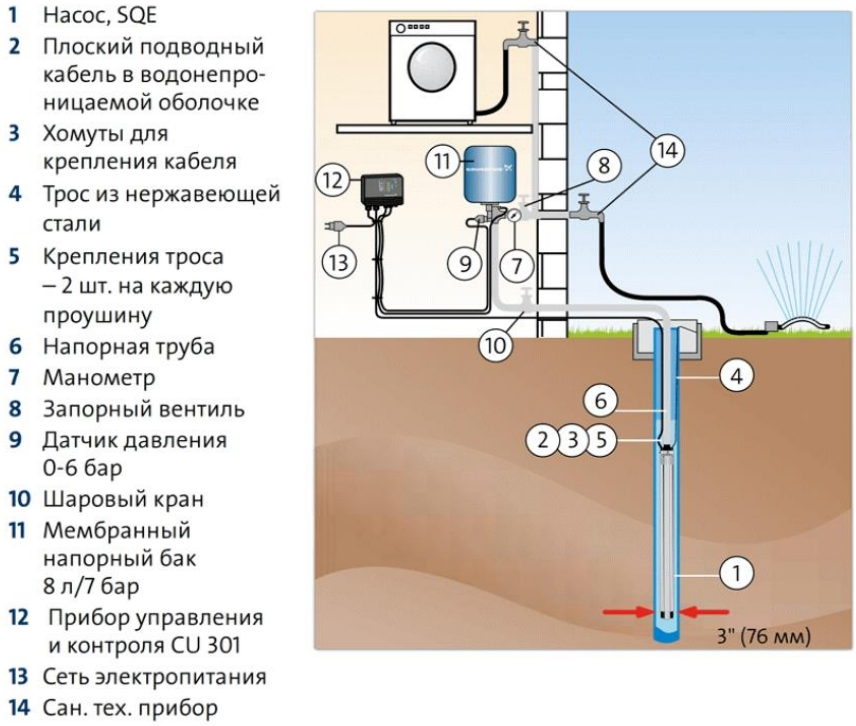

Рисунок 4. Схема водоснабжения из скважины с частотным регулятором

Выводы

Частотный преобразователь подачи — это современное решение, которое идеально подходит для систем, в которых присутствует сильно нестабильное водопотребление, обеспечивая экономию ресурсов, стабильность и долговечность оборудования. Однако его применение требует тщательного анализа: высокая стоимость и сложность эксплуатации могут стать ограничивающими факторами, из-за чего в некоторых ситуациях такое техническое решение как установка ЧРП может стать неоправданно дорогим удовольствием, особенно для небольших или простых систем. Перед внедрением ЧРП важно оценить потребности системы, бюджет и условия эксплуатации, чтобы преимущества технологии перевешивали ее недостатки.

Библиография

1. Беспалов В. Я. Перспективы создания отечественных электродвигателей нового поколения для частотно-регулируемого электропривода // АЭП-2004, Магнитогорск,14-17 сентября 2004 г., С.24-31
2. Лезнов Б. С.Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. — М.: Машиностроение, 2013. - 176 с.
3. Преимущества и недостатки скважинных насосов с частотными преобразователями, октябрь 2023, https://www.str37.ru/stati/preimushchestva-i-nedostatki-skvazhinnyh-nasosov-s-chastotnymi-preobrazovatelyami/

Оценка степени влияния сточных вод предприятий на водные объекты бассейна р. Уфы

Ишмухаметова Я.Г.* (МГРИ, ismuhametovaanguzel@gmail.com),
Соколов Л.И. (МГРИ)

Аннотация

Выполнена оценка уровня антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна р.Уфы и установлены индексы их загрязнённости. При этом использовались показатели нагрузки сточными водами промпредприятий и загрязняющими веществами в сравнении с нормативами допустимых сбросов. Показано, что р. Уфа в целом, а также ее основные притоки характеризуются высокими значениями антропогенной нагрузки и испытывают «водный стресс» в маловодные годы.

Ключевые слова

Водные объекты бассейна р. Уфы, сточные воды, нагрузка загрязняющими веществами, индекс загрязнённости вод

Теория

В городе Уфа - столице республики Башкортостан, проживает 1,2 млн. чел., количество предприятий - водопользователей составляет 1587. Водные ресурсы по территории республике распределены неравномерно. Наиболее обжитые районы с высокой потребностью в воде (западный, южный, центральный Башкортостан) отличаются бедностью водных ресурсов.

Целью данной работы является оценка влияния хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод на водные объекты Уфы для сохранения качества существующих водных объектов и снижения уровня их загрязнения.

Основанием для оценки влияния сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод на состояние рек Уфа и её притоков являются критерии безопасности, которые формируют условия для обеспечения необходимого технологического состояния локальных очистных сооружений предприятий и канализационных очистных сооружений города [1].

Для исследования использовались данные мониторинга качества поверхностных вод Республики Башкортостан и результаты исследований учёных [2]. В данной работе изучено влияние промышленных сбросов на качество воды поверхностных источников, а именно реки Уфа и её притоков: р. Шугуровка, р. Юрюзань. В России оценку воздействий сточных вод на водоёмы проводят через расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ). За рубежом используется показатель – grey water footprint [3-7]. УКИЗВ (удельные комбинаторные индексы загрязненности вод) рассчитывали для каждого притока реки Уфы и собственно в целом для реки с использованием для всех показателей в качестве пороговых значения ПДК по каждому веществу.

Исследования позволили рассчитать универсальный комбинаторный индекс загрязнения воды и установить классы загрязнений изученных поверхностных водоемов (см. табл.1 и табл.2 и рис.1). Для всех исследованных водотоков УКИЗВ, рассчитанные с использованием ПДК, имеют критические показатели загрязненности. На карте представлены критические точки загрязнений с УКИЗВ в красных квадратах (см. рис. 1).

Таблица1. Качество воды в реке Уфа и ее притоках по показателям, превышающим нормативы

Пункт наблюдения	Показатель качества	Количество проб	ПДК$_{рх}$	Кол-во проб с превыш. ПДК$_{рх}$	Превышение ПДК$_{рх}$,%
р.Уфа г.Уфа	БПК$_5$, мгО$_2$/дм^3	62	2	6	7
	фенолы, мг/дм^3	62	0,002	19	28
	нефтепродукты, мг/дм^3	62	0,06	10	18
	медь, мкг/дм^3	62	1	41	74
	марганец, мкг/дм^3	62	10	49	79
р.Шугуровка г.Уфа	БПК$_5$, мгО$_2$/дм^3	63	2	15	18
	фенолы, мг/дм^3	63	0,002	22	38
	нефтепродукты, мг/дм^3	63	0,06	15	26
	медь, мкг/дм^3	63	1	51	81
	марганец, мкг/дм^3	63	10	61	98
р.Юрюзань д.Чулпан	нефтепродукты, мг/дм^3	35	0,06	12	42
	медь, мкг/дм^3	35	1	22	76

Таблица 2. Загрязняющие вещества рек, класс и индексы загрязнений

	Критерий оценки загрязненности		р. Уфа - г. Уфа в черте г. Уфы	р. Шугуровка - г. Уфа	р. Белая – г. Уфа, 6 км выше города	р. Белая – г. Уфа водозабор
	ПДК, мг/л	Лимитирующие признаки				
Хлориды, мг/л	300	С.-т.	6,70	82,3	123	42,9
Сульфаты, мг/л	100	С.-т.	75,2	266	120	88,4
ХПК, мг/л	15	Общ.т.	25,7	19	35,4	26,0
БПК5, мг/л	2	Общ.т.	0,494	0,450	0,38	0,173
NH_4, мг/л	0,4 по азоту	Т.	0,299	0,175	0,26	0,174
NO_2, мг/л	0,02 по азоту	Т.	0,015	0,021	0,012	0,22
NO_3, мг/л	9,1 по азоту	С.-т.	4,16	9,90	6,39	4,22
Железо общ.,мг/л	0,1	Органолептический	0,21	0,074	0,110	0,115
Медь, мкг/л	0,001	Т.	2,50	1,65	2,01	3,18
Цинк, мкг/л	0,01	Т.	3,06	2,40	6,01	3,40
Никель, мкг/л	0,01	Т.	12,3	5,87	1,01	10,2
Марганец, мкг/л	0,01	Т.	113	145	134	119
Фенолы, мг/л	0,001	Р-х.	0,003	0,003	0,002	0,002

Нефтепрод., мг/л	0,05	Р-х.	0,186	0,166	0,13	0,10
УКИЗВ	-	-	4,44	4,58	4,32	4,47
Класс	-	-	Грязная 4а	Грязная 4а	Грязная 4а	Грязная 4а

В указанных притоках реки Уфа и собственно в самой реке вода классифицируется как «грязная 4А», что свидетельствует об опасном уровне загрязнения и негативном влиянии предприятий ООО «Башнефть-Сервис НПЗ», ООО «Компания КРУС», ОАО «УКХП», ООО «Промоборудование» на экосистему реки. Высокие значения показателей сточных вод, сбрасываемых в водоёмы, по нефтепродуктам, фенолу, тяжёлым металлам свидетельствуют о недостаточно эффективной очистке на локальных очистных сооружениях предприятий.

Выводы

Выполнена оценка антропогенной нагрузки в отношении вод речного бассейна Уфы, расположенного на территории Республики Башкортостан.

Промышленные предприятия, такие как Уфимские ТЭЦ, УМПО, нефтеперерабатывающие заводы, а также другие крупные производства, играют опасную роль в загрязнении рек в Уфе. Строительство новой ТЭЦ, производственная деятельность и муниципальные стоки усугубляют ситуацию, в то время как смыв с территорий недействующих предприятий, таких как Уфахимпром, добавляет фенол и диоксины в водные системы.

Проведенный анализ показал, что р. Белая и р. Уфа в целом, а также ее основные притоки характеризуются высокими значениями антропогенной нагрузки и относятся к категории «грязная», испытывая «водный стресс» до 25% в маловодные годы. Изученные водные объекты уже сегодня не в состоянии справиться с поступающими в них загрязненными сточными водами, несмотря на имеющиеся на промпредприятиях локальные очистки. Особенно сложная ситуация возникает в маловодные годы и периоды летне - осенней и зимней межени.

Одной из первоочередных мер по обеспечению водохозяйственной безопасности в бассейне Уфы является установление на предприятиях эффективного очистного оборудования для локальной очистки, а также модернизация действующих канализационных очистных сооружений города.

Необходимо внедрить комплекс мероприятий, направленных на усиление контроля за состоянием ливневой канализации, на улучшение системы очистки стоков, а также проведение работ по рекультивации водосборных территорий. Важно также активизировать процессы самоочищения водных объектов, что может быть достигнуто за счет создания искусственных водных экосистем, способствующих биологическому разложению загрязнителей.

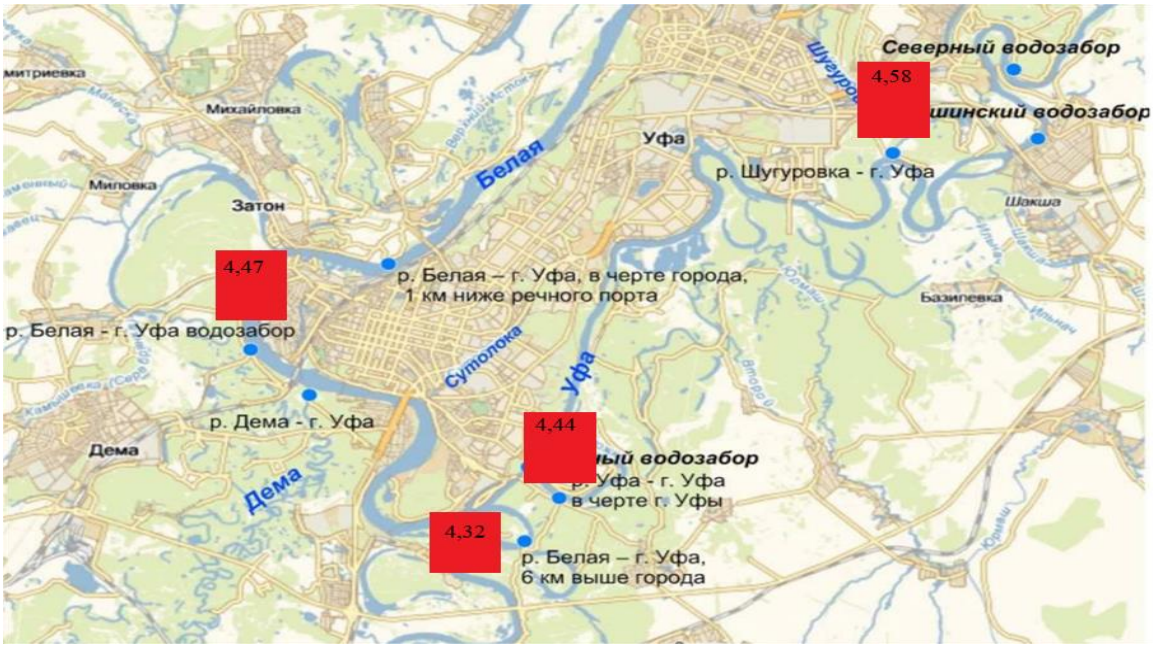

Рисунок 1. Индексы загрязнённости вод на карте бассейнов рек Белая и Уфа (значения индексов выделены на красных площадках)

Библиография

1. Соколов Л.И., Силинский В.А. Водная безопасность региона // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.2. URL: https://technosphere-ing.ru С. 319 –337. DOI: 10.34828/UdSU.2024.76.89.011

2. Теплова Д. С. Загрязнение поверхностных вод в пределах г. Уфы / Д. С. Теплова // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 23-25 ноября 2017 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 445-448].

3. Pellicer-Martinez F., Martinez-Paz J.M. Grey water footprint assessment at the river basin level: Accounting method and case study in the Segura River Basin, Spain // Ecological Indicators. – 2016. – Vol. 60. – P. 1173-1183.

4. Bo Wu, Weihua Zeng, Honghan Chen, Yue Zhao. Grey water footprint combined with ecological network analysis for assessing regional water quality metabolism // J. of Cleaner Production. – 2016. – Vol. 1. – P. 4. – P. 3138-3151.

5. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. – Paris: UNESCO, 2015. – 122 p.

6. Hoekstra Arjen Y., Ashok K. Chapagain and Guoping Zhang. Water Footprints and Sustainable Water Allocation // Sustainability. – 2016, 8 (1), 20 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mdpi.com/2071-1050/8/1/20/htm.

7. Cazcarroa I., Duarteb R., Sanchez-Cholizb J. Downscaling the grey water footprints of production and consumption // J. of Cleaner Production. Available online. – 31 July 2015 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615010446.

Применение АОР-технологий для снижения концентраций отходов фармацевтической промышленности в водных растворах

Калюк К.Н.* (МГРИ, konstantin.kalyuk@gmail.com),
Гогина Е.С. (МГРИ, gogina-es@yandex.ru),
Морозов Н.А. (ООО «Московские озонаторы», morozov.na@mozon.ru)

Аннотация

Данная статья посвящена исследованию эффективности снижения ХПК водных растворов, содержащих отходы фармацевтической промышленности, при использовании усовершенствованного окислительного процесса с применением озона и пероксида водорода.

Одной из ключевых проблем современности является загрязнение окружающей среды и крупным источником загрязнения являются промышленные предприятия. Фармацевтические предприятия отличаются от прочих уникальным спектром производимой продукции и таким же уникальным составом производимых сточных вод. Технологическая схема очистных сооружений фармацевтической промышленности должна быть тщательно продумана и спроектирована, опираясь на физические, химические и биологические исследования в этом направлении.

В ходе данного лабораторного исследования были сравнительно рассмотрены два метода очистки воды: озонирование и процесс усовершенствованного окисления с использованием озона и пероксида водорода.

Ключевые слова

Сточные воды, озонирование, фармацевтическая промышленность, АОР-технологии

Теория

Исходными образцами эксперимента являлись три концентрированных водных раствора, полученных с фармацевтического предприятия, следующего состава:

1. Водный раствор парацетамола (пара-ацетиламинофенол $C_8H_9NO_2$), концентрацией 7,92 г/л, объёмом 1 л;
2. Водный раствор фталата натрия (бензолдикарбоксилат-1,2 натрия $C_8H_4O_4Na_2$), концентрацией 20 г/л, объёмом 1 л;
3. Водный раствор смеси: амоксициллина тригидрата ($C_{16}H_{19}N_3O_5S$), концентрацией 1,3 г/л, триметиламмония хлорида ($(CH_3)3NHCl$), концентрацией 4 г/л и гидрохинона (пара-дигидроксибензол $C_6H_6O_2$) концентрацией 4 г/л, объёмом 1 л.

Окисление растворов проводилось на экспериментальной установке УЛ-2 (рисунок 1), предоставленной специально для этой работы организацией ООО «Московские озонаторы». Количество подаваемого озона в ходе всего эксперимента составляла 2 г/ч. Отбор проб осуществлялся каждые пять минут в течение 20-минутного озонирования. Включая нулевую пробу, во время озонирования каждого раствора было отобрано 9 проб, объём одной пробы для определения ХПК составляет 10 мл. ХПК отобранной воды определялся кюветным методом.

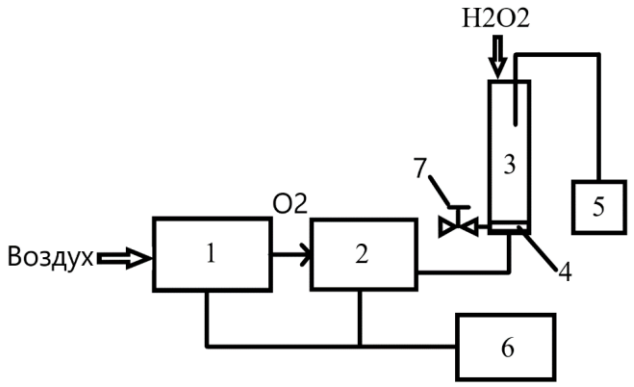

Рисунок 1. Экспериментальная схема установки озонирования, где: 1 — концентратор кислорода; 2 — генератор озона; 3 —контактная колонна; 4 — диспергатор; 5 — термокаталитический деструктор; 6 — источник напряжения; 7 — шаровой кран для пробоотбора

После окончания эксперимента и анализа проб все данные были занесены в таблицу 1.

Таблица 1. Начальные и конечные показатели эксперимента по озонированию растворов фармацевтических препаратов

Объем колонны (DN80, 1 м в.с.), л	4,416					
№ раствора	Раствор №1		Раствор №2		Раствор №3	
Вариант озонирования	Без H_2O_2	С H_2O_2	Без H_2O_2	С H_2O_2	Без H_2O_2	С H_2O_2
Содержащиеся реагенты	Парацетамол $C_8H_9NO_2$		Фталат натрия $C_8H_4O_4Na_2$		Амоксициллин тригидрат $C_{16}H_{19}N_3O_5S$; Триметиламмония хлорид $(CH_3)3NHCl$; Гидрохинон $C_6H_6O_2$	
$C_{реаг}$, мг/л	7920		20000		2000 4000 4000	
$V_{исп.\ р\text{-}ра}$, мл	56		37		22	
V (H_2O_2, 60%)	-	83	-	67	-	37
$ХПК_{исх}$	2328		43,9		22	
$ХПК_2$, $t_{озон\text{-}я}$=5 мин	299,5	5343	98	1956	1199	3190
$ХПК_3$, $t_{озон\text{-}я}$=10 мин	201	6880	134	3069	1577	4966
$ХПК_4$, $t_{озон\text{-}я}$=15 мин	171	3325	152	3023	984	2416

ХПК$_5$, $t_{озон-я}$=20 мин	152	2128	167	2995	476	1341

После анализа данных таблицы 1 можно сделать вывод, что окисление раствора 1 (парацетамол) оказалось эффективнее системой без содержания перекиси. Наблюдаемые изменения могут говорить о том, что в первые 10 минут образовываются более трудноокисляемые продукты, на образование которых расходуется пероксид водорода, которые тем не менее оказываются неустойчивыми и при продолжении окисления, вероятно, могут разложиться на более окисленные формы. Однако наиболее вероятно то, что добавление пероксида водорода не влияет на проведение процесса окисления данного соединения, а увеличение уровня ХПК связано с тем, что пероксид водорода на ранних стадиях подвергался окислению в незначительной степени и оставался в системе, так как отобранные пробы реагировали с компонентами тест-системы (уравнение 1), с образованием сульфата хрома (III), имеющего зелёную окраску, что и регистрировалось спектрофотометрически.

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2O_2 = Cr_2(SO_4)_3 + 3O_2 + 7H_2O \qquad (1)$$

Для раствора 2 (динатриевая соль фталевой кислоты) наблюдался самый низкий исходный уровень ХПК, что вероятно связано с природой самого вещества – фталат натрия может не давать реакцию на ХПК. Как и в случае с озонированием пробы 1, проведение окисления в присутствии пероксида водорода показывало значительный рост ХПК, связанный с той же проблемой – наличием недоокисленного озона в растворе. Увеличение ХПК, после 10 минут озонирования, в присутствии или отсутствие H2O2, скорее всего, связано с образованием более сложных и устойчивых форм органических соединений, которые накапливаются в растворе и при анализе пробы дают реакцию на ХПК. Для подобных систем проводились исследования их разложения, и было показано, что использование, помимо перекиси и озона, режима жёсткого УФ позволяет достаточно быстро добиться полного разложения ароматических карбоновых кислот (терефталевая, фталевая, бензойная) и, соответственно, их солей. [4]

Окисление смеси 3 (амоксицилин, триметиламмония хлорид, гидрохинон) подтверждает наблюдаемые изменения для систем 1 и 2. Так, например, безперекисное озонирование данной смеси также приводит к увеличению наблюдаемого уровня ХПК в первые 10 минут озонирования, а затем убывает, что, вероятнее всего, связано с протеканием реакции окисления гидрохинона до хинона (рисунок 2), который может выступать в качестве ингибитора процесса радикального разложения органики (рисунок 3) и приводит к образованию более сложных компонентов, в том числе имеющих ароматическое строение, которые затем окисляются дихроматом при проведении теста на ХПК [3].

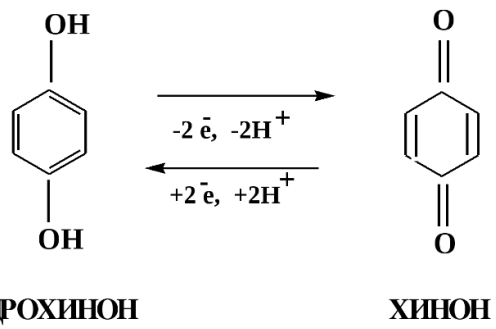

Рисунок 1. Двусторонняя реакция превращения гидрохинона в хинон

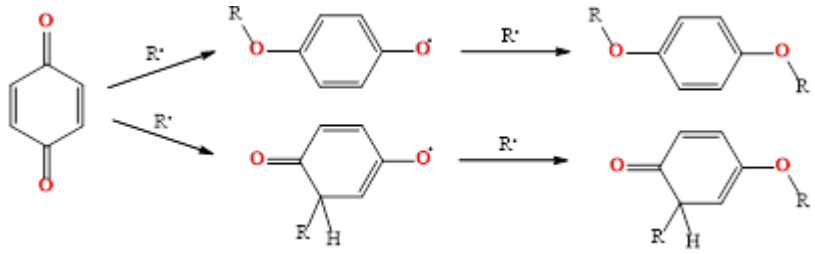

Рисунок 2. Механизм ингибирования радикальных реакций хиноном, приводящий к образованию более сложных соединений

Выводы

Применение совместного воздействия O_3/H_2O_2 отрицательно влияет на ХПК водных растворов, содержащих отходы фармацевтической промышленности и фармацевтические препараты. Из результатов эксперимента следует, что совместное присутствие озона и пероксида водорода в реакционной системе способствует образованию более сложных, стабильных и устойчивых к окислению соединений.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что описанная в работе AOP-технология имеет ограниченную применимость при разработке технологических схем по очистке сточных вод фармацевтических предприятий, требуя значительное увеличение времени реакции для эффективного использования.

Благодарности

Отдельные благодарности выражаются ООО «Московские озонаторы» и НИИСФ РААСН за помощь в проведении эксперимента и анализа его результатов.

Библиография

1. Gottschalk C., Libra J.A., Saupe A. Ozonation of water and wastewater: a practical guide to understanding ozone and its applications - KGaA, Weinheim.: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co – 2010. – 353 С.
2. Guo Y., Qi P. S., Liu Y. Z. A Review on Advanced Treatment of Pharmaceutical Wastewater // International Conference on Environmental and Energy Engineering. Conf. Series: Earth and Environmental Science – 2017. - № 63 – С. 1-6.
3. Min-Yong Lee, Wen-Long Wang, Zi-Bin Xu, Bei Ye, Qian-Yuan Wu, Hong-Ying Hu. The application of UV/PS oxidation for removal of a quaternary ammonium compound of dodecyl trimethyl ammonium chloride (DTAC): The kinetics and mechanism // Science of the Total Environment – 2019. - №655 – С. 1261-1269.
4. Ramesh Thiruvenkatachari, Tae Ouk Kwon, Il Shik Moon. Degradation of Phthalic Acids and Benzoic Acid from Terephthalic Acid Wastewater by Advanced Oxidation Processes // Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering – 2006. - №41(8) – С. 1685-1697.

Очистка слабоконцентрированных сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах

Кондюрин Н.Ю.* (МГРИ, n@knd88.ru),
Гогина Е.С. (МГРИ, goginaes@mgri.ru),
Спасибо Е.В. (НИИСФ РААСН, spasibo.elena@mail.ru)

Аннотация

Рассмотрена возможность решения проблемы очистки слабоконцентрированных сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах. Разработана технологическая схема реконструкции очистных сооружений малой производительности, имеющих в своем составе биофильтры. Предложено и обосновано использование загрузочного материала, изготовленного из первичного полипропилена и имеющего сетчатую ромбическую структуру. Подготовлена лабораторная установка с целью моделирования процессов денитрификации-нитрификации на биофильтрах с последующим получением результатов санитарно-химических анализов и проведением исследований образующейся биопленки.

Ключевые слова

Очистка сточных вод, биофильтр, загрузочный материал, денитрификация-нитрификация

Теория

Процесс очистки сточных вод на биофильтрах заключается в обтекании жидкостью поверхности загрузочного материала, на котором колониями микроорганизмов образуется и развивается биологическая пленка. [1] На сегодняшний день большое количество очистных сооружений, имеющих в составе биофильтры, функционируют в режиме, значительно отличающимся от проектных параметров. В результате морального и физического износа станции биофильтрации, построенные в 60-70-ые годы прошлого века, нуждаются в реконструкции, которая должна затрагивать модернизацию загрузочного материала, системы орошения и дренажа. [2]

Важной становится проблема интенсификации процессов биологической очистки в существующих габаритах фундаментной площадки. Качественные и количественные показатели сточных вод, подаваемых на очистные сооружения, являются определяющими при выборе технологической схемы и конструкции биофильтра. Основные тенденции последних лет свидетельствуют об увеличении концентраций загрязнений в исходном стоке. В таких случаях при реконструкции очистных сооружений малой производительности оценивают целесообразность отказа от биофильтров с переходом на модульные станции денитрификации-нитрификации в биореакторах. [4]

Наиболее острой и актуальной является проблема очистки слабоконцентрированных сточных вод: необходимо разработать варианты реконструкции, включающие возможности организации стабильных условий для биологической очистки при специфическом соотношении концентрации загрязнений БПК/Азот/Фосфор, а также предусмотреть опцию биоподпитки с целью повышения содержания органических веществ в сточных водах.

Определение оптимальной работы биофильтра заключается в расчете гидравлической нагрузки, которая представляет собой отношение расхода сточных вод к площади загрузочного материала. [3] Учитывая широкий диапазон применения различных видов загрузок (объемная с разной крупностью фракций материала или плоскостная керамическая, пластмассовая, металлическая, синтетическая с отличающейся пористостью), выбор носителя

биомассы имеет ключевое значение. Наиболее распространенной является блочная загрузка, сокращающая сроки проведения реконструкции. [5]

В качестве исследуемой в рамках лабораторной установки была выбрана загрузка, изготовленная из первичного полипропилена. Данный тип загрузки показал хорошие результаты при его применении в градирнях в роли оросителя. Ввиду ромбической сетки одновременно обеспечивается низкое аэродинамическое сопротивление и развитая поверхность межфазного взаимодействия. Основные характеристики применяемой загрузки приведены в таблице 1:

Таблица 1. Характеристики загрузочного материала

Структура	Сетчатая ромбическая
Масса 1м^3, кг	20
Пористость, %	93-97
Толщина полимерного волокна, образующего сетчатую оболочку, мм	3
Удельная площадь поверхности, м^2/м^3	200

Перед началом использования загрузки в биофильтре проведено исследование на предмет возможного влияния материала (полипропилена) на качество сточных вод. Элемент носителя биомассы выдерживали в дистиллированной воде в течение от нескольких суток до одного месяца (Рисунок 1), после чего проводили измерения значений ХПК. Значение коэффициента детерминации R^2=0,0008, что свидетельствует об отсутствии выраженной тенденции изменения ХПК с течением времени.

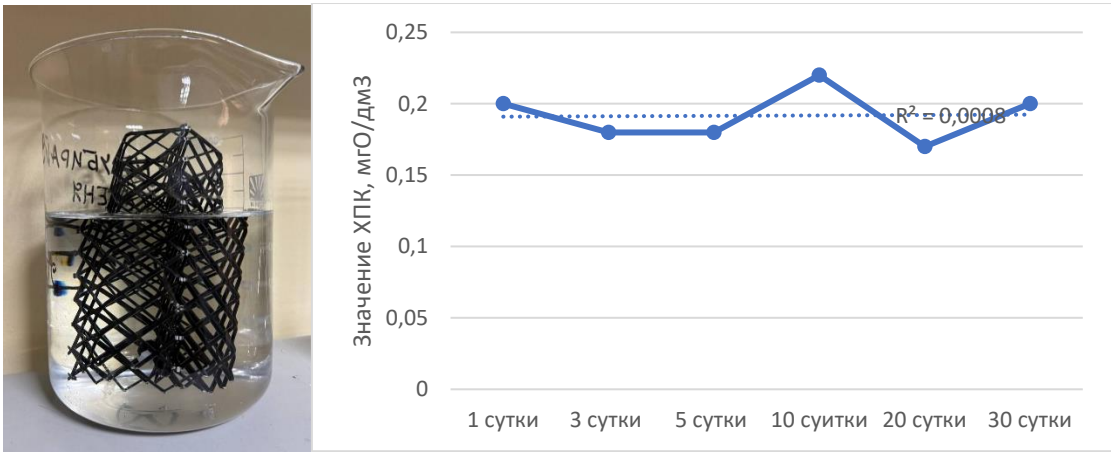

Рисунок 1. Исследование загрузочного материала

Для лабораторного моделирования процесса очистки слабоконцентрированных сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах была изготовлена опытная установка (Рисунок 3), которая представляла собой:

1. Цилиндр из органического стекла, закрытый плотно силиконовой крышкой, диаметром 100 мм, высотой 500 мм, высотой слоя загрузки 450 мм – денитрификатор;
2. Цилиндр из органического стекла, открытый в верхней части, а также с двумя окнами для обеспечения естественной аэрации загрузочного материала, диаметром 100 мм, высотой 1000 мм, высотой слоя загрузки 950 мм – нитрификатор;

3. Цилиндр из органического стекла, открытый в верхней части, диаметром 100 мм, высотой 250 мм – вторичный отстойник;
4. Насос-дозатор Etatron – подача сточных вод;
5. Емкость 50 л – подающий бак;
6. Одноканальный перистальтический насос BT103-S – рециркуляция возвратного ила, вынесенного с биопленки;

Принципиальная технологическая схема представлена на рисунке 2.

Установка испытывается на искусственно созданной сточной жидкости на основе основного пептона. Искусственная сточная вода имитирует слабоконцентрированные сточные воды, характерные для условий Российской Федерации. Для формирования биопленки носитель многократно проливали активным илом, полученным с действующих очистных сооружений.

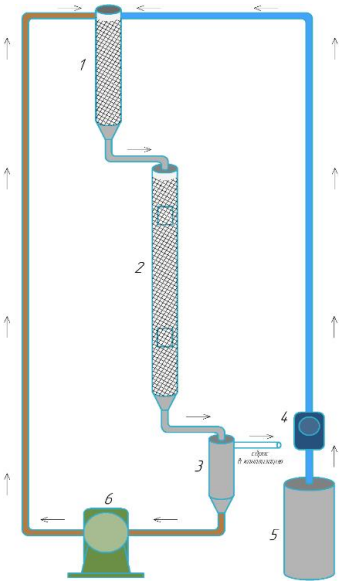

Рисунок 2. Принципиальная технологическая схема лабораторной модели

Рисунок 3. Общий вид лабораторной установки

В лабораторных условиях подготовлена имитация слабоконцентрированных сточных вод со следующими средними значениями основных загрязнений: БПК$_5$ – 45 мгО$_2$/дм^3, Азот аммонийный – 25 мг/дм^3, Фосфор – 2 мг/дм^3.

Задачей первого этапа исследований заключалась в определении гидравлической нагрузки (q_{pf}) и окислительной мощности (ОМ) биофильтра. Начальные параметры функционирования модели установлены следующие:

q_{pf} – 9,12 м^3/м^2*сут

ОМ – 436,80 мг/м^3*сут

Рециркуляция - 200%;

Температура сточных вод - 18°С;

Температура в помещении - 23°С.

Следующим этапом является проведение комплекса лабораторных исследований, направленных на определение основных санитарно-химических показателей неочищенной и осветленной сточной воды с целью принятия решения о возможной корректировке гидравлической нагрузки для повышения эффективности очистки. Не менее важной задачей считается выполнение периодического гидробиологического анализа с целью изучения разнообразия микроорганизмов биопленки.

В случае отсутствия устойчивых высоких результатов очистки сточных вод в моделируемых условиях будет рассмотрен вопрос внедрения в технологическую схему узла органической подпитки.

Выводы

Параметры выбранного типа загрузочного материала соответствуют для оптимального функционирования биофильтра, в том числе для наращивания биопленки. В рамках продолжения исследования следует определить оптимальные значения гидравлической нагрузки, выявить зависимость эффективности очистки при меняющей окислительной мощности биофильтра и сделать заключение о возможности решения проблемы очистки слабоконцентрированных сточных вод с помощью принятых технологических решений.

Библиография

1. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Биологические фильтры. М., Стройиздат, 1975, С. 136.
2. Янцен, О. В. Исследование гидродинамических характеристик биофильтра для плоскостного загрузочного материала / О. В. Янцен // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 144-148.
3. Гогина, Е. С. Разработка методики гидравлического и математического моделирования процессов глубокой очистки сточных вод от соединений азота на биофильтрах / Е. С. Гогина, О. В. Янцен, Т. Н. Бобылева // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 9. – С. 41-47.
4. Кулаков А. А. Совершенствование малых канализационных очистных сооружений//Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 5. С. 34-43.
5. Залетова Н.А., Воронов Ю.В. Новые технологии для решения современных задач очистки сточных вод. Вестник МГСУ. 2012. №2, 109-111.

Перспективы модификации метода восстановления азота и фосфора из высококонцентрированных сточных вод посредством кристаллизации струвита

Липатов В. С. (МГРИ, vitalylipatov@mail.ru),
Гогина Е. С. (МГРИ, ruzhitskaya_oa@rudn.ru)

Аннотация

В настоящей работе рассматриваются перспективы модификации метода восстановления азота и фосфора из высококонцентрированных сточных вод с использованием процесса кристаллизации струвита. Проведен анализ базовых теоретических положений кристаллизации и осаждения, а также оценка применимости существующих методик для внедрения в диссертационные исследования. Особое внимание уделено влиянию вторичных веществ, присутствующих в сточных водах, на параметры кристаллизации и качество получаемого продукта. Результаты анализа указывают на необходимость дальнейших исследований по оптимизации загрузок веществ для интенсификации формирования струвита, что может способствовать повышению эффективности процесса очистки и восстановления ценных компонентов.

Ключевые слова

Струвит, очистка сточных вод, восстановление фосфора, инновационные методы очистки, струвит, удобрение

Теория

Базовая теория кристаллизации и фундаментальные основы процессов осаждения являются хорошо изученными и доказанными концепциями, что позволяет с уверенностью утверждать их пригодность для полного внедрения технологии на существующие очистные сооружения. Но современные исследования не охватывают, теорию и практику получения струвита с описанием различных условий и сред для процесса кристаллизации. Таким образом, пробел знаний в данной сфере может быть использован в качестве плацдарма для разработки модифицированных методик восстановления азота и фосфора из сточных вод.

Применимость предложенной технологии обусловлена высокой эффективностью метода кристаллизации струвита, позволяющего не только снижать концентрацию вредных веществ в сточных водах, но и возвращать в цикл технологически ценные соединения, такие как фосфор и азот. При этом существенным аспектом является влияние присутствия вторичных веществ, характерных для высококонцентрированных сточных вод, на динамику и качество процесса кристаллизации. Эти компоненты могут выступать в роли ингибиторов или, наоборот, катализаторов формирования кристаллической фазы, что требует детального изучения с точки зрения их количественного соотношения и взаимодействия в сложной матрице сточных вод.

Кристаллизация струвита ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) представляет собой процесс осаждения из раствора при соблюдении оптимальных условий pH, концентраций исходных реагентов и температуры. Сформированные кристаллы обладают высокой степенью чистоты, что делает их перспективными для последующего использования в качестве удобрения. Теоретические модели кристаллизации учитывают такие параметры, как скорость нарастания кристаллов, их морфология, а также влияние растворенных веществ, что было подробно рассмотрено в ряде исследований [1].

Механизм формирования струвита обусловлен несколькими ключевыми этапами: первоначальное перенасыщение раствора, нуклеация, рост кристаллов и их последующая агрегация. Каждый из этих этапов может подвергаться влиянию дополнительных

компонентов, присутствующих в сточных водах. Именно эта особенность делает процесс модификации технологии актуальным направлением исследований. Фундаментальные модели осаждения позволяют прогнозировать влияние изменений концентраций вторичных веществ на эффективность формирования кристаллической фазы, что открывает возможности для оптимизации технологического процесса [3].

Процесс осаждения струвита ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) основывается на стехиометрическом уравнении:

$$Mg^{2+} + NH_4^+ + PO_4^{3-} + 6H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$$

Для оптимизации реакции выделяют несколько ключевых параметров: концентрации исходных ионов, pH раствора, температуру, а также влияние посторонних (вторичных) веществ.

Оптимальные условия реакции:

Исследования показывают, что при синтетических и реальных сточных водах оптимальными являются следующие условия:

- **pH:** Диапазон 8,0–9,5 (наиболее эффективное осаждение наблюдается при pH 8,5–9,0) [2,4] ;
- **Температура:** приблизительно 20–25 °C;
- **Исходные концентрации (молярные соотношения) [5]:**
  - PO_4^{3-}: 60–80 мг/л;
  - NH_4^+: 120–150 мг/л;
  - Mg^{2+}: 80–100 мг/л (с избытком 10–20% для компенсации соединения с посторонними ионами, диссоциированными в сточной воде);

В экспериментах, описанных в, применялся метод добавления магния в виде $MgCl_2$ для коррекции мольного соотношения, где оптимальное значение Mg^{2+}:PO_4^{3-} равнялось 1,2:1. При этих условиях эффективность осаждения достигала 85–95% по осаженному фосфору.

Влияние вторичных веществ

В сложной матрице высококонцентрированных сточных вод присутствуют вторичные компоненты, такие как сульфаты (SO_4^{2-}), карбонаты (CO_3^{2-}) и ионы кальция (Ca^{2+}), которые могут изменять динамику кристаллизации. В работе подробно проанализировано влияние следующих факторов:

Ионы кальция (Ca^{2+}):

При концентрациях Ca^{2+} свыше 20 мг/л наблюдается конкуренция с Mg^{2+} за связывание с фосфат-ионными группами. Это приводит к образованию нецелевого осадка (например, фосфат-кальциевых соединений) и снижению чистоты получаемого струвита. Экспериментальные данные показывают, что при увеличении Ca^{2+} до 50 мг/л эффективность формирования струвита может снижаться на 15–20% [5].

Сульфаты (SO_4^{2-}):

Концентрации SO_4^{2-} в диапазоне до 100 мг/л, как правило, не оказывают значительного влияния на процесс, однако их взаимодействие с Ca^{2+} может усиливать негативный эффект за счёт образования сульфатных соединений с кальцием [4].

Ионы цинка и меди (Cu^{2+} и Zn^{2+}):

Наличие ионов меди и цинка приводит ингибированию кристаллообразования за счёт эффекта антискаланта, который оказывают ионы данных металлов. Даже незначительные, концентрации ионов меди и цинка до 2 частиц на миллион (PPM) приводит к сильному уменьшению интенсивности кристаллообразования. На рисунке 1 представлены кристаллы струвита, которые были выращены в одинаковых условиях, но в первом случае ионы меди и цинка отсутствовали, а во втором концентрация была 2 чистецы на миллион. [4].

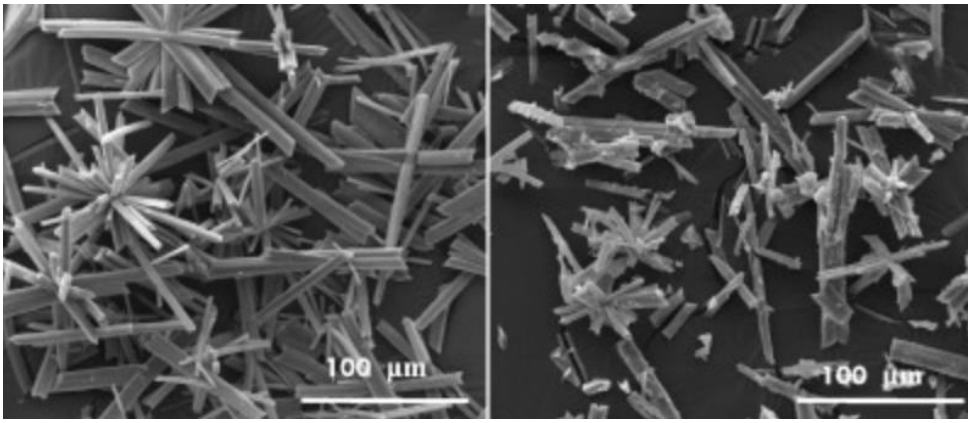

Рисунок 1. Влияние ионов меди и цинка на интенсивность кристаллизации струвита

Экспериментальные установки, описанные в , используют реакторы с непрерывным перемешиванием, где соблюдаются вышеуказанные условия. Кинетика формирования кристаллов определяется динамическим изменением концентраций ключевых компонентов. В одном из экспериментов при начальных концентрациях PO_4^{3-} = 75 мг/л, NH_4^+ = 135 мг/л и Mg^{2+} = 90 мг/л, при pH 8,8 и температуре 24 °C, время достижения максимального осаждения составляло около 60 минут, а размер кристаллов варьировался от 50 до 150 мкм в зависимости от скорости перемешивания. Использование современных методов анализа (например, рентгеновская дифракция и сканирующая электронная микроскопия) позволило установить, что чистота кристаллов струвита в оптимальных условиях превышала 90%, в то время как при наличии избытка Ca^{2+} или CO_3^{2-} чистота снижалась до 70–75% [6].

На основе проведённых исследований предлагается корректировать технологический процесс путём:

- Точного дозирования Mg^{2+} для компенсации конкуренции со стороны Ca^{2+};
- Контроля уровня pH с применением буферных систем, особенно в присутствии карбонатов;
- Постоянного мониторинга концентраций вторичных ионов, с возможностью оперативной коррекции технологических параметров в режиме реального времени.

Перспективы модификации метода

Учитывая широкий спектр параметров, влияющих на процесс формирования струвита, предлагается следующий комплекс мероприятий для оптимизации технологии:

- **Контроль состава сточных вод:** Введение предварительной стадии анализа состава позволяет корректировать технологические режимы в зависимости от концентраций вторичных веществ.
- **Регулирование pH и температуры:** Точное поддержание оптимальных значений pH и температуры способствует ускорению нуклеации и росту кристаллов, что минимизирует влияние посторонних компонентов.
- **Использование ингибиторов и катализаторов:** Определение роли специфических добавок может обеспечить стабильность процесса и повысить чистоту получаемого продукта.
- **Разработка адаптивных моделей:** Создание математических моделей, учитывающих переменный состав сточных вод, позволит прогнозировать изменения в динамике кристаллизации и корректировать технологический процесс в реальном времени.

Таким образом, перспективы модификации метода восстановления азота и фосфора через кристаллизацию струвита обусловлены необходимостью учета влияния вторичных

веществ. Результаты предварительных исследований открывают возможность дальнейшей оптимизации процесса, что представляет значительный интерес для экологически ориентированных технологий и утилизации сточных вод.

Выводы

В результате исследования установлено, что базовые теоретические положения кристаллизации и осаждения обеспечивают надежную основу для внедрения технологии в научные исследования и практические приложения. Технология получения струвита демонстрирует высокую эффективность восстановления азота и фосфора, однако влияние вторичных веществ требует дальнейшего детального изучения. Перспективным направлением является модификация технологического процесса через адаптацию условий кристаллизации в зависимости от состава сточных вод, что позволяет повысить интенсивность и качество образования струвита. Практическая реализация предложенных мероприятий может существенно улучшить эффективность очистки сточных вод и вернуть ценные компоненты в хозяйственное обращение.

Библиография

1. Колова А.Ф. Реагентное удаление фосфатов из сливных вод / Пазенко Т.Я. // Строительство и архитектура Сибирский федеральный университет. - №10 (81). - 2013. - С. 161-163.
2. E. Ariyanto, H. Ang, Impact of various physico-chemical parameters on spontaneous nucleation of struvite (MgNH4PO4.6H2O) formation in a wastewater treatment plant: kinetic and nucleation mechanism // Desalination and Water Treatment. - 2014. - №52. - С. 6620-6631.
3. Advances in Struvite Precipitation Technologies for Nutrients Removal and Recovery from Aqueous Waste and Wastewater / Alessio Siciliano, Carlo Limonti, Giulia Maria Curcio, Raffaele Molinari // Sustainability. - вып. 12. - 2020.
4. S. Muryanto, A.P. Bayuseno Influence of Cu2 + and Zn2 + as additives on crystallization kinetics and morphology of struvite // Powder Technology. - 2014. - №253. - С. 602-607.
5. Struvite as a Sustainable Fertilizer in Mediterranean Soils/ Ana Pérez-Piqueres, Ana Quiñones, Marta Ribó // Agronomy. - №13(5). - 2023.
6. Weiran C., Yi S. Recovery of Phosphorus in Wastewater in the Form of Polyphosphates: A Review // Processes . - 2022. - №7

Оптимизация процесса водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе

Сизов Д.Ю.* (МГРИ, danya.azaza.sizov@mail.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)

Аннотация

Проектируемый процесс водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе включает в себя несколько этапов, каждый из которых требует применения современных специализированных систем для очистки воды. В рамках проекта предполагается использование таких систем как ActiveFlow от Veolia, безнапорных песчаных DynaSand и угольных DynaCarbon фильтров от Nordic Water, а также ультрафильтрации.

Оптимизация процесса водоподготовки включать в себя внедрение автоматизированных систем контроля и управления процессами фильтрации, что позволяет снизить эксплуатационные затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова

Проектирование, водоподготовка, газохимический комплекс, песчаные и угольные фильтры, ультрафильтрация, оптимизация

Теория

Амурский газохимический комплекс (АГК) представляет собой масштабное строящееся предприятие, требующее проектирования и внедрения современных технологий водоподготовки, которые способны обеспечить эффективную очистку воды для производственных нужд. Вода для нужд комплекса будет очищаться от органических и неорганических загрязнителей, в том числе взвешенных частиц, нефтепродуктов, а также микроорганизмов, что требует использования передовых фильтрационных технологий.

В рамках этого проекта предполагается использование передовых систем, таких как ActiveFlow от Veolia, безнапорные песчаные DynaSand и угольные DynaCarbon фильтры от Nordic Water, а также ультрафильтрация:

ActiveFlow от Veolia представляет собой инновационную систему фильтрации, которая интегрирует несколько этапов очистки воды с использованием её потока под давлением и активных механизмов очистки. ActiveFlow позволяет существенно повысить эффективность процесса очистки при меньшем потреблении химических реагентов и воды [3]. Она эффективно удаляет взвешенные вещества и органические загрязнители, а также позволяет минимизировать износ фильтрующих материалов, что увеличивает срок службы оборудования. Схема проектируемой установки осветления воды представлена на рисунке 1.

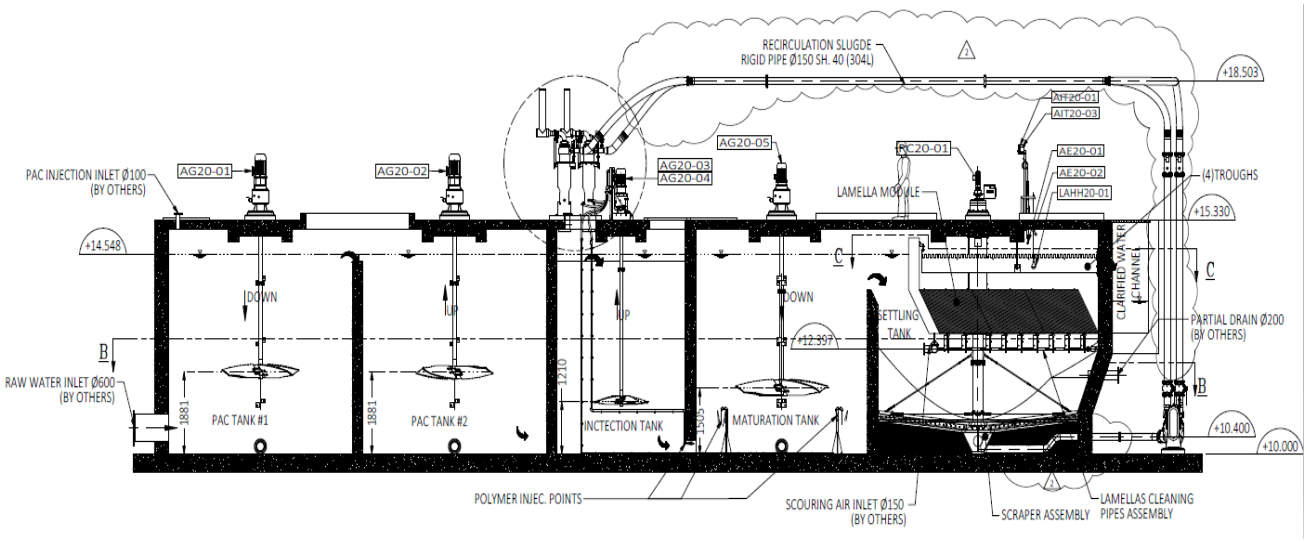

Рисунок 1. Схема проектируемого осветлителя

Безнапорные песчаные фильтры DynaSand от Nordic Water являются одним из наиболее эффективных решений для очистки воды от твердых частиц и взвешенных веществ. В отличие от традиционных фильтров, DynaSand работает на основе непрерывного фильтровального процесса, при котором песчаная фильтрующая загрузка поддерживается в движении, что предотвращает образование пробок и ускоряет фильтрацию. Данная система идеально подходит для работы с большими объемами воды и позволяет значительно снизить потребление энергии по сравнению с напорными системами фильтрации. Конструкция фильтра изображена на рисунке 2 [4].

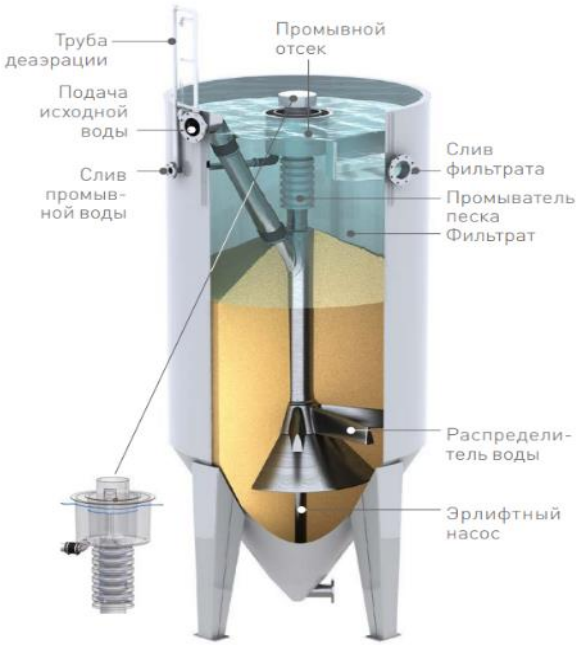

Рисунок 2. Внешний вид безнапорного фильтра

Безнапорные угольные фильтры DynaCarbon от Nordic Water работают безнапорно, но вместо песчаной загрузки используют активированный уголь для адсорбции органических загрязнителей, нефтепродуктов и других химических веществ, находящихся в воде. Активированный уголь имеет высокую пористость, что позволяет эффективно поглощать различные загрязняющие вещества, улучшая качество очищенной воды. Эти фильтры также обеспечивают стабильную производительность и экономичны в эксплуатации. Монтаж фильтров в бетонных бассейнах представлен на рисунке 3 [5].

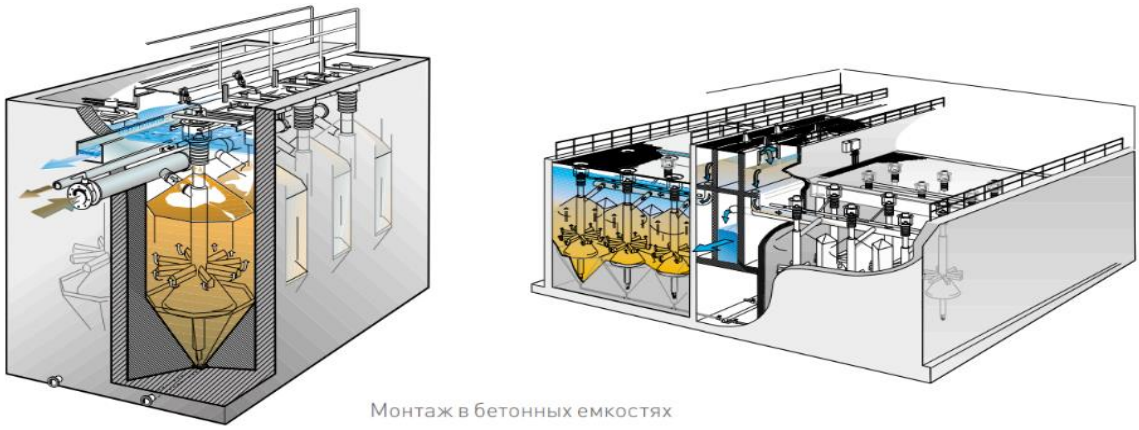

Рисунок 3. Внешний вид комплекса безнапорных фильтров в бетонном исполнении

Ультрафильтрация представляет собой мембранную систему, используемую для удаления из воды микроорганизмов, коллоидных частиц и органических молекул, размер которых больше, чем у молекул воды, но меньше, чем у загрязнителей, удаляемых традиционными методами. Ультрафильтрация обеспечивает глубокую очистку воды, позволяя получать продукт с высоким качеством и без содержания взвешенных частиц. Мембраны ультрафильтрации обладают высокой устойчивостью к загрязнению и могут эффективно работать в условиях переменных качеств исходной воды [6].

Процесс проектирования системы водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе включает несколько ключевых этапов:

1. **Оценка водных ресурсов** — анализ химического состава и качества водных источников, а также определение объемов потребления.
2. **Разработка схемы водоснабжения** — проектирование водозабора и распределительных трубопроводов.
3. **Выбор технологий очистки** — исходя из состава и характеристик воды, выбираются наиболее эффективные и экономичные методы очистки.
4. **Проектирование очистных сооружений** — расчет мощности установок для каждого этапа очистки, подбор оборудования, материалов и технологии.
5. **Интеграция с существующими системами** — важным моментом является интеграция проектируемой системы водоподготовки с общей инфраструктурой комплекса.

Каждая из используемых систем требует тщательного проектирования, включая выбор оптимального оборудования, расчет необходимой мощности фильтрующих установок и выбор подходящих материалов, что позволит достичь высокого качества очищенной воды.

Оптимизация процессов водоподготовки будет включать в себя внедрение автоматизированных систем контроля и управления процессами фильтрации. Использование интеллектуальных датчиков и системы мониторинга позволит оперативно контролировать параметры воды, такие как pH, содержание загрязняющих веществ и уровень фильтрации, а также автоматически регулировать параметры работы оборудования, такие как скорость фильтрации и расход реагентов. Кроме того, предполагается внедрение системы обратной связи, которая позволит быстро адаптировать режим работы фильтрационных установок в ответ на изменения качества воды на входе. Это позволит снизить расход реагентов и энергии, что сделает процесс более экономичным и экологически безопасным.

Выводы

Проектирование и оптимизация системы водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе направлено на обеспечение стабильной работы предприятия и соблюдения экологических норм. Использование современных систем, таких как ActiveFlow, фильтрация на безнапорных фильтрах DynaSand и DynaCarbon, а также ультрафильтрация, позволит обеспечить высокое качество воды для нужд производства, снизить эксплуатационные затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду. Интеграция с автоматизированными системами управления и мониторинга обеспечит эффективность и надежность системы водоподготовки.

Библиография

1. Иванов И.И., Петров П.П. Основы водоподготовки на крупных промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, 2015.
2. Михайлов Н.В. Экологические аспекты водоснабжения и водоотведения. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2016.
3. Veolia, ActiveFlow: A Smart Approach to Water Filtration. – 2020.
4. Nordic Water, DynaSand: Continuous Sand Filtration Technology. – 2017.
5. Nordic Water, DynaCarbon: Advanced Activated Carbon Filtration. – 2016.
6. Никитин А.Ю., Смирнов Д.А. Мембранные технологии в водоочистке. – СПб.: Наука, 2018.

Обоснование новой классификации сточных вод гальванического производства по принципу ресурсосбережения

Смирнова И.М.* (МГРИ, smirnovaim@vogu35.ru),
Соколов Л.И. (МГРИ, sokolovli@mail.ru)

Аннотация

Разработана концепция ресурсосбережения в гальваническом производстве на основе классификации потоков сточных вод в зависимости от компонентного состава загрязнений и систематизации технологических приёмов извлечения из стоков ценных компонентов и веществ. Предложено восстанавливать в процессе очистки шестивалентный хром отходами шлифовального производства. Обоснована классификация стоков гальванического производства и рекомендованы методы их очистки.

Ключевые слова

Концепция, классификация, методы очистки, сточные воды, шлифовальный шлам

Теория

Предлагается классификация потоков производственных сточных вод предприятий металлообработки на основе анализа компонентного состава, физико-химических и коллоидно-химических свойств загрязнений (на примере металлообрабатывающего предприятия) и с точки зрения обеспечения их эффективной очистки, регенерации потоков и осадков, извлечения из них ценных компонентов (рис.1). На данном этапе исследования рассмотрены сточные воды гальванических производств [1,2,4]. Их разделяют на две группы: концентрированные и разбавленные. Первую группу сточных вод в данной работе предлагается разделить на пять подгрупп, вторую – на четыре подгруппы.

Первая группа – концентрированные химически загрязненные сточные воды (от гальванических производств) с концентрациями хрома (+6) – 3 - 4 г/дм^3 , цианидов - более 1,5 г/дм^3, никеля - более 3 г/дм^3 (поток 1).

1.1 хромсодержащие (из ванн 1-го, 2-го осветления и т.д.)
1.2 кислые
1.3 щелочные
1.4 циансодержащие
1.5 никельсодержащие

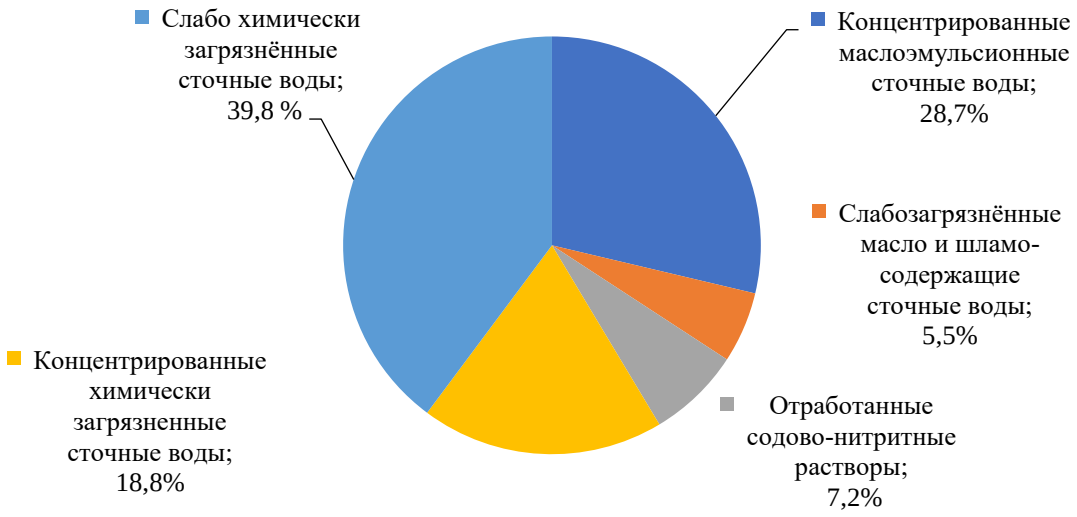

Рисунок 1. Диаграмма потоков сточных вод предприятий металлообработки

Вторая группа – слабо загрязненные (химически) сточные воды (от операций промывки деталей гальванических производств) с концентрациями хрома (+6) до 0,6 г/дм^3, цианидов – 6 - 35 мг/дм^3, никеля – 15 мг/дм^3 (поток 2).

2.1 кислото-щелочные воды

2.2 разбавленные хромсодержащие воды от промывочных ванн

2.3 разбавленные циансодержащие воды

2.4 разбавленные никельсодержащие воды.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованиям по удалению хрома (Cr^{3+}, Cr^{6+}) из сточных вод [8]. Для эффективного удаления Cr^{3+}, Cr^{6+} из стоков гальванопроизводства был разработан ряд методов, таких как адсорбция, электрохимическая обработка, физико-химические методы, мембранная фильтрация. В рамках разработанной концепции предложено восстановление Cr^{6+} отходом шлифовального производства [6].

Анализ действующих очистных сооружений производственных стоков показал, что потоки смешиваются, обрабатываются товарными реагентами на локальных и общезаводских очистных сооружениях. Не разделены потоки 1.2 и 1.3. С учетом проведенной классификации потоков сточных вод по компонентному составу, физико-химическим и коллоидно-химическим свойствам загрязнений разработана классификация технологических приёмов очистки сточных вод гальванического производства. Доказано в эксперименте, что разделением потоков 1.2 и 1.3 обеспечиваются утилизация кислоты, необходимой при восстановлении Cr^{6+} из потока 1.1 и из потока 2.2, и утилизация щелочи, необходимой на стадии нейтрализации сточных вод. Эксперимент подтвердил, что хромсодержащие сточные воды эффективно восстанавливаются сульфатом двухвалентного железа. При некоторых видах эффективной локальной очистки сточные воды могут сразу направляться на повторное использование. В общезаводской схеме предусмотрен участок для обработки осадка сточных вод. Отработанный осадок может утилизироваться в сырьё стройматериалов или складироваться на полигоне промышленных отходов.

Предложенная в данной схеме возможность использования шлифовального шлама как реагента при очистке сточных вод собственного производства имеет такие преимущества:

- не вносит дополнительных неудаляемых в процессе очистки ингредиентов, не свойственных технологическому процессу обработки металлов резанием;

- за счет сокращения интервала от момента образования до момента использования отходов обеспечивает сохранность его свойств, полезных как в процессе очистки сточных вод, так и для утилизации сопутствующих компонентов;
- не требует затрат на приобретение и доставку товарных реагентов;
- позволяет экономить компоненты смазочно-охлаждающих жидкостей;
- исключает коренную реконструкцию существующего оборудования и действующих технологических процессов приготовления, эксплуатации и очистки СОЖ;
- обеспечивает экономию за счет затрат на уничтожение отходов;
- позволяет одновременно с очисткой и использованием сточных вод получать дополнительные сырьевые ресурсы.

Для получения вторичного сырья экономически наиболее выгодным является использование отходов конкретного производства, так как технологическая схема будет тем проще, чем меньше химических соединений в них находится. В этом случае требуется значительно меньше специализированного транспорта, понижается вероятность ухудшения экологических условий, обусловленных авариями при перевозке. Переработка отходов непосредственно на месте должна быть увязана с производственной технологией, что позволяет снизить количество отходов, хранящихся как на данном предприятии, так и в общих местах захоронения.

С другой стороны, переработка непосредственно на производстве может потребовать некоторых затрат на создание установок по переработке отходов и их эксплуатацию, которые должны достаточно быстро окупаться за счет возврата материальных ценностей в производство и резкого уменьшения штрафов. Стоимость переработки зависит от количества получаемых отходов. Однотипные, близко расположенные производства, должны объединяться для переработки отходов.

Концепция разработана на основе классификации потоков сточных вод в зависимости от компонентного состава загрязнителей и систематизации технологических приёмов извлечения из них определенных групп загрязняющих веществ и методов их очистки. При этом реализуется принцип системности.

Особенность концепции состоит в комплексном подходе к разработке ресурсосберегающих технологий в системе водного хозяйства предприятия, когда техническое водоснабжение, водоотведение, очистка сточных вод, удаление и переработка отходов рассматриваются как процессы единой целостной замкнутой системы, в их тесной взаимосвязи и влиянии друг на друга. При этом отходы рассматриваются как показатель незавершенности технологического процесса, что требует совершенствования технологии с целью минимизации отходов, превращения их в ценное сырьё (реагенты, коагулянты). Важное значение имеет кооперирование предприятий металлообработки с предприятиями стройиндустрии, когда отходы одних становятся сырьём для других. Использование отходов в стройиндустрии это есть процесс превращения их в изделия долговременного пользования, не оказывающие отрицательного влияния на природную среду. В этом случае применение отходов экономически более выгодно, чем природного сырья, так как исключаются расходы на добычу сырья, на хранение отходов и отпадает необходимость в отчуждении сельскохозяйственных угодий.

Выводы

Сокращение потребления свежей воды на технические нужды за счет повторного использования очищенных сточных вод в производстве [3,5,7], снижение количества отходов до минимума на каждой технологической стадии процесса производства, преобразование отходов в сырьё, извлечение из них ценных компонентов, использование отходов очистки сточных вод в стройиндустрии – вот перечень операций, проведение которых в совокупности

позволяет добиться минимального отрицательного воздействия на природную среду и получить интегральный эффект для предприятия. Каждая же операция в отдельности дает лишь локальный эффект, необходимый для промежуточных целей, но не решает задачу ресурсосбережения в комплексе.

Реализация поставленной задачи в комплексе и позволяет установить требуемое соответствие между производством, его отходами и окружающей природной средой.

Библиография

1. Гошу Й. В. , Царев Ю. В. , Костров В. В. Исследование влияния условий на процесс восстановления шестивалентного хрома // Изв. вузов Химия и химические технологии, 2007,Т. 50, № вып. 2,- с. 33-36
2. Соколов, Л.И. Использование отходов шлифовального производства в процессах очистки хромсодержащих сточных вод / Л. И. Соколов // Экология и промышленность России, 2011. – Август, с. 38 – 44
3. Соколов, Л.И., Козлова А.Г. Повторное использование промывных вод участка гальванопокрытий. Вестник ВоГТУ- 2002.- №3. – с.46-48.
4. Соколов, Л.И. Проблема повторного использования очищенных гальваностоков. В сб.: Вузовская наука - региону: Материалы первой областной межвузовской научно-практической конференции, - Вологда: ВоГТУ, 2000 - Т.2 - с.14-15
5. Соколов, Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий. Учебное пособие. Изд-во Ассоциации строительных вузов, М.,1997г., 256с
6. Chrysochoou M., Johnston C.P., Dahal G. A comparative evaluation of hexavalent chromium treatment in contaminated soil by calcium polysulfide and green-tea nanoscale zero-valent iron. J. Hazard. Mater. 2012;201:33–42. doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.11.003. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
7. Reduction of chromium (VI) for the treatment of model wastewater using cooper catalyst // Yilkal W. Goshu, Yuri V Tsaiyov, Vladimir V Kostrov 223 ACS National Meeting & Exposition Division of Environmental Chemistry Remediation Technologies for Chromium USA Chicago 2007, p. 1056-1060
8. Xia S., Song Z., Jeyakumar P., Shaheen S.M., Rinklebe J., Ok Y.S., Bolan N., Wang H. A critical review on bioremediation technologies for Cr (VI)-contaminated soils and wastewater. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 2019;49:1027–1078. doi: 10.1080/10643389.2018.1564526. [DOI] [Google Scholar]

Бенчмаркинг нормативов качества питьевой воды

Соколов Л.И. (МГРИ, sokolovli@mgri.ru),
Петраш Е.П. (МГРИ, petrashep@mgri.ru)*

Аннотация

Исследуется существующие стандарты качества на воду питьевую, принятые в России в настоящее время, в сравнении с нормативами ВОЗ, Европейского союза и американского агентства. Установлены различия в показателях качества и количества допустимых веществ. Предлагается новое обоснование понятия «техническая вода» с целью совершенствования определения в российских нормативах. Выявлены противоречия в значениях ряда показателей качества с учетом особенностей водоподготовки на очистных станциях.

Ключевые слова

Питьевая вода, нормативы качества, гигиенические требования, техническая вода, классификация

Теория

В настоящее время стандарты качества питьевой воды изменились, по некоторым параметрам – довольно значительно. Эти изменения отображены в новом СанПиН 1.2.3685-21, где гигиенические нормативы являются важными инновациями в определении качества воды. По сравнению с предыдущим СанПиН 2.1.4.1074-01 новый предъявляет более сдержанные требования по содержанию в воде бария. Разница с тем, что было, незначительна, всего 0,6 мг/л, это – даже меньше нормы 7 мг/л, рекомендованной ВОЗ. В новом стандарте усилены требования по содержанию в питьевой воде алюминия, никеля, молибдена, свинца и хрома. Но в то же время нельзя забывать, что алюминий наряду с железом используется Водоканалами для осветления воды, а значит их концентрации могут возрасти в процессе водоподготовки. Существенно повысились нормативы по содержанию кремния и магния. Теперь этих полезных для организма микроэлементов в питьевой воде должно быть больше. Требования к цветности водопроводной воды не претерпели изменений. А вот к оттенку скважинной и колодезной вод требования стали более лояльными. Также в новом СанПиН 1.2.3685-21 снизился показатель уровня хлора, который используется для обеззараживания воды, и появился новый показатель – общий органический углерод (5 мг/л), отображающий уровень загрязнения воды различными органическими соединениями. В таблице 1 представлены конкретные изменения в обновленных правилах. В отдельное понятие была выделена техническая вода, которую нельзя использовать для питья и приготовления пищи. Рассмотрим это понятие более подробно. Под технической водой в стандарте обозначена вода, полученная из наземных и подземных источников: рек, озер, колодцев, скважин и тому подобных. Строго говоря, техническая вода – это любая вода, кроме питьевой. Она используется в различных областях промышленности, а также в обслуживании бытовых и производственных объектов, например, для их отопления. В частных домохозяйствах техническая вода применяется, в основном, для полива насаждений и бытовых нужд.

Таблица 1. Сравнительные показатели СанПиН разных лет

Наименование показателя	Единица измерения	Что было (СанПиН 2.1.4.1074-01)	Что стало (СанПиН 1.2.3685-21)	Изменения
Окисляемость перманганатная	мг O_2/л	5,0 для всех видов воды	7,0 для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения	2,0 для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения

Алюминий	мг/л	0,5	0,2	-0,3
Барий	мг/л	0,1	0,7	+0,6
Кремний	мг/л	10,0	25 (при жесткости воды до 2,5 ммоль/л) 20 (при жесткости воды более 2,5 ммоль/л)	+15 (при жесткости воды до 2,5 ммоль/л) +10 (при жесткости воды более 2,5 ммоль/л)
Магний	мг/л	-	50	+50
Молибден	мг/л	0,25	0,07	-0,18
Мышьяк	мг/л	0,05	0,01	-0,04
Никель	мг/л	0,1	0,02	-0,08
Свинец	мг/л	0,03	0,01	-0,02
Сероводород	мг/л	0,03	0,05	+0,02
Хром	мг/л	0,5	0,05	-0,45
Цианиды	мг/л	0,035	0,07	+0,035
Привкус	баллы	2	2 для воды питьевой централизованного водоснабжения 3 для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения	+1 для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения
Цветность	градусы	20 для воды питьевой централизованного водоснабжения и воды плавательных бассейнов 35 для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения	20 для воды питьевой централизованного водоснабжения и воды плавательных бассейнов 30 для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения	-5 для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения
Хлороформ, используемый при хлорировании воды	мг/л	0,2	0,06	-0,14
Озон, используемый при озонировании воды (остаточный)	мг/л	0,3	0,1	-0,2

Техническая вода, как и питьевая, должна соответствовать определенным стандартам (табл.2, табл.3). Именно с этой целью ее выделили в отдельную категорию в новых санитарных правилах.

Таблица 2. Органолептические показатели качества технической воды

Наименование показателя	Единицы измерения	Вид технической воды	
		В открытых системах технического водоснабжения и для полива улиц и зеленых насаждений	В системах технического оборотного водоснабжения ручных и автоматических моек автомобильного транспорта
		Допустимые уровни	
Взвешенные вещества	мг/л	5,0	20,0 60,0 – для колесных моек автотранспорта
Запах	баллы	2	3
Окраска	в столбике воды, см	10	-

Для колесных моек, кроме колесных моек автотранспорта на полигонах твердых коммунальных отходов, обязательными для контроля являются показатели «взвешенные вещества», БПК$_5$, ХПК и нефтепродукты.

Таблица 3. Обобщенные показатели качества технической воды

Наименование показателя	Единицы измерения	Вид технической воды	
		в открытых системах технического водоснабжения и для полива улиц и зеленых насаждений	В системах технического оборотного водоснабжения ручных и автоматических моек автомобильного транспорта
		Допустимые уровни	
Биохимическое потребление кислорода (БПК$_5$)	мгO_2/дм куб	5,0	10,0
Химическое потребление кислорода (ХПК)	мгO_2/дм куб	30,0	60,0
Нефтепродукты	мг/дм куб	не требует определения	1,0

Авторы не могут согласиться с достаточно упрощённым толкованием в стандарте понятия «техническая вода» - оно сводится к использованию воды при мойке автомобильного транспорта, а также для полива улиц и зеленых насаждений. В настоящее время техническая вода широко применяется в промышленности. Вода на промышленных предприятиях используется, как правило, для вспомогательных целей и в состав продукции входит лишь на некоторых технологических процессах и в сравнительно небольших количествах. В технологических операциях используется не питьевая, а техническая вода. В пищевой и бродильной промышленности питьевая вода выполняет роль технической.

Различают следующие разновидности технической воды:

1. Охлаждающая вода служит для охлаждения жидких и газообразных продуктов в теплообменных аппаратах, охлаждения элементов конструкций. Охлаждающая вода не соприкасается с материальными потоками (если не считать утечек из-за неисправности оборудования и аварийных ситуаций).

2. Технологическая вода подразделяется в свою очередь на средообразующую, промывающую и реакционную. Средообразующая вода используется для растворения и образования пульп при обогащении и переработке руд, гидротранспорте продуктов и отходов производства, промывающая — для промывки газообразных (абсорбция), жидких (экстракция) и твердых продуктов и изделий, реакционная — в качестве реагента, а также при азеотропной отгонке (нераздельно кипящих с водой веществ) и в аналогичных процессах. Технологическая вода непосредственно контактирует с продуктами и изделиями.

3. Энергетическая вода потребляется для получения пара (для питания парогенераторов) и нагревания оборудования, помещений, продуктов.

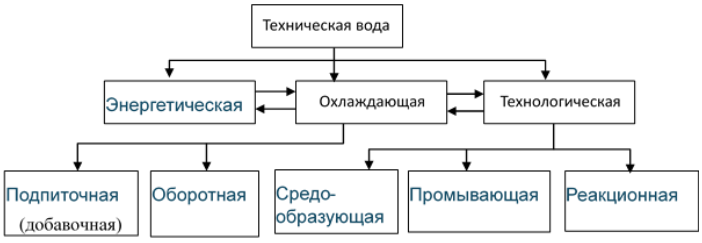

Рисунок 1. Классификация технической воды по целевому

Потребители могут быть удовлетворены – питьевая вода, которую они используют, должна стать лучше, чище, безопаснее. Однако точка зрения поставщиков на произошедшие изменения не настолько позитивна. К примеру, снижение до новой нормы уровня хлороформа может повлечь за собой недостаточно качественное обеззараживание. К сожалению, даже если на входе в трубопровод качество воды будет приближено к идеальному, в процессе движения по старым трубам она вберет в себя массу крайне нежелательных примесей. Количества хлора просто не хватит, чтобы эти примеси нейтрализовать. Из этой ситуации есть два выхода: приобретать более дорогостоящие реагенты, либо капитально перестраивать все системы централизованного водоснабжения. И то, и другое требует вложения солидных денежных средств. Поэтому выполнить СанПиН 1. 2. 3685-21 и при этом удержать стоимость услуг водоснабжения на прежнем уровне не получится. Кроме того, в некоторых государственных лабораториях попросту отсутствует необходимое оборудование для определения уровня общего органического углерода.

Выводы

1. Предложено обоснование понятия «техническая вода» взамен принятого в стандарте, дана классификация технической воды по целевому назначению.
2. Выделены сравнительные показатели СанПиН разных лет и представлены конкретные изменения в обновленных стандартах на воду питьевую.
3. Установлено, питьевая вода, подготовленная по новым стандартам, будет безопаснее для потребителя.
4. Выявлены проблемы, связанные с внедрением в практику нового стандарта на питьевую воду.

Библиография

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №3 «Об утверждении санитарных правил и норм 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»
2. Санитарные правила и нормы: «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» : СанПиН 1.2.3685-21. - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2021. - 111 с.
3. Соколов Л.И. Инженерные системы высотных и большепролётных зданий и сооружений: учеб. пособие /Л.И.Соколов.- М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.-604с.
4. Внутренние системы водоснабжения и водоотведения. Учебное пособие. /Л.И.Соколов.- Москва- Вологда: Инфра -Инженерия, 2022 – 508с

О проблемах экономии энергетических ресурсов при утилизации снежных масс

Дерюшев Л.Г. (МГРИ, Derjushev13@mail.ru),
Ширшов С.М. (МГРИ, shirshovserezhenka@yandex.ru),*
Павленко В.Д. (МГРИ, p.slava2004@yandex.ru)

Аннотация

Рассматриваются методы совершенствования проектирования, строительства и эксплуатации систем водоотведения для отвода сточных и талых вод. Акцентируется внимание на применении новых видов энергии при утилизации снежных масс с дорожных покрытий.

Ключевые слова

Канализация, снегоплавильные сооружения, тепловые насосы, энергия

Теория

В последнее время утилизация снежных массы в крупных населенных пунктах эффективно осуществляется на снегоплавильных сооружениях (СПС), расположенных вблизи канализационных магистральных трубопроводов с использованием энергии сточных вод. В период прохождения производственных и учебных практик на объектах водоканалов г. Москва студентами и сотрудниками МГРИ были проанализированы процессы утилизации снежных масс на СПС {снегоплавильных пунктах п.6.11 [4]} с использованием сточных вод городской канализации в качестве теплоносителя.

Анализ проектных решений и данные эксплуатации СПС показали, что не вся тепловая энергия сточных вод, подаваемых из канализационных сетей, используется для таяния снега. Сточные воды из распределительного коллектора всем потоком по ширине снегоприёмной камеры поступают в СПС, а снежные массы загружаются поочередно в каждую из 6 секций камеры. Большая часть тепловой энергии при этом не расходуется, а отводится верхними потоками сточных вод в канализационную сеть. На процесс плавления снега пагубное воздействие оказывает и длительность его пребывания в СПС. Теплоноситель не ограничен от окружающей среды. Со временем его первоначальная температура падает. Нижние слои жидкой среды в СПС охлаждаются снегом, из-за плотностной стратификации в песколовке формируется послойное течение стоков. При недостатке тепловой энергии снежные массы медленно тают, образуется «шуга», что служит причиной отмены загрузки снегоприёмных камер. Чтобы не возникало простоев автомобилей, снежные массы выгружают на свободные наземные площадки вблизи СПС. Подобные мероприятия способствуют увеличению приёма снежных масс на утилизацию, но не исключают вероятности отказа СПС при снижении подачи теплоносителя.

Увеличение снегоприёмной ёмкости приводит к увеличению стоимости СПС и снижению интенсивности плавления снега. В проектах СПС длина песколовки часто назначается не по условию обеспечения оптимального задержания минеральных частиц из сточных вод, а в целях создания максимального объёма для накопления теплоносителя и приёма снежных масс.

Данные по эксплуатации ряда СПС свидетельствуют о том, что эффективное выпадение взвеси наблюдается чаще всего на 1/2 L длины песколовки. На участке до поворота коридора загрязнения оседают более интенсивно, часть из них вместе со снежной массой продавливаются по длине песколовки. Формируемый при этом осадок достигает критической высоты (3 м), после чего снегоплавильное сооружение останавливается на очистку.

В сложившихся условиях утилизации снежных масс, в целях снижения материальных затрат, повышения надёжности СПС, возникает потребность в разработке мероприятий по эффективному использованию теплоносителей и резервированию источников тепловой энергии, в исследовании процесса таяния снежных масс при непрерывном режиме подачи и отвода сточных вод.

В качестве источников тепловой энергии можно использовать: пар, перегретую воду от ТЭЦ, энергию горения различных видов топлива и т.д. В зарубежных странах для плавления снега с дорожных покрытий применяют энергию тепловых насосов.

Тепловой насос – термодинамическая установка, в которой теплота от источника низкопотенциальной энергии передается потребителю при более высокой температуре. При этом затрачивается механическая энергия.

Представляется, что за счет комплексного использования тепла сточных и тепла, передаваемого тепловыми установками, можно достичь поставленной цели.

Принципиальная схема размещения подобных устройств на ССП представлена на рисунке 1.

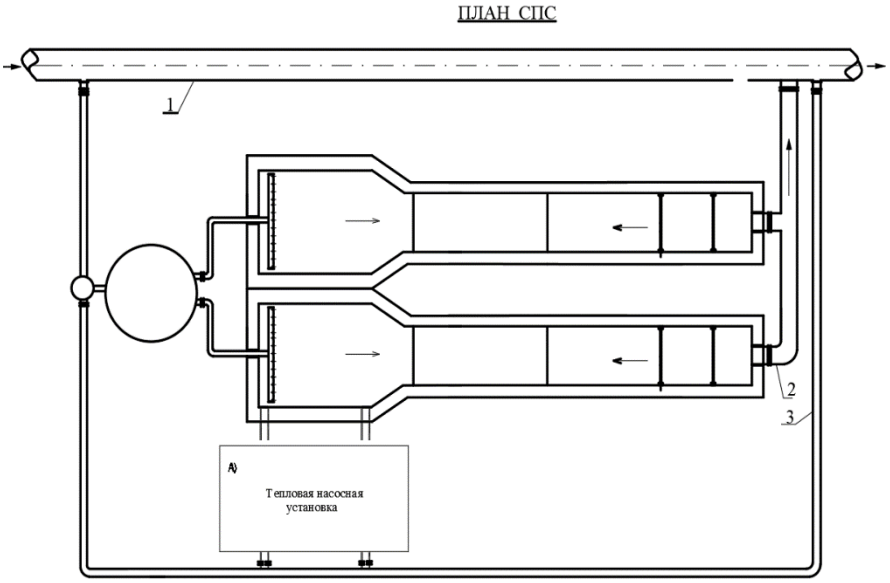

Рисунок 1. Сооружение плавления снега с тепловой насосной установкой
1-магистральный канализационных трубопровод; 2 -отвод воды стоков; 3 -кольцевой водовод; А - узел тепловой насосной установки

Предусматривается СПС дублировать двумя сооружениями. Трубопровод с поступающими сточными водами закольцовывается в целях обеспечения их подачи к тепловой насосной установке, возможности создания завихрений в магистральном трубопроводе для предотвращения в нем отложений, а также обеспечения приема сточных вод с нижней точки магистрали при засорении приемных решёток в верхней ее точке. При снижении потока сточных вод в магистральном трубопроводе дефицит тепловой энергии можно компенсировать за счет передачи дополнительного тепла от насосной установки.

Водный тепловой насос через трубную систему передает тепло от канализационных сточных вод с температурой $T^{o}=17^{o}\div27^{o}$С кольцевого трубопровода теплоносителю в змеевик труб под цементной стяжкой дна железобетонной приемной камеры СПС.

Методика гидравлического расчета СПС сформирована на базе теории гидромеханики, термодинамики, исследований авторов: снеготаялок [3], СПС [1, 2], тепловых насосных установок [4].

Согласно основным теоретическим обоснованиям по СПС [2], требуемый расход сточных вод Q, необходимый для таяния снега в единицу времени, определяется по формуле

$$Q = \frac{Y}{\rho \cdot T_{с.м.}}, \qquad (1)$$

где Y- количество теплоносителя (сточных вод), т;
ρ - плотность сточных вод, т/м^3, кг/л;
$T_{с.м.}$- время, с.

Количество теплоносителя

$$Y = \frac{\Psi \cdot 10^3}{C \cdot_{\Delta} T^o}, \qquad (2)$$

где Ψ- количество теплоты, поглощённое снежной массой, ккал;
C =4,19·10^3·0,239≈1·10^3 - удельная теплоёмкость сточной воды, ккал / (Т ^{o}С.);
0,239 -коэффициент пересчёта Дж в кал;
$_{\Delta}T^o$ – диапазон изменения температур, ^{o}С.

Количество теплоты, поглощаемое снежной массой

$$\Psi = \lambda \cdot m / \eta \qquad (3)$$

где λ= 334·103·0,239 =79,8 ≈80 - удельная теплота плавления снега ккал/кг;
$m \equiv m_{снег} \equiv G_{снег}$ - масса (вес) снега, кг;
η - КПД передачи теплоты.

Количество теплоты Ψ^1, которое передается потоком сточных вод снежной массе при увеличении его температуры на $_{\Delta}T^o$, равно

$$\Psi_1 = C \cdot Y \cdot \Delta T^o \qquad (4)$$

Температура поступающего на СПС сточных вод составляет T^oС=+(27°÷17°±2), а после протекания через снежную массу снижается до величины T ^{o}С =+(7±2) ^{o}С. При условии, что при снижении поступления сточных вод на 30-50% их совоекупная теплота будет повышаться за счет подключения тепловой насосной установки на величину ΔT^o=45-17=28°С.
Зная данные тепловой нагрузки теплового насоса $\Delta\Psi = \Psi - \Psi_1$ назначаются мощность компрессора и параметры насосного агрегата (Q, H, N) установки для сжатия фреона и перемещения энергоносителя по методике [5].

Выводы

1. В целях обеспечения единства понятий элемента и системы в строительстве и теории надежности целесообразно комплекс оборудования, устройств, трубопроводов, строительных конструкций, источников энергии для плавления снега классифицировать как сооружение, а не пункт.

2. Предложен новый вариант конструкции СПС с дублирующими источниками теплоснабжения.

Библиография

1. Гогина Е.С. Основы метода проектирования снегоплавильных сооружений с учетом критериев экологической безопасности / Е.С. Гогина, Н.Л. Дерюшева// Вода и экология: проблемы и решения – Санкт-Петербург: Изд–во ЗАО «Водопроект - Гипрокоммунводоканал», 2016. – №2 – С.58–64.

2. Дерюшева Н.Л. Оптимизация работы снегоплавильных сооружений / Н.Л. Дерюшева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия. Экология и безопасность жизнедеятельности, 2016 – №1 – С.46–50.

3. Никитин А.В. Снеготаялки. / А. В. Никитин. - М.: Министерство коммунального хозяйства РСФС,1952. - С.14 – 77 с.

4. СП 32.13330-2018. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. - [СНиП 2.04.03–85] (с Изм. №1–3) / Дата введ.: 26.06.2019.

5. Хайнрих Г., Найрок Х., Нестлер В., Тепловые насосные установки для отопления и горячего водоснабжения. Пер.с немец. Н.Л. Кораблевой и канд. техн. наук Е.Ш. Фельдмана; под ред. канд. техн. наук Б.Н. Янгеля. - М.: Стройиздат.1985.352 с.

6. Gogina E.S. Fundamentals of the method of designing snow-melting structures based on environmental safety criteria / E.S. Gogina, N.L. Deryusheva// Water and Ecology: problems and solutions – St. Petersburg: Publishing House of CJSC Vodoproekt - Giprocommunvodokanal, 2016. No. 2, pp.58-64.

7. Deryusheva N.L. Optimization of snow melting facilities / N.L. Deryusheva // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series. Ecology and Life Safety, 2016– No. 1– pp.46-50.

8. Nikitin, A.V. Snowmelts. / A.V. Nikitin. - Moscow: Ministry of Public Utilities of the RSFSR, 1952. - pp.14 – 77 p.

9. SP 32.13330-2018. Code of rules. Sewerage. External networks and structures. - [SNiP 2.04.03-85] (with Amendments No. 1-3) / Date of introduction: 26.06.2019.

10. Heinrich G., Nyrok H., Nestler V., Heat pumping units for heating and hot water supply. Translated from the German by N.L. Korableva and Candidate of Technical Sciences E.S. Feldman; edited by Candidate of Technical Sciences B.N. Yangel. - M.: Stroyizdat.1985.352 p.

.

Характеристика стендовой установки «Фильтрация воды» и перспективы ее применения в учебном процессе

Ходеева А.А.* (МГРИ, alinaKhodeeva@gmail.com),
Петраш Е.П. (МГРИ, petrashep@mgri.ru),
Гандурина Л.В. (МГРИ, gandurinalv@mgri.ru)

Аннотация

Представлено описание стендовой установки «Фильтрация воды», производительность 15 дм^3/мин, работающей в непрерывном режиме по схеме: коагуляция, отстаивание, фильтрование, обеззараживание. Установлены и проанализированы параметры работы отдельных сооружений стенда (трубчатого смесителя для смешения с растворами коагулянта и флокулянта, вертикального отстойника, насыпных фильтров (керамзитового, угольного, каталитического), мембранного фильтра. Определены возможности и недостатки стендовой установки, которые необходимо будет учитывать при ее использовании в учебном процессе.

Ключевые слова

Стендовая установка, очистка воды, коагуляция, отстаивание, фильтрование, обеззараживание, эффективность

Теория

В изучении процессов очистки воды, разработке новых и усовершенствовании существующих технологий важная роль принадлежит не только теоретическим знаниям, но и лабораторным и пилотным исследованиям, которые применяют для подтверждения рекомендуемых технологий, сооружений, материалов, реагентов [1-3]. Стендовые испытания позволяют проверить эффективность выбранной технологии очистки воды, получить достоверные и воспроизводимые результаты для дальнейшего проектирования, получить данные для технико-экономического обоснования проекта;сравнить разные условия очистки воды в динамических условиях.

Примером являются результаты пилотных исследований системы подготовки воды на объекте АО «Мессояханефтегаз», выбору эффективных сорбентов для очистки воды от нефтепродуктов [2, 3]. Кроме того, стендовые установки играют важную роль в учебном процессе при изучении процессов очистки воды, способствуют усвоению новых знаний, визуализации и углублению представлений о технологиях очистки воды, приобретению практического опыта, формированию новых навыков и умений [4]. В этой связи целью работы было определение возможностей и перспектив применения в учебном процессе новой установки «Фильтрация воды».

Для реализации этой цели были использованы визуальные, расчетные и экспериментальные методы оценки параметров ее работы.

Стенд «Фильтрация воды» (рис.1) предназначен для очистки природных вод в непрерывном режиме по следующей напорной схеме: коагуляция и флокуляция примесей, отстаивание, фильтрация, адсорбция, обезжелезивание, ультрафильтрация, озонирование и УФ- обеззараживание. Такую схему можно отнести к современным высокоэффективным технологиям получения воды питьевого качества [5], которая должна обеспечивать глубокую очистку воды от мутности, цветности, перманганатной окисляемости, уменьшать содержание ионов железа и солей.

Рисунок 1. Общий вид стенда «Фильтрация воды»

Стенд включает бак исходной воды, трубчатый смеситель для ввода и смешения воды с коагулянтом и флокулянтом, вертикальный отстойник для осаждения грубодисперсных примесей, промежуточную емкость, три напорных фильтра Canature с отбором воды через центральную трубу (керамзитовый, угольный и каталитический), мембранный фильтр (МФ), установку озонирования и УФ-обеззараживания, бак очищенной воды.

В качестве коагулянта на стенде применяется водный раствор коагулянта полиалюминия гидроксид хлорида (полиоксихлорид алюминия, ПОХА) с торговой маркой Эквиталл. Флокулянт фирмы ASTRAL POOL также оказался раствором коагулянта полиоксихлорида алюминия (ПОХА), но под другой торговой маркой «Флокулянт 0041» фирмы ASTRAL POOL. Концентрации растворов реагентов в описании установки не приведены. Оба реагента подаются дозировочными насосами производительностью 18 л/час каждый в начало (коагулянт) и конец трубчатого смесителя (так называемый «флокулянт»).

В качестве фильтрующих материалов по паспорту установки использованы:

1) двухслойная керамзитовая загрузка, фракций 5-10 мм. и 0-5 мм, высота общего слоя не менее 500 мм. В реальности керамзитовый фильтр содержал керамзит только крупных фракций 10-15 мм и оказался неэффективен для задержания скоагулированных частиц.

2) активированный уголь, эффективный размер – 0,6-1,7 мм, высота слоя не менее 500 мм.

3) MGS марганцевый песок, гранулометрический состав – 0,5- 0,8 мм., высота слоя не менее 500 мм.

На основании анализа представленных данных установлены следующие конструктивные и технологические недостатки стендовой установки, которые будут снижать эффективность флокуляции и осветления воды:

- Дозирование коагулянта вместо флокулянта.
- Подача флокулянта в конец смесителя.
- Отсутствие в отстойнике камеры хлопьеобразования для формирования хлопьев и децентрализованная подача воды на глубину, больше высоты отстойной зоны, снижающие степень осветления воды по сравнению с типовым отстойником (Рис.2)
- Высокая крупность керамзитовой загрузки осветляющего фильтра

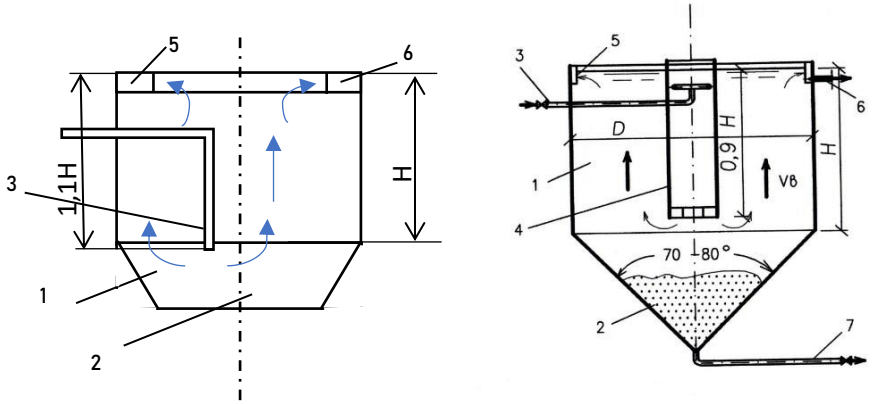

Рисунок 2. Схема типового вертикального отстойника (слева) и вертикального отстойника на стенде (справа). 1- зона отстаивания, 2-зона сбора осадка, 3-ввод воды, 4 -камера хлопьеобразования, 5 – водослив для сбора воды, 6- выход воды

Работа стендовой установки в рабочем режиме позволила установить, что при паспортной производительности насосов 50 дм^3/мин перед отстойником и 118 дм^3/мин перед фильтром, расход воды через установку без мембранного фильтра составляет 15 дм^3/мин, с мембранным фильтром – 2 дм^3/мин. Меньшие фактические расходы воды являются очевидно следствием значительных потерь напора в отдельных сооружениях.

При найденном расходе воды 15 дм^3/мин максимальные дозы каждого реагента, составили 20 см^3/мин и были рассчитаны по объему, т.к. концентрация реагентов не известна. Рассчитанные параметры (время пребывания и скорости движения воды) в основных сооружениях стенда представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные параметры емкостного оборудования и сооружений стенда при расходе воды Q =15 дм^3/мин по схеме без мембранного фильтра

Сооружение	Объем, дм^3	Т, мин	Скорость, Ио	СНиП 2.04.02-84
Емкость исходной воды	263	17,5	-	-
Трубчатый смеситель	1,85	0, 123	1,4 м/с	Т=0,5-2мин Ио=0,6-1,2м/с
Вертикальный отстойник (Н=0,5 м)	162,45	10,8	0,77 мм/с	Т=2-3 часа Ио=0,5-0,6 мм/с Н=4-5м
Буферная емкость	121,5	8,1	-	-
Напорный фильтр	36,9	2,46	27 м/час	Ио=6-15 м/час
Бак очищенной воды	263	17,5	-	-

Как следует из таблицы стендовая установка в непрерывном режиме с расходом 15 дм^3/мин может работать не более 17,5 мин. Сравнение расчетных параметров с нормативными показателями показывает, что продолжительность пребывания в смесителе и в отстойнике значительно ниже, а скорости движения воды выше нормативных величин.

Из анализа расчетных данных следует, что при данном расходе первая ступень очистки отстаиванием не будет обеспечивать удовлетворительного осветления очищаемой воды. Конструктивные недостатки отстойника, выявленные на стадии визуального осмотра, очистка воды без дозирования флокулянта, неоптимальный размер загрузки керамзитового фильтра также будут ухудшать условия осветления воды отстаиванием и фильтрованием.

Результаты анализа воды, отобранной после керамзитового фильтра, подтвердил данные выводы (таблица 2).

Таблица 2. Качество воды

Сооружение	Мутность, мг/л	Цветность, град	Соли, ppm	Коагулянт	Доза, мл/л
Исходная вода	34,7	51	652	-	-
После керамзитового фильтра	44,1	55	-	ПОХА	4
После насыпных фильтров	Прозрачная,	Желтоватая	-	ПОХА	4
После МФ	Прозрачная	Бесцветная	507	-	-

Исходная и вода после фильтра имеют одинаковую мутности и цветность, после насыпных фильтров ввода прозрачная, но желтоватая, после МФ – прозрачная и бесцветная. Солесодержание после МФ снижается на 22% с 652 до 507 ppm.

Выводы

1. Изучена работа стендовой установки «Фильтрация воды» и определены конструктивные и технологические недостатки установки.

2. Оптимизация работы установки возможна путем:

- Снижения расхода воды
- Применения флокулянта типа «Праестол»
- Смены загрузки керамзитового фильтра

Библиография

1. Ивановский В.Н., Сабиров А.А., Деговцов А.В. и др. Установка очистки воды для нужд поддержания пластового давления и промысловой подготовки нефти // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2014. № 10. С. 54–59.
2. Ивановский В.Н., Сабиров А.А., Деговцов А.В. и др. Анализ результатов опытно-промысловых испытаний системы подготовки воды на объекте АО «Мессояханефтегаз» // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2019. № 4. С. 38–42.
3. Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Ефремова Р.Ю. К вопросу об удалении нефтепродуктов из природных вод методом сорбции // Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 4. С. 313-319.
4. Гогина Е.С.,Ружицкая О.А. Современный подход к подготовке высококвалифицированных кадров в строительстве // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 2. – С. 4–9.
5. Фрог Б. Н., Первов А. Г. Водоподготовка. Учеб. для вузов: – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. – 512 с.

Тепловое загрязнение мегаполисов – нарушение экологического равновесия – пластиковые дороги как возможное решение части вопросов

Экимов П.Ю.* (МГРИ, pexotinec.scax@mail.ru)

Аннотация

Тепловое загрязнение мегаполисов – одна из назревающих экологических катастроф современного мира. Пластиковые дороги – возможное временное решение. Безопасность, эффективность, освоение и внедрение - вот, что требует решения в ближайшее время.

Актуальностью этого вопроса является то, что в условиях урбанизации и глобализации большое число источников тепловой энергии создают условия для формирования «тепловых куполов», где происходит тепловое загрязнение окружающей среды, что, несомненно, влияет на жизнедеятельность организмов.

Целью работы было изучить тепловое влияние дорожных покрытий на природу, и возникающих экологических проблем; рассмотреть возможности преобразования и оптимизации биогеоценоза на урбанизированных территориях.

Ключевые слова

Пластиковые дороги, тепловое загрязнение, «тепловой купол», асфальтовое покрытие, урбанизация, экологическое равновесие

Теория

Задачами данной статьи являются:

1. Рассмотреть влияние городов и глобализации на экологию и экологическое равновесие, чтобы привлечь внимание людей к данному вопросу.
2. Провести расчеты конкретно по тепловому воздействию на городскую среду различных искусственных покрытий и естественного дёрна.
3. Привести примеры решения подобных задач в мире.
4. Найти пути решения выявленных вопросов, для создания в городе комфортных, но в то же время безопасных для окружающей природы условий.

Направление исследования - показать, что изменение подхода и технологии дорожного покрытия может приблизить к экологическому равновесию в рамках урбоэкологии, а также, обеспечить надлежащую охрану и воспроизводство основных ее компонентов – атмосферного воздуха, водных ресурсов почвенно-растительного покрова, животного мира;

А также заинтересовать и привлечь неравнодушных людей к данной теме.

История вопроса

Ещё в XX веке процесс урбанизации стал набирать силу, а во второй половине того века усилился, приняв мировой масштаб. Активная промышленная деятельность человечества привела к тому, что человеческий фактор может стать причиной глобальной катастрофы, например - техногенные аварии:

- Авария газопроводов «Северный поток» и «Северный поток - 2» компании Nord Stream Aktiengesellschaft произошла в ночь на 26 сентября 2022 года, которые нарушили экосистему Балтики, а также привели к мощному выбросу в атмосферу парникового газа;
- Взрыв нефтяной платформы Deepwater Horizon — авария (взрыв и пожар), произошедшая 20 апреля 2010 года в 80 километрах от побережья штата Луизиан, США, который стал причиной гибели десятков тысяч морских животных и птиц, а также к неконтролируемому росту бактерий, введённых в систему для борьбы с нефтью.

Тепловое загрязнение

Города, а тем более мегаполисы, оказывают существенное влияние на окружающую природу, и одним из негативных воздействий является тепловое загрязнение. Причин тому - множество:

- закрытость городских территорий и концентрация большого числа источников тепловой энергии ведут к формированию «тепловых куполов»;
- в городах энергия не тратиться на испарение дождевой воды, так как она стекает в канализацию;
- взвешенные частицы, присутствующие в городском воздухе замедляют теплоотдачу. В течение ночи отдача тепла в городе происходит медленнее, чем в поле, где тепло уноситься ветром.

Предполагаю, что одним из существенных факторов, увеличивающих тепловое загрязнение городов, являются дороги и асфальтированные пешеходные зоны. Для доказательства своих слов, приведу замеры и исследования, сделанные мною.

Исследования

Еще в школе мной были произведены замеры в 2022 году, когда в ходе ремонтных работ значительно увеличилась ширина дорожек, за счет асфальтирования зелёной полосы вдоль автомобильных дорог. Зная, как летом нагревается асфальт, я захотел узнать на сколько градусов повышается температура асфальтированных, брусчатых и иных поверхностей.

Вооружившись блокнотом, карандашом и термометром, я измерил температуру различных дорожных поверхностей, таких как серый асфальт (52-54°C), тротуарный плитка (48-49°C), дорожная пыль(48°C), серый (коричневый) пластик (38°C), земля (48-50°C), дёрн (37-38°C).

Разброс показателей объясняется физическими свойствами разнообразных поверхностей. Также прослеживается закономерность зависимости нагревания от её цвета и шероховатости. А именно, причины разницы температур у разных поверхностей обусловлены рядом причин:

- вида поверхности (брусчатка, мрамор, асфальт, естественное покрытие (трава)), т.е. теплоёмкости вещества;
- диффузного коэффициента отражения (зависит от шероховатости поверхности).

Охлаждение дернового покрытия производится за счет испарения воды, а вот с искусственных поверхностей вода стекает в канализацию, и практически не участвует в терморегуляции.

Температура — один из основных экологических факторов.

В известной степени тепло повышает жизнедеятельность и ускоряет жизненные процессы, благотворно влияя на рост и размножение организмов. Но если температура превысит определенный предел, эти процессы быстро подавляются, наблюдается подчинение правилу Вант-Гоффа. При дальнейшем повышении температуры организм погибает.

Исторический опыт использования пластика для дорожных покрытий.

Вопрос несовершенства и моральная устарелость асфальтовых и бетонных покрытий дорог в мире с недавнего времени стал активно изучаться. Голландия одной из первых начала строить практичные и весьма экологически чистые, с точки зрения воздействия на окружающую природную среду, дороги из пластика (рис.1). Гениальность идеи в том, что это, пожалуй, самый неисчерпаемый материал, масштабы применения которого огромны, а утилизация крайне вредна. Концепция проекта заключается в том, что материалом новых дорог будущего станут модульные плиты из отходов пластмассы.

Рисунок 1. Укладка пластиковых дорожных покрытий

Физические свойства пластика, такие как отсутствие способности накапливать теплоту, диффузный коэффициент отражения относится к гладким поверхностям, что увеличивает отражаемость, идеально подходят для дорожных покрытий, в части уменьшения теплового эффекта. Пластиковые дороги, впервые разработаны были Раджагопаланом Васудеваном – индийский профессор химии - в 2001 году. Они состоят из асфальтобетонной смеси с пластиковыми отходами, включенными в асфальтобетонную смесь.

Экологическая полезность пластиковых покрытий

Опыт Голландии показал ряд преимуществ модульных пластиковых дорог:

- достаточно низкая себестоимость из-за использования вторсырья (но дороже асфальта на 3%);
- отличный источник «утилизации» специфического мусора – пластика;
- модульные плиты имеют малый вес, легко транспортируются в больших объемах и просты при монтаже.
- конструкция блока-плиты внутри полая, что позволяет свободно прокладывать внутри различного рода коммуникации, кабеля и водоотводы. Также, пожалуй, одним из весомых достоинств полой структуры является возможность собирать и хранить дождевую воду какое-то время. Это свойство позволяет предотвратить затопление дорожного полотна при экстремальных погодных условиях.
- высокая устойчивость к износу, срок службы такой дороги примерно в 3 раза выше бетонного или асфальтового покрытия;
- пластиковые дороги стойко эксплуатируются при интервале температур от −40°C до +80°C
- экологичность, использование пластика повторно, не сжигая его, дает возможность защитить нашу планету от выбросов в атмосферу вредных веществ, а именно диоксинов.

Недавно о своей новой разработке заявили ученые Пермского национального исследовательского политехнического института - дорожного покрытия на основе бытовых пластиковых отходов, это разработки в части добавления пластика при асфальтировании, не блоки.

Специалисты липецкого Управления дорог и транспорта предлагали использовать при строительстве дорог пластиковый мусор, подвергнутый вторичной переработке. В качестве

сырья предлагали задействовать использованные пластмассы — например, остатки пакетов, бутылок и упаковок.

Но для реализации проектов по строительству пластиковых дорог требуется внедрение технологий по сбору и сортировке пластиковых отходов и внесение изменений в законодательство.

Немного об экологическом равновесии:

Хотелось бы обратить внимание, что каждая дорожная магистраль, пешеходная дорога представляет собой отчужденную у природной среды полосу значительной протяженности. Изменения приводят к вторжению в мир животных и птиц, и могут разрушить места обитания животного мира. И, несомненно, влияет на выживание человеческого сообщества:

- при повышении температуры в объёме вдоха кислорода становится всё меньше и меньше; правда, если считать комфортной температуру 20 градусов, то концентрация кислорода уменьшается на 10% только при 50 градусах. Скорее, тут влажность имеет значение;

- территория (примерно 87 тыс. га) даже очень хорошо озелененного миллионного города за один год произведет не более 100…120 тыс. т кислорода. Потребление же этого газа промышленностью, энергетикой, транспортом города составит не менее 40 млн. т. Если бы воздушный бассейн такого города был ограничен какой-либо преградой, то кислорода его обитателям хватило бы всего на 40…50 лет.

Экологическое равновесие в рамках урбоэкологии – это саморегуляция, надлежащая охрана и воспроизводство основных ее компонентов – атмосферного воздуха, водных ресурсов почвенно-растительного покрова, животного мира.

Выводы

Этой работой хотел привлечь как можно больше людей, так как вопрос ёмкий, объёмный, и требует усилий множества людей разных сфер жизни: экология, экономика, физика и биология (биогеоценоз), производство и другое.

В России, на мой взгляд, пластиковые дороги намного выгоднее асфальтовых, так как Россия идеально подходит по климату.

При проектировании необходимо очень точно рассчитывать ширину искусственного покрытия, совмещая необходимость с целесообразностью, чтобы избежать негативного теплового влияния.

На стадии проектирования и строительства дорог будущего можно добиться значительного снижения негативного воздействия на экосистему. Выявить возможные виды воздействия на окружающую среду от новых дорог или проанализировать влияние существующих автотрасс помогут специализированные компании, сфера деятельности которых – инженерные изыскания в соединении с учёными.

Библиография

1. «Удивительная экология» / О. В. Ларина .- М.: Энас-книга, 2017 – 256 с.
2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Экология городских систем», «Экология и охрана окружающей среды» утверждено на заседании кафедры экологии ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова» Протокол № 8 от 28.02.06 Луганск 2007
3. Студенческий научный форум – 2019 ПГАСиА «Экологические дороги будущего» Малонухина Э.Ю., Саньков П.Н. https://scienceforum.ru/2019/article/2018012270
4. «PlasticRoad» Public Library of Science / Rolf Mars, 2015 https://fea.ru/news/6223

Подсекция 8.2. Гидрогеология

Влияние водоотбора на активизацию интрузии морских вод на примере южной части острова Сахалин

Бабин А.Н.* (МГРИ, darknes.awaker@mail.ru),
Каримова О.А. (МГРИ, olga221271@yandex.ru),
Орешкин А.Э. (ООО «ЭСГ Проектно-изыскательские работы, a.oreshkin95@yandex.ru)

Аннотация

В докладе рассматриваются проблематика интрузии морских вод, условия формирования и развития интрузии морских вод. Обоснована необходимость исследования и учета интрузии морских вод при организации питьевого водоснабжения в береговой зоне южной части острова Сахалин. Отражены основные факторы и предпосылки, характеризующие процесс интрузии. Приведены методы изучения, исследования и расчета глубины внедрения клина морских соленых вод в пресный подземный водоносный горизонт. Даны рекомендации по обустройству и эксплуатации водозабора в береговой зоне.

Ключевые слова

Интрузия морских вод, пресный водоносный горизонт, береговая линия, прибрежная зона, методы исследования

Теория

Проблема интрузии морских вод актуальна для всех стран, имеющих выход к морским акваториям. Прибрежная зона моря является пограничной областью между морскими водами и сушей и характеризуется особыми гидродинамическими и гидрогеохимическими условиями. Через подводную часть границы раздела сред морская вода поступает в водоносные горизонты в береговой зоне и может распространяться на значительные расстояния, смешиваясь с пресной подземной водой. Также известные случаи внедрения соленого клина в прибрежные водоносные горизонты на десятки километров, что привело к ухудшению качества воды и выходу из эксплуатации водозаборов. В условиях организации водоснабжения в прибрежной зоне важно понимать особенности гидродинамических процессов, развивающихся в ней, а также факторов, оказывающих влияние на активизацию интрузии морских вод и дальность их распространения по водоносному пласту.

Интрузия морских вод в прибрежные пресные водоносные горизонты может стать одной из причин, определяющих выбор перспективного участка для обеспечения водоснабжения. Обусловлено это влиянием интрузии морских вод не только на работу водозабора и качество воды эксплуатируемого горизонта, но и на водоносные горизонты, залегающих выше и ниже эксплуатируемого в случае наличия перетекания. От качества воды зависит ее тип и функциональная направленность ее использования (питьевое и хозяйственно-бытовое, технологическое обеспечение водой).

Важную роль в прогнозировании развития интрузии морских вод и разработке мероприятий по минимизации ущерба, связанного с этим процессом, играют различные модели: физические, аналитические, численно-аналитические и численные [3,4].

Целью исследования является выявление ключевых особенностей формирования и развития интрузии морских вод, а также необходимость их учета и исследования при организации питьевого водоснабжения в береговой зоне с последующими рекомендациями по обустройству и эксплуатации водозабора в рассматриваемом районе.

Для достижения поставленной цели и раскрытия проблематики выбранной темы решались следующие задачи:

- были проанализированы и интерпретированы исходные данные по району работ, в том числе картографические, фондовые и отчетные материалы;
- изучены и проанализированы геологические, тектонические и гидрогеологические условия района работ;
- определены и изучены условия и факторы, влияющие на активизацию и развитие интрузии морских вод;
- изучены методы расчета и оценки интрузии морских вод, с последующим определением наиболее подходящих применительно к условиям района работ.

В административном отношении предполагаемые участки для обустройства водозабора расположены:

- участок «Приозерный» расположен в 3,5 км юго-восточнее села Охотское Сахалинской области, между озером Забайкалец и береговой линией Охотского моря (залив Мордвинова);
- участок 1 «Лесное озеро» расположен в Корсаковском районе Сахалинской области, в 4,4 км южнее от села Охотское, между озером Червячное, протоком Красноармейским и озером Тунайча;
- участок 2 «Лесное озеро» расположен в Корсаковском районе Сахалинской области, в 2,5 км юго-восточнее от села Охотское, западнее протока Красноармейский.

Пространственные границы и расположение участков исследования отображены на рис.1.

Негативные последствия интрузии проявляются также в ухудшении качества питьевых вод (их засолении), сельскохозяйственных земель, в повышении агрессивности грунтовых вод и коррозионной активности грунтов по отношению к металлу и бетону заглубленных частей зданий и сооружений, коммуникаций и др. [2].

Причины возникновения и существования процесса интрузии обусловлено рядом факторов: геологических, гидрогеологических, геоморфологических, синоптических и других.

Первые включают в себя геолого-структурные особенности прибрежной зоны, характер дислокаций (как пликативных, так и дизъюнктивных), литологию слагающих зону активного водообмена пород, темпы современного осадконакопления (особенно в областях лавинной седиментации) и т.д.

Ко вторым относятся гидродинамические параметры водоносных горизонтов: пьезометрические уровни (уклоны), расход, характер гидравлической связи с морем. К этой же группе факторов следует отнести фильтрационные свойства пород коллекторов и водоупоров.

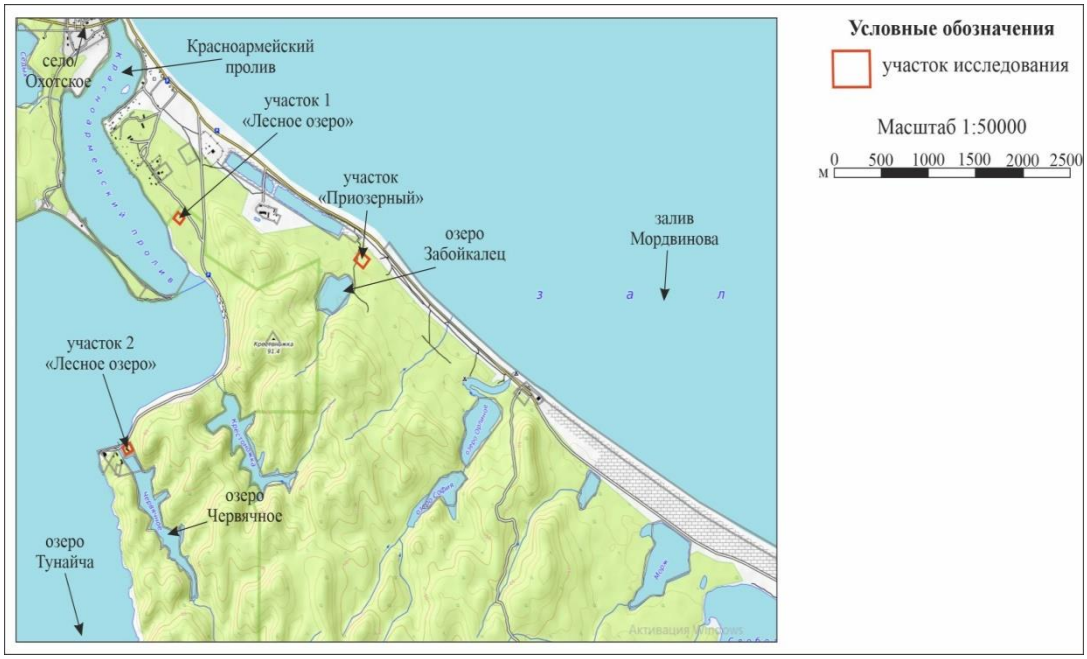

Рисунок 1. Обзорная карта района работ

Главные геоморфологические факторы - изрезанность береговой линии, морфология субаэральной и субаквальной частей прибрежной зоны, наличие рек и каналов, дренажных систем, дамб и других гидротехнических гидротехнических сооружений. В группу синоптических объединяются факторы, определяющие характер взаимодействия океана и атмосферы: интенсивность и повторяемость штормов определенного направления, барические образования (сейши). К синоптическим факторам можно отнести и некоторые климатические особенности побережий, например, наличие вечной мерзлоты [1,3].

Среди наиболее часто встречающихся видов интрузии можно назвать непосредственное внедрение морских вод в водоносный горизонт и опосредованное внедрение. Последнее происходит в результате нагона в реки и каналы морской воды с последующей фильтрацией ее в водоносные горизонты. Интрузией является и перетекание морских и минерализованных вод через слабопроницаемые отложения, литологические окна и зоны тектонических нарушений. Перетекание соленых вод через литологические окна в горизонты пресных вод – достаточно часто наблюдаемое явление, причем высокоминерализованные воды не обязательно должны быть морскими.

В естественных условиях поток подземных вод в сторону моря удерживает морские воды от внедрения или мористее береговой линии, вблизи берега или несколько глубже. Интенсивный водоотбор может понизить напоры в водоносном горизонте и вызвать интрузию [2,3].

При ознакомлении с существующими методиками расчета и оценки интрузии морских вод, а также изучением особенностей ее формирования и развития, в рамках исследования были рассмотрены аналогичные объекты (водозаборы), расположенные в прибрежной зоне Черного моря, Балтийской косы (Калининградская область), западное побережье полуострова Камчатка (на косе между Охотским морем и рекой Большая).

Также основными данными для решения задач по расчету и оценке интрузии могут быть:

1. материалы буровых работ, выполненных по профилям перпендикулярных береговой линии. Как правило, участок буровых работ включает пляж, берег и нижняя часть приморского склона с древними морскими террасами;

2. материалы гидрогеологических наблюдений при бурении скважин;

3. Результаты лабораторных исследований состава подземных вод в соответствии с требованиями.

4. Данные наземных и скважинных электромагнитных исследований.

Малоглубинные электроразведочные методы, как показал опыт, являются наиболее эффективными полевыми методами исследования интрузии, в том числе для приближенной оценки пространственного распространения интрузии в прибрежные водоносные горизонты от уреза воды и распределения пресной, солоноватой и соленой вод [2,4].

Выводы

1. На основании систематизация, анализа и обобщения полевых, фондовых и опубликованных материалов получено более полное представление о гидрогеологических особенностях южной части острова Сахалин.

2. Изучение закономерностей формирования подземных вод южной части острова Сахалин позволило установить, что эксплуатационные запасы пресных вод питьевого назначения могут быть не обеспечены или обеспечены на короткий промежуток времени.

3. Проанализировано, что основной причиной ухудшения качества пресных подземных вод водоносных горизонтов южной части острова Сахалин может являться внедрение (интрузия) морских солоноватых вод Охотского моря при несоблюдении условий и режима водоотбора. Роль других факторов, таких как естественная гидрохимическая зональность и техногенное загрязнение, незначительна.

Библиография

1. Де Уист Р. Дж.М. Гидрогеология гидрологии суши //Фундаментальные труды зарубежных ученых по геологии, геофизике и геохимии «Наука о земле». Москва: «МИР», 1969. С. 244–258.

2. Миронюк С.Г., Хлебникова О.А. Признаки и геологические предпосылки интрузии морской воды в прибрежные водоносные горизонты (на примере Черного моря) //Гэоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2022. № 3. С. 24–37.

3. Расторгуев А.В., Левицкая Е.В. Интрузии морских вод к прибрежным водозаборам //Инновации в геологии, геофизике и географии. Сборник материалов 4-ой Международной научно-практической конференции. 2019. С. 113-115.

4. Семенчук А.В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Условия формирования подземных вод Балтийской косы (Калининградская область) //Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского. 2018. С. 103–107.

Условия формирования ресурсов подземных вод бассейна Верхнего Днепра

Большаков И.С.* (МГРИ, i.s.bolshakov@yandex.ru),
Черепанский М.М. (МГРИ, vodamch@mail.ru)

Аннотация

Одной из крупнейших рек России и Европы является Днепр, который берёт своё начало в Смоленской области и образует один из крупнейших речных бассейнов на всём континенте. В связи с этим особую важность имеет вопрос формирования ресурсов подземных вод верхней части бассейна реки Днепр, так как именно эта часть оказывает определяющее воздействие на весь остальной речной бассейн, особенно с учётом трансграничного характера бассейна. Для понимания условий формирования ресурсов подземных вод бассейна Верхнего Днепра была составлена комплексная характеристика бассейна Верхнего Днепра с географической, геологической и гидрогеологической точек зрения.

Ключевые слова

Днепр, Смоленская область, речной бассейн, подземные воды

Теория

Смоленская область, к которой приурочено верхнее течение Днепра, с точки зрения рельефа, является равнинной территорией, которая при этом обладает значительной степенью расчленённости. На территории региона присутствуют несколько возвышенностей и низменностей. Крупнейшей формой рельефа является Смоленско-Московская возвышенность, которая протянулась с запада на северо-восток. Есть и другие возвышенности – Духовщинская (на северо-западе), Вяземская (на востоке), Ельнинская (в центре). Следует также отметить, что Духовщинская и Смоленско-Московская возвышенности являются водоразделами таких крупных рек, как Западная Двина, Днепр и Волга. Из низменностей можно выделить Сожско-Остерскую (на юго-западе) и Вазузскую (на северо-востоке).

Температура воздуха на территории региона изменяется несущественно – среднегодовые значения колеблются лишь на 1°С, но можно заметить, как она постепенно уменьшается при движении с запада на восток региона. В отношении осадков можно выделить северо-западный сектор области, относящийся к бассейну Западной Двины, который заметно отличается количеством выпадающих осадков. Данное явление связано с относительной близостью участка к Балтийскому морю и особенностями рельефа (наличие обрамления в виде Духовщинской и Смоленско-Московской возвышенностей). В бассейне Днепра отсутствуют какие-либо климатические аномалии.

При рассмотрении различий в температуре и осадках в январе и июле на территории Смоленской области, колебания температуры также будут незначительными, но с атмосферными осадками дело обстоит иначе. Несмотря на относительно равномерный по количеству осадков январь, в июле заметны участки, находящиеся на северо-западе, отличающиеся повышенным количеством выпадающих осадков на фоне остальной территории региона.

Высота снежного покрова на территории Смоленской области подвержена изменениям, которые связаны напрямую с особенностями рельефа региона. В бассейне Днепра, в частности, отмечаются относительно высокие значения высоты снежного покрова, что вероятнее всего связано с накоплением снега в низинах речной долины Днепра. Установление снежного покрова по мере продвижения на запад происходит позднее, разрушение же его, наоборот, раньше происходит на западе региона.

Бассейн Верхнего Днепра (рис. 1) лежит в зоне избыточного и достаточного увлажнения, что объясняется его расположением зоне смешанных лесов. В целом для Днепра преобладает снеговое питание (около 50% стока), также важную играет подземное (27%) и дождевое (23%) питание. Следует отметить, что соотношение между снеговым и дождевым питанием изменяется вниз по течению Днепра в сторону увеличения снегового питания. Таким образом, важную роль в формировании стока Верхнего Днепра играет дождевое питание.

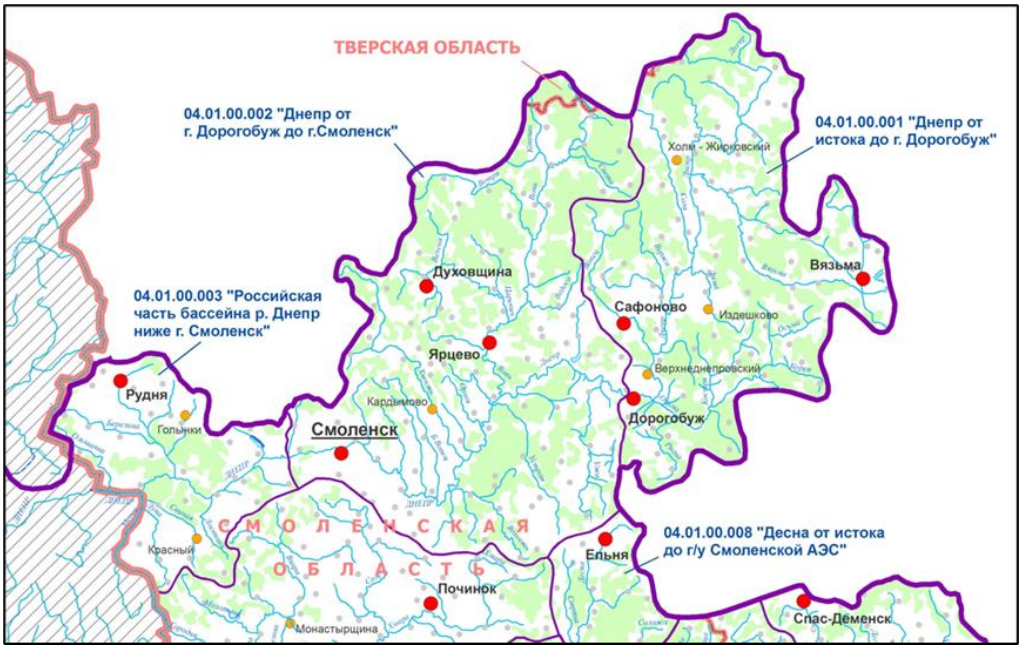

Рисунок 1. Бассейн Верхнего Днепра
Источник: Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна реки Днепр (российская часть). Составлена в соответствии с Приказом Минприроды России от 04.07.2007 № 169

Суммарный расход изменяется незначительно: в полноводные годы превышает норму почти в 2 раза, в маловодные годы составляет до 0,5 от нормы. Обеспеченность водными ресурсами высокая – среднее значение составляет около 200 тыс. м3 в год на 1 км2. Величина речного стока бассейна Верхнего Днепра относительно суммарного годового стока колеблется от 6,9 до 7,3%, что уступает величине стока формируемой в границах Белоруссии, которая составляет от 20,5 до 24,1%. В части распределения ресурсов речных вод бассейн Верхнего Днепра аккумулирует от 2269 до 3566 млн м3 стока (белорусская часть бассейна Днепра – от 9744 до 14391 млн м3).

Густота речной сети бассейна Верхнего Днепра составляет порядка 0,46 км/км2, что превышает аналогичные участки бассейна на территории Российской Федерации почти в 2 раза. Средний многолетний модуль стока составляет около 7 л/с на 1 км2, слой речного стока – от 220 до 240 мм. От 60 до 65% от указанной величины слоя речного стока формируется в период половодья – 135-145 мм. Таким образом, можно сделать вывод, что значительную часть речного стока бассейна Верхнего Днепра формирует именно поверхностная составляющая.

В верхней части бассейна Днепра можно выделить основные водоносные комплексы, которые принимают участие в формировании подземного стока: четвертичные, верхне-среднедевонские и нижнекаменноугольные. Преимущественно подземный сток в реки

происходит из четвертичного и девонского водоносного горизонтов. Нижнекаменноугольный водоносный горизонт формирует подземный сток исключительно на востоке бассейна.

Подземный сток четвертичного водоносного горизонта связан с воздействием климатических факторов. Основная доля в формировании подземного стока (около 70%) соответствует четверичным отложениям, 30% относится к верхне- среднедевонские отложениям. В районах, где есть восходящая фильтрация подземных вод из нижней зоны дренирования (верхнедевонские или каменноугольные отложения) в верхний четвертичный горизонт, доля нижележащих горизонтов составляет около 70% в суммарной величине формирования подземного стока, на четвертичный водоносный горизонт приходится лишь 30%.

На участке от истока Днепра до г. Сафоново подземный сток формируется в нижнекаменноугольных отложениях, где переслаиваются карбонатные и глинисто-карбонатные отложения. Их доля в подземном стоке составляет около 70%. Для верхнедевонских отложений (карбонатные, глинисто-карбонатные и песчаные отложения) она не превышает 30%. Так как регионально выдержанный водоупор между нижнекаменноугольными и верхнедевонскими отложениями здесь отсутствует, то вероятно, что верхнедевонские отложения тоже принимают участие в формировании подземного стока. Модуль подземного стока равен 2-3 л/с км^2 (1-2 л/с км^2 около истока р. Днепр). Величина естественных ресурсов составляет 1380,3 тыс. м^3/сут, на нижнекаменноугольный водоносный горизонт приходится 966,2 тыс. м^3/сут, на верхнедевонский горизонт – 414,1 тыс. м^3/сут. Суммарные утвержденные запасы подземных вод составляют 106,9 тыс м^3/сут.

Между городами Сафоново и Смоленск порядка 70% подземного стока формируется в нижнекаменноугольных отложениях. В бассейне р. Вопь (правого притока Днепра) подземный сток формируют четвертичные отложения, состоящие из песчано-глинистых отложений. Модули подземного стока равны 2-3 л/с км^2. Величина естественных ресурсов составляет 1725,2 тыс. м^3/сут, на нижнекаменноугольный водоносный горизонт приходится 1207,6 тыс. м^3/сут (без учёта бассейна р. Вопь). Количество утвержденных запасов подземных вод составляет 299 тыс м^3/сут.

От г. Смоленска до границы Российской Федерации подземный сток формируется в основном в четвертичных песчано-глинистых и местами песчаных отложениях (около 70%. Модуль подземного стока составляет 2-3 л/с км^2. Величина естественных ресурсов в среднем составляет 1409,6 тыс. м^3/сут, на четвертичный водоносный горизонт приходится 986,8 тыс. м^3/сут, а на верхнедевонский горизонт – 422,8 тыс. м^3/сут. Суммарные утвержденные запасы подземных вод составляют 27,6 тыс. м^3/сут.

В действующих крупных водозаборах наблюдается стабилизация динамических уровней подземных вод. Большие объемы добычи подземных вод на водозаборах привели к формированию локальных депрессионных воронок (до 15-50 м), например в районе городов Сафоново и Смоленск в плавско-хованском и среднефаменском водоносных комплексах. В г. Сафоново максимальное понижение составляет 55 м, в г. Смоленске снижение уровня составило 43 м.

Общая величина водоотбора составляет 0,21 тыс. м^3/сут для четвертичного водоносного комплекса, 31,66 тыс. м^3/сут для нижнекаменноугольного водоносного комплекса и 196,82 тыс. м^3/сут - для верхнедевонского водоносного комплекса.

Выводы

Имеющиеся прогнозные климатические данные не говорят о статистически значимом влиянии климатических изменений в ближайшем будущем на естественное питание подземных вод бассейна Верхнего Днепра. В основном сокращение подземной составляющей речного стока будет зависеть от геолого-гидрогеологических условий и величины водоотбора

подземных вод. Так, например, из-за депрессионной воронки, сформировавшейся в районе г. Смоленска, Днепр недополучает около 19 % подземного стока на этом участке. Таким образом в связи с увеличением потребления подземных вод бассейна Верхнего Днепра необходимо дальнейшее детальное изучение прогнозных ресурсов и запасов подземных вод различных водоносных комплексов с целью корректировки целевых показателей их использования.

Библиография

1. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Смоленской области за 2014 год. Выпуск 20. Смоленск: 2015.
2. Клёпов В.И., Дюков П.Д. Гидрологическое обоснование управления водными ресурсами в верхней части бассейна Днепра. Журнал «Природообустройство», № 4, 2020.
3. Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна реки Днепр (российская часть). Составлена в соответствии с Приказом Минприроды России от 04.07.2007 № 169.
4. Черепанский М.М., Каримова О.А., Дзюба А.В., Зайцева А.В. Основные элементы водного баланса и их влияние на подземный сток Верхнего Днепра. Журнал «Использование и охрана природных ресурсов в России», 2017, № 4 (152).

Показатели качества минеральной воды "Нарзан": сравнительный анализ бутилированной и природной воды

Булатова Д.И.* (К(П)ФУ, miss.bulatova-dilia@yandex.ru),
Гараева А.Н. (К(П)ФУ, anastya-solnce@mail.ru),
Баширов И.Д. (К(П)ФУ, (ilyas2016a3@gmail.com)

Аннотация

В статье приведены результаты исследования основных показателей качества покупной бутилированной минеральной воды «Нарзан» и результаты природного источника расположенного в экопарке «Долина Нарзанов» урочище Лахран, Кабардино-Балкарская Республика. Проведенное исследование бутилированной минеральной воды «Нарзан» позволяет утверждать, что образцы в полной мере соответствуют действующему стандарту и не меняют свое качество. Природный «Нарзанный источник №8» в экопарке «Долина Нарзанов», демонстрируют хорошие органолептические показатели, но в основном составе присутствует повышенное содержание лития.

Ключевые слова

Бутилированная минеральная вода, показатели качества, химический анализ, «Нарзан газированный», экопарк «Долина Нарзанов»

Теория

Природный источник «Нарзан» расположен на Северном Приэльбрусье в предгорьях Скалистого хребта Большого Кавказа, на высоте 1300 метров над уровнем моря, в урочище Лахран. Территориально относится к Зольскому району Кабардино-Балкарии, недалеко от границы с Карачаево-Черкесией. Долина нарзанов растянулась примерно на три километра вдоль бурной реки Хасаут, в почти замкнутой эрозионно-тектонической Хасаутской впадине, окруженной высокими горными хребтами. [1]

Рисунок 5. Природный питьевой «Серебряный источник» экопарк «Долина Нарзанов»

Рисунок 6. Природный питьевой «Нарзанный источник №8» экопарк «Долина Нарзанов»

Объектами исследования является питьевой «Нарзанный источник №8», «Серебряный источник» отобранный в экопарке «Долина Нарзанов» урочище Лахран, а также три бутилированные минеральные воды (производство АО «Нарзан» г. Кисловодск, скважина 7-РЭ, 107Д, 2Б-бис) 2024 года и результаты трех бутилированных минеральных вод 2022 года.

Исследуемые образцы были изучены на органолептические показатели, определена величина pH среды, количественное определение минерального состава проводилось на системе капиллярного электрофореза «Капель-105М» в лабораториях ИГиНГТ К(П)ФУ.

Таблица 1. Характеристика органолептических показателей качества

№	Наименование	Органолептические показатели		
		Прозрачность	Цвет	Вкус и запах
1	Природный питьевой «Нарзанный источник №8» экопарк «Долина Нарзанов»	Прозрачная через час после отбора: мутная, ржавого цвета, с рыжими хлопьями.	Оттенки желтоватого цвета	Запах углекислоты и сероводорода
2	Природный питьевой «Серебрянный источник» экопарк «Долина Нарзанов»	Прозрачная	Бесцветная жидкость.	Запах углекислоты
3	Нарзан, зеленый, пластик, 1 л, природный газ	Прозрачная жидкость, без посторонних включений.	Бесцветная жидкость.	Запах углекислоты
4	Нарзан, зеленый, пластик, 0,5 л, газированная	Прозрачная жидкость, без посторонних включений.	Бесцветная жидкость	Запах углекислоты
5	Нарзан, зеленый, пластик, 0,5 л, природной газации	Прозрачная жидкость, без посторонних включений.	Бесцветная жидкость	Запах углекислоты

6	Нарзан, зеленый, пластик, 0,5 л, прир. газ	Прозрачная жидкость, без посторонних включений.	Бесцветная жидкость	Запах углекислоты
7	Нарзан, зеленый, пластик, 1,0 л, прир. газ	Прозрачная жидкость, без посторонних включений.	Бесцветная жидкость	Запах углекислоты
8	Нарзан- Элита, зеленый, пластик, 0,5 л, прир. газ	Прозрачная жидкость, без посторонних включений.	Бесцветная жидкость	Запах углекислоты

Таблица 2. Результаты количественного анализа химического состава подземных вод типа «Нарзан»

Ионы	Природный питьевой «Серебрянный источник» экопарк «Долина Нарзанов»	Природный питьевой «Нарзанный источник №8» экопарк «Долина Нарзанов»/ мг/л	Минеральная вода производство АО «Нарзан» г.Кисловодск (скважины 7-РЭ, 107Д,5-0, 2Б-бис), 2024 г/мг/л	Минеральная вода производство АО «Нарзан» г. Кисловодск (скважины 7-РЭ, 107Д,5-0, 2Б-бис),2022 г/мг/л
HCO3-	650,2	1639,91	1223,4-1449,2	1281-1390
Cl-	11,7	21,59	171,8-196,0	70,5-80,0
SO42-	30,2	6,86	344,1-418,4	216,2-292,0
NO3-	0	**2,5**	0	0
Na+	10,3	194,8	192,0-301,7	75,2-100,3
Mg2+	30,2	112,9	85,2-97,8	80,4-95,6
Ca2+	125,4	282,0	242,3-310,4	202,1-264,6
Li+	0	**0,042**	0	0
NH4+	0	0	20,3-25,1	15,2-15,8
М, г/л	0,86	2,27	2,4-2,85	1,96-2,01
Жесткость, мг-экв/л	8,79	23,5	19,22-23,68	25,9-28,45
pH	6,2	6,99	6,23-6,5	6,48-6,64

Выводы

По результатам, полученным в ходе исследования образцов минеральной воды «Нарзан», можно сделать следующие выводы:

- образцы бутилированной воды 2024 года «Нарзан» по составу сульфатно-гидрокарбонатная натриево-магниево-кальциевая маломинерализованная, вода очень жесткая, с содержанием углекислоты. Назначение воды: лечебно-столовая, лечебная.[2]

-образцы бутилированной воды 2022 года «Нарзан» по составу сульфатно-гидрокарбонатная натриево-магниево-кальциевая.

Образцы минеральной воды в экопарке «Долина Нарзанов» урочище Лахран отличаются от нарзанов бутилированного типа сравнительно низким содержанием минеральных компонентов, а именно сульфат-ионов, хлоридов, аммиака.

- Вода из «Серебрянного источника» по составу гидрокарбонатная магниево-кальциевая, пресная, жесткая. Назначение воды: питьевая. По органолептическим свойствам вода представляет собой прозрачную бесцветную жидкость. Исследуемая данные соответствуют требованиям Государственного стандарта [5]

-Вода из «Нарзанного источника №8» по составу гидрокарбонатная натриево-магниево-кальциевая маломинерализованная, очень жесткая, с содержанием природной углекислоты. При длительном стоянии и нарушении карбонатного равновесия выделяется бурый осадок гидроксидов железа (III). В «Нарзанном источнике №8» присутствует превышение микроэлементов: лития, согласно СанПиН 1.2.3685-21 и ГОСТ Р 54316-2020 содержания лития не должно превышать 0,03 мг/л. Присутствие лития в воде скорее всего вызвано геолого-тектоническими условиями на исследуемом участке в результате проникновения воды через трещиноватый массив, проходящий через элювиальные отложения метаморфических образований. [5,3]

Библиография

1. Геологическая карта: K-38-I,VII (Кисловодск). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Издание второе. Кавказская серия, масштаб: 1:200000, серия: Кавказская, составлена: ФГУГП Кавказгеолсъемка, 2004 г., редактор(ы): Энна Н.Л.
2. ГОСТ 23268.1-91 «Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые». Методы определения органолептических показателей и объема воды в бутылках: с изм. от 01.01.2003 г. // Консорциум «Кодекс»: [сайт] – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200022306 (Дата обращения 20.02.2025).
3. ГОСТ Р 54316-2020. Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2020
4. Лечение минеральной водой на курортах Кавказских Минеральных Вод. - г. Минеральные Воды: АО «Издательство «Кавказская здравница»// под ред. Синкевич Е. - 2018. С. 1-72
5. СанПиН 1.2.3685-21

Влияние Клепиковского прогиба на гидрогеологические условия центральной части Мещерской впадины

Глухова С.А.* (МГУ имени М.В. Ломоносова, glukhovasa@my.msu.ru),
Харитонова Н.А. (МГУ имени М.В. Ломоносова, tchenat@mail.ru),
Суханова Т.В. (МГУ имени М.В. Ломоносова, tanikamgu@mail.ru)

Аннотация

Гидрогеологические условия формируются под воздействием различных факторов, один из которых является тектонический. Проявление тектонического фактора может привести к изменению характера и условий залегания гидрогеологических подразделений и, таким образом, оказать влияние на направление движения и формирование химического состава подземных вод, а также взаимоотношение смежных водоносных горизонтов. На основании проведения линеаментного, структурно-геоморфологического и геодинамического анализов в центральной части Мещерской впадины (Московский регион) выделена современная тектоническая структура — Клепиковский прогиб. Проведенный комплексный анализ позволил установить, что центральная часть Клепиковского прогиба является местной областью разгрузки напорных подземных вод каменноугольных отложений в вышезалегающий мезокайнозойский водоносный комплекс через гидрогеологическое окно в келловей-кимериджской слабопроницаемой толще, образованное за счет тектонического фактора.

Ключевые слова

Клепиковский прогиб, гидрогеологическое окно, область разгрузки подземных вод, Московский артезианский бассейн

Теория

На основании проведения линеаментного, структурно-геоморфологического и геодинамического анализов в центральной части Мещерской впадины (Московский регион) выделена современная тектоническая структура — Клепиковский прогиб [1]. Структура характеризуется относительно пониженным современным рельефом и высокой заболоченностью. К прогибу приурочены долины рек Бужи, Поли и Пры, а также озера, называемые Великими Мещерскими. Выделенные на территории линеаменты, а также кулисообразное строение озер в центральной части прогиба предполагает наличие сдвиговых деформаций. Таким образом, центральную часть Клепиковского прогиба можно охарактеризовать как структуру присдвигового раздвига. Особенностью подобных структур является наличие области разрушения, сформированной над сдвигом [5].

По гидрогеологическим условиям район исследования приурочен к центральной части Московского артезианского бассейна. В пределах Клепиковского прогиба напорные комплексы каменноугольных отложений отделены от вышезалегающего водоносного мезокайнозойского комплекса, содержащего безнапорные воды, регионально распространенной келловей-киммериджской слабопроницаемой толщей. Взаимосвязь каменноугольных и мезокайнозойского водоносных комплексов определяется степенью сплошности и фильтрационными свойствами келловей-кимериджской слабопроницаемой толщи.

Выполненный анализ результатов ранее проведенных работ в районе исследования позволил установить, что в центральной части Клепиковского прогиба происходит разгрузка подземных вод каменноугольных водоносных комплексов в вышезалегающий комплекс мезокайнозойских отложений через слабопроницаемую келловей-кимериджскую толщу [3–4].

Развитие области разрушения над сдвигом в каменноугольных отложениях могло привести к образованию области повышенной проницаемости, гидрогеологического окна, за счет чего возможно изменение условий взаимосвязи мезокайнозойского и каменноугольных водоносных комплексов. Таким образом, формирование области разгрузки подземных вод может быть обусловлено тектоническим фактором.

Оценка влияния Клепиковского прогиба на гидрогеологические условия выполнена на основании комплексного анализа, включающего изучение уровенной поверхности водоносных горизонтов и комплексов, фильтрационной неоднородности водовмещающих и разделяющих отложений, а также химического и изотопного состава подземных вод.

Выполненный анализ гидрогеологических условий и карты гидроизопьез касимовского карбонатного комплекса показывает, что в изучаемом районе абсолютные отметки уровня подземных вод изменяются от 93 до 129 м, снижаясь на север к долине р. Клязьма. В центральной части Клепиковского прогиба, в долине Великих Мещерских озер, абс. отм. уровня подземных вод касимовского водоносного комплекса залегают на отметках 114–115 м [1]. Положение пьезометрической поверхности соответствует уровню рельефа в пределах Клепиковского прогиба и уровню озер, что косвенно указывает на возможную тесную взаимосвязь касимовского водоносного комплекса с вышезалегающим комплексом мезокайнозойских отложений. Замеры уровня подземных вод в скважинах показывают, что в самой долине Великих Мещерских озер уровень касимовского комплекса превышает уровень мезокайнозойского водоносного комплекса. Таким образом, в центральной части Клепиковского прогиба происходит разгрузка подземных вод касимовского водоносного горизонта в вышезалегающий мезокайнозойский водоносный комплекс через келловей-кимериджскую слабопроницаемую толщу.

На основании фондовых материалов выявлено, что водопроводимость касимовского карбонатного комплекса в пределах Мещерской низменности изменяется от 2 до 12 050 м^2/сут, составляя в среднем 200–1000 м^2/сут. В центральной части Клепиковского прогиба, в районе Великих Мещерских озер, водопроводимость касимовского водоносного комплекса достигает максимальных значений (10–12 тыс. м^2/сут). Келловей-кимериджские глины, перекрывающие касимовский водоносный комплекс в центральной части Клепиковского прогиба, также характеризуются повышенными фильтрационными свойствами, достигая максимальных для территории Мещерской низменности значений $3\cdot10^{-2}$–$5\cdot10^{-3}$ м/сут. Таким образом, в центральной части Клепиковского прогиба сформирована область повышенной трещиноватости, обусловленная проявлением тектонического фактора.

Результаты термометрических исследований, проведенных на территории Мещерской низменности (фондовые материалы), доказывают, что центральная часть Клепиковского прогиба, занятая Великими Мещерскими озерами, является областью разгрузки подземных вод как касимовского и подольско-мячковского водоносных комплексов в вышезалегающий мезокайнозойский водоносный комплекс.

По результатам гидрогеохимического опробования, проведенного в ходе съемочных работ [2–4], воды касимовского комплекса преимущественно гидрокарбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные, пресные (значения сухого остатка составляют 0,24–0,63 г/л, в среднем — 0,39 г/л). Воды нижезалегающего подольско-мячковского комплекса преимущественно гидрокарбонатно-сульфатные, от пресных до солоноватых (сухой остаток 0,83–3,2 г/л, в среднем — 1,6 г/л). В центральной части Клепиковского прогиба, в районе Великих Мещерских озер, зафиксированы максимальные значения величины сухого остатка и общей жесткости, а содержания сульфатов, а также отмечается смена химического состава подземных вод с гидрокарбонатного на гидрокарбонатно-сульфатный (Рисунок 1). При этом качество подземных вод касимовского водоносного комплекса в области предполагаемой разгрузки подземных вод нижезалегающего подольско-мячковского комплекса подобно

качеству подземных вод при совместном оборудовании скважин на данные горизонты. Таким образом, результаты изучения макрокомпонентного состава подземных вод в районе исследования доказывают наличие области разгрузки подземных вод подольско-мячковского комплекса в вышезалегающий касимовский в центральной части Клепиковского прогиба.

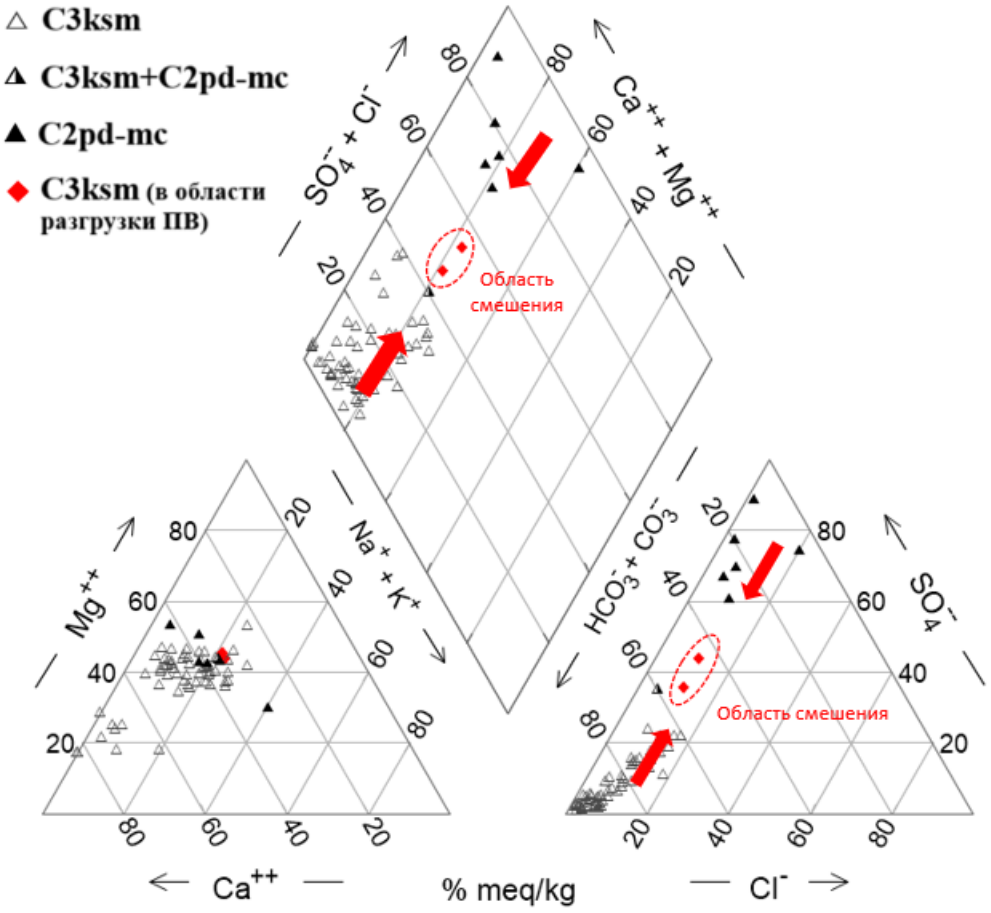

Рисунок 1. Диаграмма Пайпера химического состава подземных вод каменноугольных водоносных комплексов района Клепиковского прогиба

Выводы

Проведенный комплексный анализ позволил установить, что центральная часть Клепиковского прогиба является местной областью разгрузки напорных подземных вод каменноугольных отложений в вышезалегающий мезокайнозойский водоносный комплекс через гидрогеологическое окно в келловей-кимериджской слабопроницаемой толще, образованное за счет тектонического фактора.

Библиография

1. Глухова С.А., Суханова Т.В., Пинигин О.В., Харитонова Н.А. Гидрогеологические условия Мещерской впадины и их связь с новейшей тектонической структурой региона // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4: Геология. — 2024. — №4. — С. 25–34.

2. Кабанов Ю.Н., Меньшенин О.А., Шик Е.М. Государственная гидрогеологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Московская. Лист N-37-IV — Шатура. Объяснительная записка. — М.: ПГО «Центргеология». — 1987. — 167 с.

3. Квятковская Г.Н. Гидрогеологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Московская. Лист N-37-XI — Тума. Объяснительная записка. — М.: ПГО «Центргеология». — 1981. — 111 с.

4. Лачинова Н.С. Гидрогеологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Московская. Лист N-37-V — Судогда. Объяснительная записка. — М.: ПГО «Центргеология». — 1981. — 105 с.

5. Сим Л.А., Михайлова А.В. Разломы осадочного чехла платформ и методы их исследования // Проблемы тектонофизики: К сорокалетию создания М.В.Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН. М : Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. — 2008. — С. 141–148.

Гидрогеологическое доизучение среднего масштаба по группе листов РФ (на примере листа N-37-II (Москва))

Кокорева Д.Д.* (ФГБУ «Гидроспецгеология», kokoreva_d@geomonitoring.ru), Мищенко М.В. (ФГБУ «Гидроспецгеология», mishchenko@geomonitoring.ru)

Аннотация

Рассмотрены основные задачи, решаемые в процессе проведения гидрогеологического доизучения среднего масштаба. Охарактеризовано содержание комплекта карт гидрогеологического содержания. Обозначены дальнейшие перспективы гидрогеологического картирования. Приведены положения, учитываемые при планировании полистных геолого-съёмочных работ среднего масштаба.

Ключевые слова

Гидрогеологическое доизучение, среднемасштабная съёмка, комплект карт, гидрогеологическая карта, актуализация

Теория

Основу среднемасштабной гидрогеологической информационной базы территории России составляют комплекты карт гидрогеологического содержания масштаба 1 : 200 000, которые отвечают современным требованиям и ориентированы на решение федеральных и региональных задач по изучению, оценке состояния и управлению государственным фондом недр в части ресурсной базы подземных вод и её использование, а также осуществление государственного мониторинга состояния недр и других видов геологоразведочных работ.

Гидрогеологическое доизучение среднего масштаба, включающее гидрогеологическое картографирование, является одним из главных методов системного геологического и гидрогеологического анализа и обобщения обширных и разнообразных материалов геологоразведочных работ.

Доизучение заключается в решении невыясненных до конца вопросов после проведения съёмочных работ прошлых лет, анализе современного состояния основных водоносных подразделений по количественным и качественным показателям. Доизучение необходимо для уточнения данных по стратификации разреза в связи с выходом нового стратиграфического кодекса и актуализации картографических материалов.

Создание современного комплекта карт подразумевает решение следующих гидрогеологических задач:

– уточнение возраста, границ и площадей распространения стратифицированных и нестратифицированных гидрогеологических подразделений, являющихся объектами гидрогеологического картографирования;

– описание границ и площадей артезианских бассейнов, гидрогеологических складчатых областей, гидрогеологических массивов;

– уточнение и выявление закономерностей размещения и формирования подземных вод в различных геолого-гидрогеологических условиях и природных зонах страны;

– уточнение условий формирования подземных вод по количественным и качественным показателям и их изменение под влиянием природных и техногенных факторов;

– оценка гидродинамического и гидрохимического состояния подземных вод по количественным и качественным показателям;

– оценка характера и степени защищённости основных водоносных горизонтов, эколого-гидрогеологических условий, природных и техногенных опасных процессов изучаемых территорий;

– оценка ресурсного потенциала и прогнозных ресурсов питьевых, технических, минеральных, подземных вод в целях их охраны и рационального использования в социальных и технико-экономических сферах;

– выделение перспективных площадей для постановки поисково-оценочных работ на подземные воды;

– создание комплекта карт гидрогеологического содержания.

Результатом гидрогеологического доизучения являются созданные с применением ГИС-технологий актуализированные и подготовленные к изданию комплекты карт гидрогеологического содержания масштаба 1 : 200 000 с объяснительными записками и структурированным фондом геолого-гидрогеологической информации. (рис. 1) [1, 4].

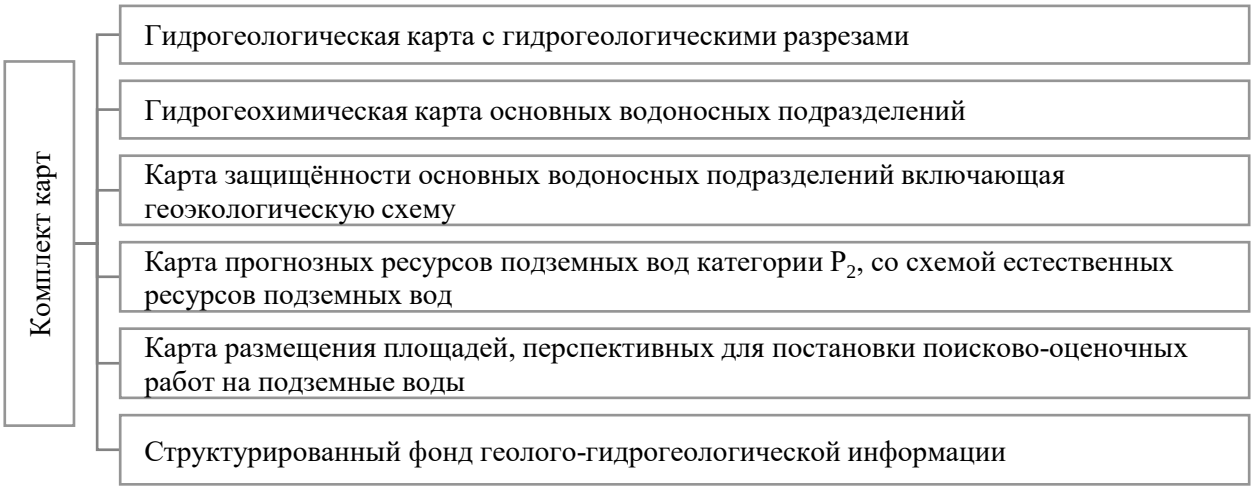

Рисунок 1. Состав комплекта карт гидрогеологического содержания масштаба 1 : 200 000

Отличительной особенностью характерной для всех регионов России является то, что планомерные среднемасштабные гидрогеологические работы проводились до 90-х годов, в последующие годы велись в основном на локальных территориях преимущественно для решения практических задач [2, 4]. В связи с чем появилась необходимость создания комплектов карт на основе современных геологических карт и в соответствии с действующими нормативными требованиями, подготовленных с применением ГИС-технологий.

При планировании полистных гидрогеологических съёмочных работ среднего масштаба необходимо учитывать следующие положения:

– низкая изученность минерально-сырьевой базы (МСБ) основных типов подземных вод (в первую очередь – пресных) а также гидрогеологических перспектив по его наращиванию;

– слабая гидрогеологическая изученность и необходимость оценки ресурсного потенциала подземных вод для геологического обеспечения формирования МСБ подземных вод в пределах намечаемых к освоению территорий;

– вероятное значительное региональное изменение состояния подземных вод под влиянием напряженной водохозяйственной, санитарной и экологической обстановки территорий с высокой плотностью населения;

– необходимость регионального гидрогеологического изучения недр для изыскания источников водоснабжения в вододефицитных районах страны;

– необходимость регионального гидрогеологического изучения недр для изыскания источников водоснабжения населения (крупные города или промрайоны), защищённых от загрязнения;

– ранее выявленная высокая динамика изменения гидродинамических условий в районах интенсивного освоения;

– необходимость соблюдения геополитических интересов страны применительно к эксплуатации подземных вод на трансграничных территориях.

Комплекта карт гидрогеологического содержания масштаба 1 : 200 000 по листу N-37-II (Москва)

Примером такого объекта может служить лист N-37-II (Москва).

Актуальность постановки работ гидрогеологического доизучения определялась следующими аспектами:

– Отсутствием современной гидрогеологической основы. Гидрогеологическая карта первого поколения, была результатом планомерной гидрогеологической съёмки, выполненной в 1959-1961 гг., итогом которой стало составление гидрогеологической карты в 1963 году, а затем в 1968 году и объяснительной записки.

– Накоплением обширного фактического материала. В 60-80-ых годах проводились различные геологоразведочные работы. В 80-х годах проводились работы по поискам, разведке и оценке запасов подземных вод региона. В 90-х годах проводились геолого-экологические исследования. Начиная с 2000 года и до настоящего времени, проведено множество работ по поискам и разведке подземных вод, переоценке их эксплуатационных запасов.

– Значительным изменением современного состояния ресурсов подземных вод, включая их качество, что связано с высокой техногенной нагрузкой на территории г. Москвы и Московской области.

– Сложной гидродинамической обстановкой Московского региона.

Работы гидрогеологического доизучения масштаба 1 : 200 000 листа N-37-II (Москва) завершены ФГБУ «Гидроспецгеология» в 2024 году.

В результате работ подготовлен к изданию комплект карт гидрогеологического содержания.

Один из основных результатов выполненных работ карта размещения площадей, перспективных для постановки поисково-оценочных работ на подземные воды. При составлении данной карты учтены: существующая водохозяйственная обстановка, гидрогеологические условия (гидрогеологическая карта) и оценённая гидрогеохимическая обстановка (на базе гидрогеохимических карт основных водоносных горизонтов), распределение ресурсного потенциала питьевых подземных вод по площади и их защищённость от загрязнения.

При выборе перспективных площадей учитывались водообильность горизонтов, относительная защищённость от поверхностного загрязнения, качество подземных вод, данные буровых и опытно-фильтрационных работ в границах площади, в том числе границы сработки уровня подземных вод в результате интенсивной эксплуатации основных водоносных горизонтов вокруг крупных городов Подмосковья, и нахождения площади вне границ особо охраняемых природных территорий.

Выделенные площади предназначены для дополнительного питьевого водоснабжения близлежащих населённых пунктов с проведением разведочных работ, и устройства водозаборов подземных вод с учётом водоподготовки. Необходимость предусмотреть мероприятия по водоподготовке для подачи качественной воды потребителям выяснится на

стадии разведочных работ с обязательным определением макрокомпонентного и микрокомпонентного состава, а также суммарных альфа-активности и бета-активности.

Результаты выполненных работ гидрогеологического доизучения масштаба 1 : 200 000, представленные комплектом карт гидрогеологического содержания с объяснительной запиской служат в качестве картографической гидрогеологической основы для решения широкого спектра задач планирования и рационального использования государственного фонда недр в части ресурсов подземных вод.

Выводы

Отсутствие современной гидрогеологической основы и накопленная большая база фактического и картографического материала определяет необходимость планомерного гидрогеологического доизучения среднего масштаба территории РФ.

Современные требования к содержанию комплекта карт гидрогеологического содержания масштаба 1 : 200 000 и новые технологии их создания предопределили необходимость обновления научно-методического фонда документов.

По результатам гидрогеологических съёмочных работ создан фонд комплектов карт по группе листов РФ с выделением перспективных для постановки поисково-оценочных работ на подземные воды.

Будущее гидрогеологической картографии определяется кардинальным изменением способов и технологий представления гидрогеологической информации – переходом от создания «бумажных» гидрогеологических карт к созданию цифровых комплектов.

Библиография

1. Куренной В.В., Островский В.Н. Легенда гидрогеологической карты // Разведка и охрана недр. № 9. 2011. С. 38-45
2. Островский В.Н. К методике составления среднемасштабных гидрогеологических карт // Отечественная геология. № 4. 2010. С. 86-91.
3. Попов Е.В., Лыгин А.М., Лукьянчиков В.М., Крестин Б.М., Новик Ю.В., Балашов В.А., Кокорева С.В., Грохольская К.Д., Паркина В.А., Сироткин Д.В. Региональные гидрогеологические и инженерно-геологические работы. Состояние, основные результаты, проблемы и перспективы // Разведка и охрана недр. №11. 2023. С. 45-52.
4. Пугач С.Л., Спектор С.В., Платонова А.В., Кокорева С.В., Журавлев А.Н., Гришин Е.С. Методика составления и подготовки к изданию листов государственных гидрогеологических карт РФ масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000 // Разведка и охрана недр. № 11. 2018. С. 24-30.

Оценка возможности использования недр Российской Федерации с целью создания подземных хранилищ нефти

Котович А.Д.* (ФГБУ «Гидроспецгеология», kotovich@geomonitoring.ru), Маринин А.Г. (ФГБУ «Гидроспецгеология», marinin@geomonitoring.ru)

Аннотация

Обоснована необходимость в создании подземных хранилищ нефти (ПХН). Перечислены типы ПХН и критерии выбора участков недр для их создания. Представлена обзорная карта районирования по условиям пригодности геологических структур для создания подземных хранилищ нефти территории Российской Федерации масштаба 1:5 000 000.

Ключевые слова

Подземные хранилища нефти, шахтный тип, метод размыва, карта районирования по условиям создания ПХН

Теория

В России, как и во многих странах мира, с активным развитием нефтеперерабатывающей и химической промышленности растет необходимость в создании подземных хранилищ жидких углеводородов. Это связано, в большей степени, с идей создания стратегического резерва углеводородного сырья для обеспечения экономической и национальной безопасности страны и с регулированием сезонной неравномерности потребления нефтепродуктов и сырой нефти [5].

Определяющим фактором для возможности создания подземных хранилищ нефти является наличие соответствующих благоприятных геологических и гидрогеологических условий. Перспективными для этих целей были приняты породы магматической и метаморфической формаций (граниты, базальты, гнейсы и др.), а также соленосные отложения (гипсы, ангидриты и каменная соль).

Рекомендации по обоснованию пригодности геологических структур для создания ПХН зависят от типа хранилищ. Для нефти они бывают только одного типа – резервуарного. В свою очередь хранилища резервуарного типа подразделяются на бесшахтные хранилища в каменной соли, создаваемые методом размыва, и хранилища шахтного типа – в подземных горных выработках отработанных месторождений твердых полезных ископаемых [1, 4].

Подземные хранилища шахтного типа подразделяются на два вида, различающиеся способом достижения герметичности выработок-емкостей:

- в трещиноватых, устойчивых породах с подпором грунтовых вод без возведения крепи;
- в непроницаемых устойчивых горных породах.

Резервуарными емкостями в шахтных хранилищах являются горные выработки, как правило, камерного типа. В общем случае хранилище представляет собой систему выработок: вскрывающих, околоствольных, подходных, вспомогательных и собственно выработок-емкостей. Выработки-емкости от внешней среды или вспомогательных выработок отделяются специальными устройствами – герметичными перемычками. Хранилища такого типа сооружаются как на один, так и на несколько видов продуктов (комплексные хранилища). В них хранят нефть, мазут, дизельное топливо, керосин, бензин, предельные и непредельные сжиженные углеводородные газы.

Создание подземных хранилищ нефти большого объема (не менее 1 млн м^3) налагает ряд ограничений. На базе существующих нормативно-правовых и инструктивно-методических документов, опыта создания подземных хранилищ газа, нефти и продуктов их

переработки, изданной литературы и фондовых материалов были разработаны требования к участкам недр и горным породам, пригодным для создания ПХН [2].

Общие требования к участкам недр для создания ПХН:

- участки недр должны быть вне территорий зон национальных парков, заповедников, населенных пунктов, территорий зон рекреационного и защитного назначения, за пределами II пояса зон санитарной охраны действующих и проектируемых подземных и поверхностных источников водоснабжения;
- участки недр должны располагаться в районах с сейсмичностью менее 9 баллов;
- в пределах участков недр не должны быть развиты опасные геологические процессы и явления.

Для подземных хранилищ нефти шахтного типа:

- пригодные породы – нерастворимые в воде и углеводородах, не содержащие включений, ухудшающих качество нефти, не фильтрующие ее, устойчивые против горного давления и не требующие установки анкерной крепи;
- породы практически непроницаемы или водоносные только по мелким трещинам;
- притоки подземных вод менее 10 м^3/час по всей выработке;
- выработки-емкости могут располагаться в пределах артезианских бассейнов в непроницаемой толще горных пород мощностью не менее 50 м ниже зоны активного водообмена. Гидростатическое пластовое давление подземных вод на поверхность выработок должно превышать внутреннее давление нефти в выработке-емкости;
- выработка-емкость располагается вне зон тектонических нарушений.

Для подземных хранилищ нефти, сооружаемых методом размыва:

- соляные залежи могут быть любых структурных форм залегания: купола, штоки, пласты (мощность пластовой соли не менее 40 м);
- необходимо наличие поверхностных или подземных пресных, или минерализованных (не более 35 г/л) вод;
- необходимы условия для утилизации строительного рассола;
- площадь соляного тела в плане должна обеспечить размещение резервуаров в количестве, необходимом для хранения порядка 1 млн м^3 нефти;
- соляная залежь должна располагаться вне зоны активного водообмена;
- соляная залежь в интервале заложения выработок-емкостей не должна содержать солей, легко растворяющихся в воде и хлоридно-натриевом рассоле, а также прослоев нерастворимых горных пород мощностью более 2-х метров.

С учетом анализа геологического строения, гидрогеологических и инженерно-геологических условий в пределах территории России, с учетом предъявляемых требований для выбора участков недр для создания подземных хранилищ нефти специалистами ФГБУ «Гидроспецгеология» была создана «Обзорная карта районирования по условиям пригодности геологических структур для создания подземных хранилищ нефти территории Российской Федерации» масштаба 1:5 000 000 (Рисунок 1). Рассматривались территории на расстоянии 100 км от существующих, строящихся и проектируемых нефтепроводных систем. Проведенная оценка позволит выделить участки недр, перспективные для дальнейшего более детального изучения и постановки комплекса исследований по обоснованию размещения подземных хранилищ нефти объемом не менее 1 млн м^3 [3].

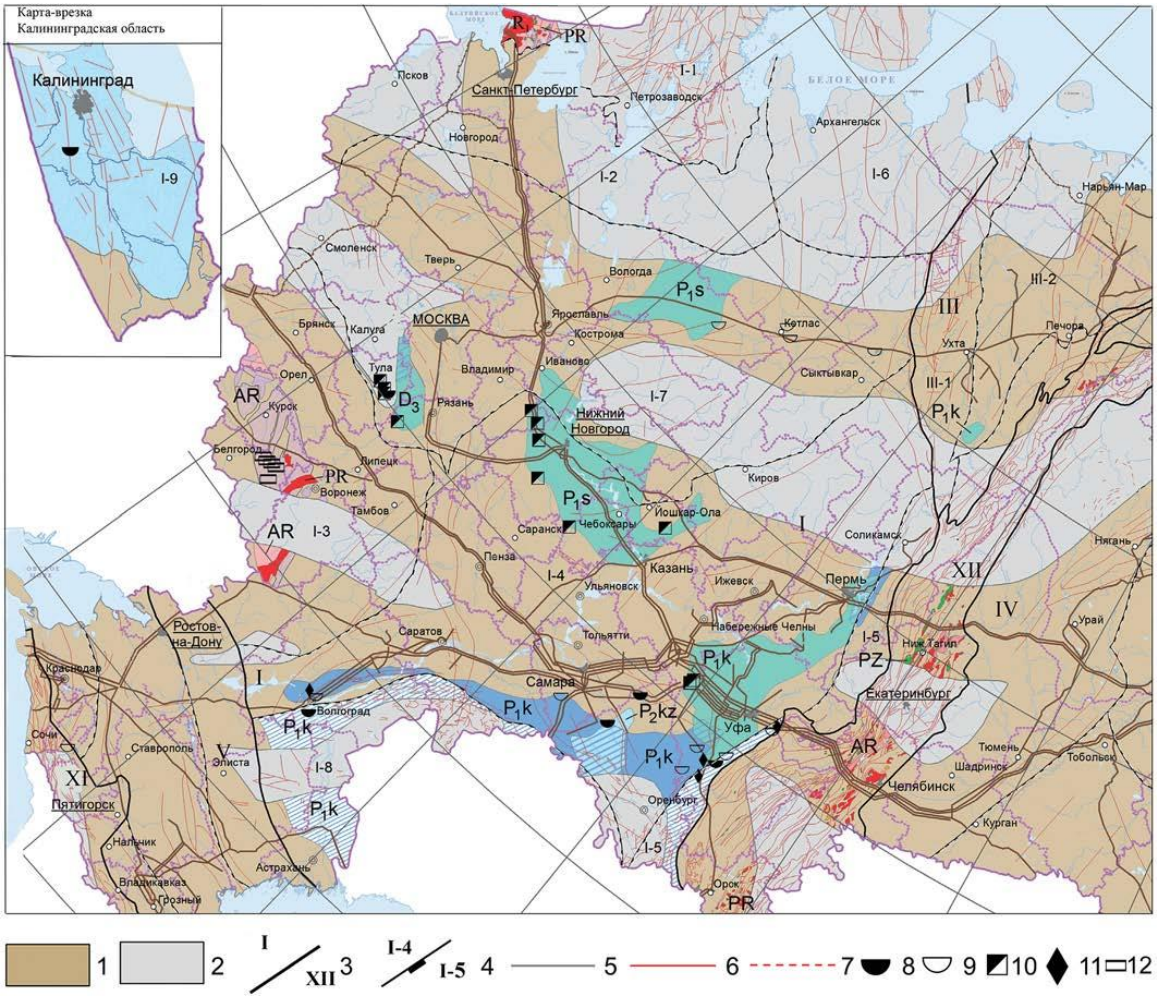

Рисунок 1. Фрагмент обзорной карты районирования территории Российской Федерации по условиям пригодности геологических структур для создания подземных хранилищ нефти: 1 – исследуемая территория, в пределах которой нет участков перспективных для создания ПХН емкостью 1 млн м^3; 2 – территория федерального округа за пределами исследуемой 200-километровой зоны; 3 – границы трансрегиональных структур; 4 – границы региональных структур (номера структур соответствуют схеме тектонического районирования); 5 – границы распространения перспективных комплексов; тектонические нарушения: 6 – достоверные; 7 – предполагаемые; месторождения каменных и калийных солей: 8 – эксплуатируемые, 9 – разведанные и законсервированные; 10 – месторождения гипсов, ангидритов; 11 – подземные хранилища нефтепродуктов; 12 – железорудные месторождения

На карте выделены территории, где развиты геологические формации, перспективные для размещения ПХН, – сплошной или штриховой цветной закраской, соответствующие литологическому составу пород. Территории, где в пределах исследуемой территории нет геологических формаций, перспективных для размещения ПХН, закрашены светло-коричневым цветом.

Территория России за пределами 100 км зоны от нефтепроводных систем закрашена серым цветом. Граница исследуемой территории показана сплошной утолщенной линией фиолетового цвета.

Выводы

Подземные хранилища нефти являются одним из звеньев системы нефтеснабжения.

В зависимости от типа подземного хранилища выбор участка недр для создания ПХН производится по определенным критериям.

Обзорная карта районирования по условиям пригодности геологических структур для создания подземных хранилищ нефти территории Российской Федерации является оценочной. Согласно требованиям в пределах 100 км зоны от нефтепроводных систем закартированы массивы горных пород, имеющих мощность отложений галогенной (соленосной) формации более 40 м, пород магматической, метаморфической формаций и гипсо-ангидритовой толщи мощностью более 50 м. Минимальная глубина заложения регламентируется мощностью зоны активного водообмена в артезианских бассейнах и уровнем местного базиса эрозии на гидрогеологических массивах, а максимальная – техническими возможностями (в галогенной формации максимальная глубина использования пластов соли составляет 1 500 м, в гипсо-ангидритовой толще и в магматической и метаморфической породах – 350–400 м).

Следующим шагом, необходимым для обоснования выбора участка недр для постановки геолого-гидрогеологических работ с бурением скважин до 1 500 м при создании ПХН, является создание карты 1:1 000 000 масштаба.

Библиография

1. Анненков А.А., Блажнов Я.Н., Егоров Н.Н., Иванова Н.Ф., Новоселова В.Н. Оценка возможности использования недр с целью создания подземных хранилищ нефти для хранения федерального фонда резервов углеводородного сырья // Разведка и охрана недр. – 2018. – № 11. – С. 9–16.
2. Архипов В.С., Зиньковский В.Е., Корзун Л.Е. Геологическое обоснование выбора объектов для подземного хранения нефтепродуктов в районах крупных промышленных центров. Отчет. – М., Росспецгеология, 1986.
3. Волосенко С.И., Егоров Н.Н., Новоселова В.И. Составление атласа специализированных карт условий захоронения промышленных отходов различной степени опасности территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000. Госконтракт № АМ-02-34/24. – М.: ФГУГП «Гидроспецгеология», 2013.
4. Егоров Н.Н., Анненков А.А. Методика геолого-гидрогеологических исследований с целью выбора участков недр для создания подземных хранилищ газа и нефти// Разведка и охрана недр. – 2012. – № 10. – С. 22–25.
5. Железников Н. В. Применение подземных хранилищ при создании стратегического резерва нефти // Золотухинские чтения. Нефть, газ и энергетика в Арктическом регион: материалы Международной научно-практической конференции 20–21.04.2023. – С. 146–152.

Некоторые проблемы развития подземного дренажного комплекса карьера Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева (КМА)

Кушнерчук В.В.* (НИУ «БелГУ», kuschner4uk@yandex.ru),
Скрипка А.А. (АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», alexandrskripka@yandex.ru),
Игнатенко Е.М. (НИУ «БелГУ», ignatenko_e@bsuedu.ru)

Аннотация

Основная производственная проблематика работы подземного дренажного комплекса связана со сложностями сопряженного функционирования с карьером (подработка горных выработок), а также с нарушениями нормального режима эксплуатации восстающих дренажных скважин. По результатам прогнозных расчетов общего притока подземных вод в карьер (моделирование геофильтрации) при увеличении размера дренажного контура в северо-западном направлении в процессе развития карьера МГОКа, определено необходимое количество узлов восстающих дренажных скважин и разработана схема их расположения для обеспечения эффективного осушения карьера вплоть до 2032 г.

Ключевые слова

Месторождение, подземные воды, водоприток, дренаж, подработка, восстающие дренажные скважины

Теория

Промышленное освоение Михайловского месторождения на КМА производится открытым способом. Горные работы ведутся в трех карьерах: центральном, соединительном и южном; северный карьер законсервирован и используется для складирования окисленных кварцитов. Длина карьера по контуру вскрыши составляет 6,0 км, ширина – 2,6 км, глубина – 340 м, площадь - 15,6 км^2. В связи со значительными размерами карьерного поля, а также для уменьшения объема вскрыши его осушение производится комбинированно - поверхностным и подземным способами [1].

Основные геолого-гидрогеологические особенности исследуемого района обусловлены наличием мощного осадочного чехла, перекрывающего месторождение, в котором выделены водоносные горизонты в песчаных отложениях четвертичной, меловой и юрской систем, в песчаных и карбонатных образованиях девонской системы [4 и др.]. Ниже, в кристаллическом фундаменте прослеживается водоносная зона трещиноватости в архей-протерозойских изверженных и метаморфических породах. Осушение карьера осуществляется системой подземных горных выработок подземного дренажного комплекса (далее ПДрК) и пробуренных из них восстающих дренажных скважин (далее ВДС). Основная его производственная проблематика связана с подработкой горных выработок карьером, а также с выходом из строя некоторых ВДС [2, 3]. В планах развития МГОКа до 2032 г. значится расширение карьера в Северо-западном направлении, объединение Северного, Южного и Центрального карьеров с углублением дна объединенного карьера. При этом неизбежна подработка карьером подземных горных выработок ПДрК (рис. 1), которая приведет к погашению дренажных горных выработок, попадающих в зону опасного воздействия при приближении открытых горных работ к подземной выработке.

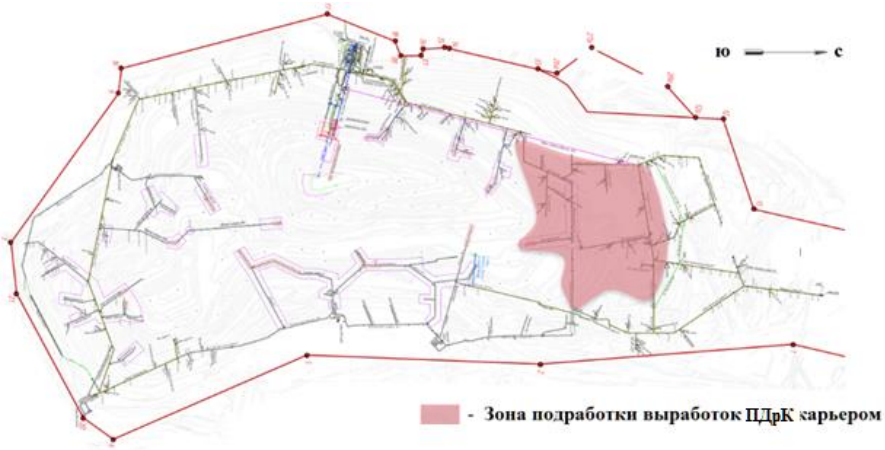

Рисунок 1. Схема подземных горных выработок ПДрК с выделенной зоной подработки карьером МГОКа

При использовании инструментов ГИС «Геомикс» определен объем работ по погашению подрабатываемых дренажных выработок ПДрК МГОК на период 2024-2032г.г., составивший 6415п.м. Погашение этих выработок затруднит самотечный отвод дренажных вод с северо-западного борта карьера в дальнейшем, что может повлечь за собой существенные проблемы производства открытых горных работ и потребует компенсационного их воспроизводства [3]. Однако, анализ перспективного развития горных работ выявил, что существующая система осушения, в целом, может сохранять устойчивость определенное время. Исключением является северо-западный борт карьера, который в перспективе выйдет за пределы существующего контура подземных горных выработок ПДрК (Северо-западный и Северо-западный №2 штреки). В этой связи, для оценки водопритоков в карьер из батских песков (более 70 % от общего обводнения) разработана численная модель фильтрации подземных вод района МГОКа.

Решение фильтрационной задачи осуществлялось с использованием лицензионной программы Modflow системы GMS (Harbaugh, 2005), реализующей пространственную фильтрацию подземных вод методом конечных разностей в многослойной толще для областей произвольной конфигурации. На основе разработанной численной гидродинамической модели проведены прогнозные расчеты с целью оценки водопритока к системе дренажа карьера из батских отложений (рис. 2). Прогнозная задача решалась на период проектного развития карьера до 2032 г., учитывая расширение карьера в северном и западном направлениях. Изменение внешнего дренажного контура в сторону увеличения на участке северо-западного направления развития карьера приводит к росту водопритоков к ПДрК. Объем увеличения притока с северо-западной части карьера по итогам прогнозных расчетов оценивается величиной в 200 м^3/ч. По результатам решения прогнозной задачи выполнена оценка удельных водопритоков подземных вод батского водоносного горизонта в карьер на 2032 г. Основная доля поступления воды из него приходится именно на северо-западный и западный борта карьера (более 87 %). Расчетный водоприток из батского водоносного горизонта к системе ВДС составил 1280 м^3/ч, «проскок» через контур восстающих скважин – порядка 220 м^3/ч, а суммарный водоприток - 1500 м^3/ч. Согласно выполненным прогнозным расчетам с использованием геофильтрационного моделирования, общий приток дренажных вод в карьер увеличится на 9%.

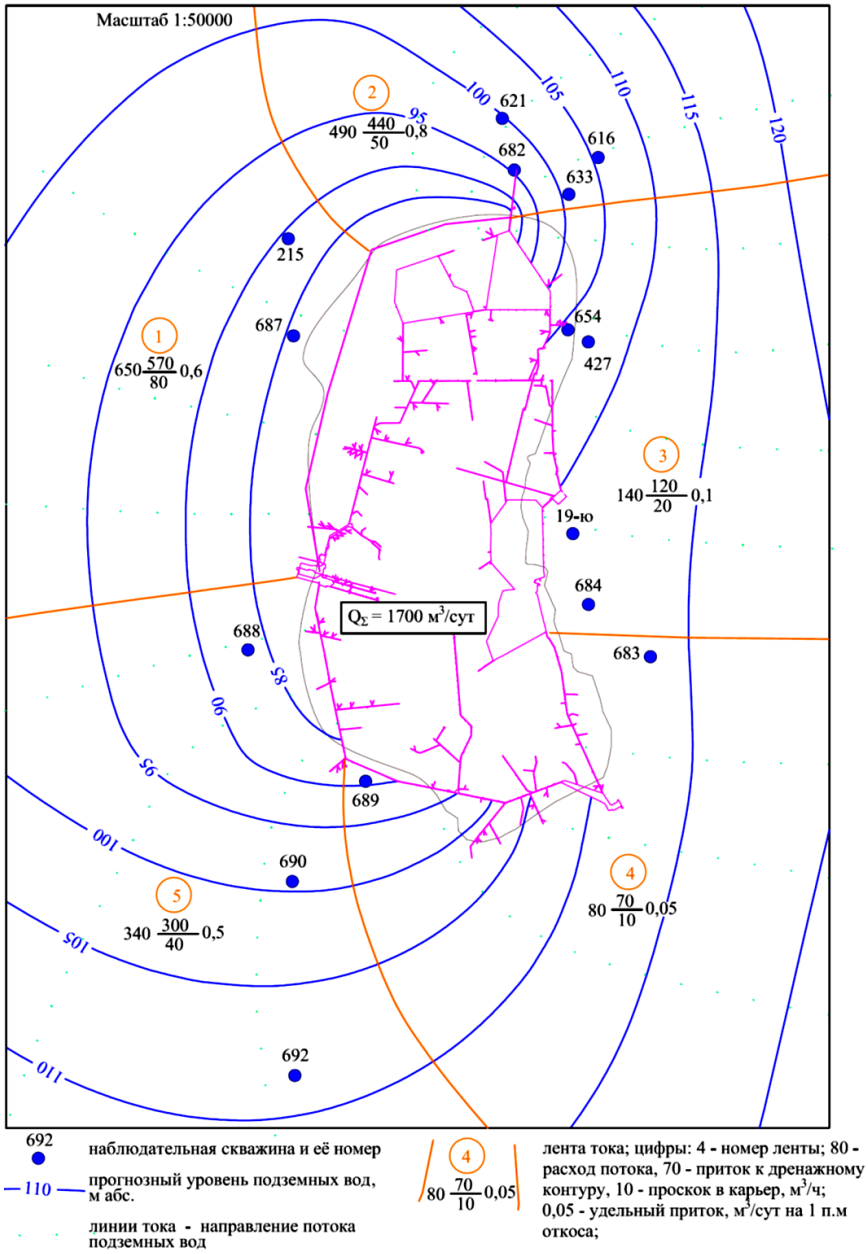

Рисунок 2. Прогнозная оценка удельных водопритоков подземных вод батского водоносного горизонта в карьер на 2032 г.

Такой рост (до 5175 м^3/ч) обусловлен дополнительным поступлением воды при увеличении размера дренажого контура, а также ростом притока из водоносной зоны трещиноватости пород кристаллического фундамента. Прогнозируется среднегодовой приток в карьер порядка 27 млн. м^3. Для эффективного осушения потребуется сооружение вдоль северо-западного борта карьера дренажного штрека с ВДС на горизонте -100 м протяженностью порядка 5 км. Определено количество необходимых дренажных узлов - восстающих дренажных скважин.

На основе полученных данных была разработана схема расположения ВДС, необходимых для эффективного осушения северо-западного борта карьера МГОКа вплоть до 2032 г., представленная на рисунке 3.

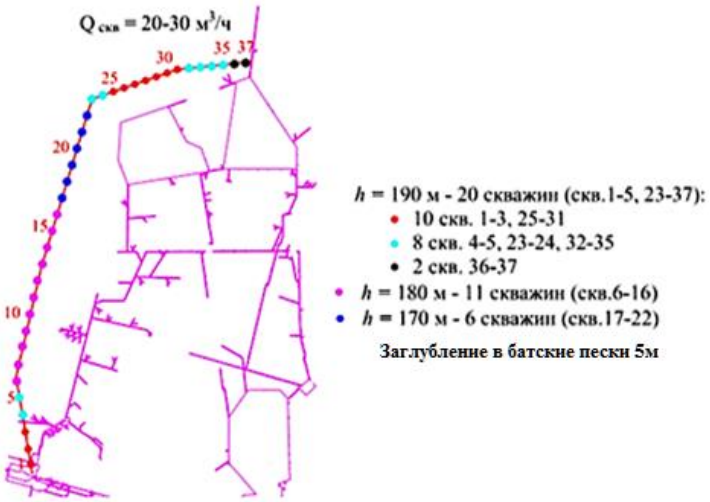

Рисунок 3. Расположение ВДС на участке северо-западного борта карьера

Дополнительно, для снижения обводнения бортов карьера по рыхлой вскрыше предусматривается сооружение прибортовых дренажных канав на всех уступах карьера по рыхлой вскрыше, начиная с горизонта +75м и выше, общей протяженностью порядка 22 км, назначение которых обеспечение перехвата, сбора и отведения проскоков подземных вод.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить основную производственную проблематику работы ПДрК - подработку выработок карьером и нарушение нормального режима восстающих дренажных скважин. Средствами ГИС «Геомикс» определены объемы работ по погашению дренажных выработок в период 2024-2032 г.г. - 6415 п.м. Методами численного моделирования выполнен прогноз общего притока подземных вод в карьер при росте дренажного контура в северо-западном направлении вследствие развития карьера МГОКа, определено необходимое количество и разработана схема расположения дренажных узлов восстающих дренажных скважин, необходимых для обеспечения эффективного осушения карьера МГОКа вплоть до 2032 г.

Библиография

1. Козуб А.В., Исмагилов Р.И., Бадтиев Б.П., Кушнерчук В.В., Вольхин О.Б. Опыт освоения и осушения месторождения в сложных гидрогеологических условиях //Горная Промышленность. 2019. №5 (147). - С.12-14.

2. Кушнерчук В.В., Хаустов В.В., Тюпин В.Н., Семенова Л.А., Карнюшкин А.И. О проблеме эксплуатации восстающих дренажных скважин при осушении Михайловского месторождения (Курская магнитная аномалия) // Маркшейдерия и недропользование. 2024. №3. - С. 80-88.

3. Кушнерчук В.В., Хаустов В.В., Ермолович Е.А., Семенова Л.А., Симонян В.В. Влияние подработки горных выработок подземного дренажного комплекса на процессы осушения карьера Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева (Курская магнитная аномалия) //Маркшейдерия и недропользование. 2024. №4. - С. 47-55.

4. Смольянинов В.М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование. - Воронеж: Истоки, 2003. - 240 с.

Исследование условий формирования ресурсов и режима подземных вод района Пакокку в Центральной Мьянме

Мин О.С.* (МГРИ, minnoaksoe95@gmail.com),
Боронина Л.В. (МГСУ, BoroninaLV@mgsu.ru)

Аннотация

В статье приведены результаты исследования гидродинамических и физико-химических характеристик водоносного горизонта района Пакокку в Центральной Мьянме. Получена детальная информации о состоянии подземных вод, и факторах, влияющих на их формирование.

Ключеные слова

Аллювиальные отложения, водоносный горизонт, подземные воды, гидрогеология

Теория

Район Пакокку в центральной части Мьянмы – район исследования, характеризуется сложным гидрогеологическим строением, которое определяет особенности формирования подземных вод и их качество. Изучение характеристик подземных вод и водоносного горизонта в этом районе имеет важное значение для оценки потенциальных ресурсов пресной воды и разработки стратегии управления водными ресурсами.

Район Пакокку в центральной части Мьянмы находится между 21°30' и 21°50' северной широты и восточной долготы с 94°40' по 95°10' в зоне тропического климата и засушливой зоны. Исследуемая территория ограничена рекой Айярвади и поселком Таунгта на востоке, рекой Айярвади и городом Ньяунг-У на юге, городами Паук и Сейкпью на западе и городом Мьянг на севере (Рис. 1). Общая площадь исследуемой территории составляет приблизительно 482,177 км^2.

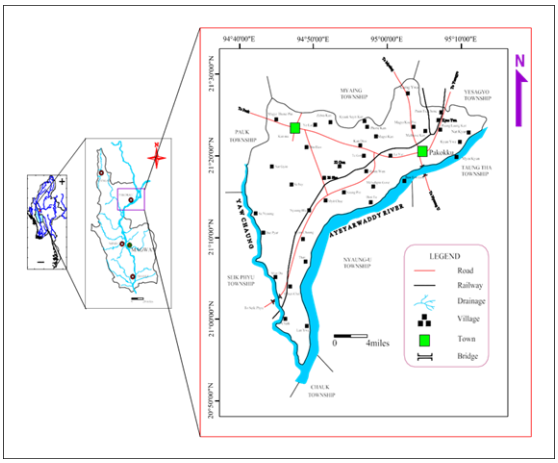

Рисунок 1. Карта расположения исследуемой территории

Территория района Пакокку расположена на берегу реки Иравади, обычно на равнинных участках. В западной части находятся хребты Танка высотой 317 м и Терм высотой 343 м.

В районе исследования главным поверхностным водным источником является река Айярвади, протекающая блищи города Пакокку. В исследуемых района в большом количестве

имеются ручьи-мелкие небольшие водные объекты, имеющие тонкие дендритные узоры. Карта дренажа исследуемой территории показана на рисунке 2.

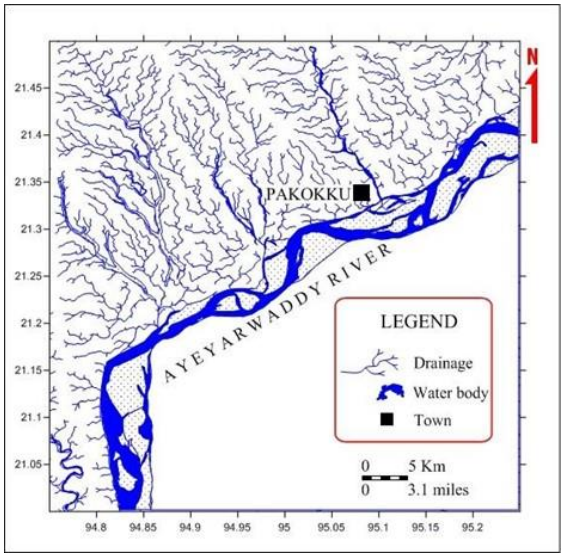

Рисунок 2. Карта дренажа в районе Пакокку

Регион Мьянмы можно разделить на четыре линейных геоморфологических пояса, расположенных с севера на юг: Восточное нагорье, Центральная низменность, Западные хребты и прибрежная равнина Ракхайн. Эти пояса являются простым отражением лежащей в их основе стратиграфии и структуры, поскольку каждый из них содержит литологические и структурно связанные группы горных пород. Таким образом, они также рассматривали как отдельные геотектонические провинции блок Шан-Танинтари, Центральные кайнозойские пояса, Западный складчатый пояс и прибрежный пояс Ракхайн.

Центральный кайнозойский пояс подчеркнут различными упорядоченными последовательностями кайнозойских осадочных толщ. Встречаются некоторые магматические и метаморфические породы. Кайнозойские породы можно разделить на эоценовую группу, олигоцен-миоценовую группу «группа Пега», миоцен-плиоценовую «формация Иравади». Региональные геологические условия исследования приведены в таблице 1.

Территория в целом относится к Центральному кайнозойскому поясу. В частности, она расположена в бассейне Минбу, в котором залегают третичные обломочные отложения большой мощности. Эта область в основном покрыта слоями песчаника, алевролита и сланца формации Иравади «мио-плиоцен», гравийными отложениями и террасами «плейстоцен», а также недавними аллювиальными отложениями, состоящими в основном из рыхлого песчаного грунта, илистой почвы и илистых или мергелистых отложений.

Горные породы на исследуемой территории можно разделить: 1) аллювий, 2) иравадийская формация и 3) группа Пегу.

Таблица 1. Региональная стратиграфия района

Серия систем	Стратиграфическ ие	Литология	Выставленн ый в исследуемой зоне

ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ	Недавний	Более молодой аллювий	Желтая аллювиальная глина, ил, песок и гравий (в некоторых местах темно-серая почва)	Рядом с Каммой
	Плейстоцен	Более древний аллювий	Темно-коричневая среднеилистая почва, илисто-глинистая почва до красновато-коричневой илистой почвы и гравия	Рядом с пагодой Лея Таунгу
ТРЕТИЧНЫЙ	От верхнего миоцена до нижнего плейстоцена	Формирования Иравади	Плохо укрепленный песчаник желтоватого цвета с прослоями песка и гальки, а также небольшими слоями песчаной глины и сланца.	Рядом с пагодой Лея Таунгу
	Верхний олигоцен	Группа Пегу	Массивные глинистые и конгломератные песчаники бурого цвета с примесью песчаных сланцев и твердых ракушечниковых известняков.	Недалеко от деревни Кюн Чаунг

Исходя из геологии, литологии и морфологии исследуемого района, в этом районе существует два типа водоносных горизонтов. Это подземные воды в аллювиальных отложениях и подземные воды в формации Иравади [1].

Аллювиальные отложения можно обнаружить в западной части исследуемой территории. Аллювиальный водоносный горизонт в основном состоит из желтого мелкого песка, желтого крупнозернистого песка и желтого крупнозернистого песка с примесью гравия [2,3]. Согласно данным каротажа скважин, уровень грунтовых вод находится на глубине от 4 до 6 метров ниже поверхности и варьируется от одного места к другому. Толщина водоносного слоя аллювиальных отложений составляет от 4 до 6 метров. Глубина залегания водоносного горизонта аллювиальных отложений колеблется от 12 до 36 метров. Скорость нагнетания составляет 850 галлонов в час из трубчатого колодца диаметром 38 мм .

Песчинки хорошо отсортированы и имеют округлую форму. В основном он состоит из голубой глины, голубого глинистого песка, желтой глины, голубого глинистого песка с гравием и голубого крупнозернистого песка. Согласно данным каротажа скважин, уровень грунтовых вод находится на глубине от 8 до 69 м ниже поверхности и варьируется в зависимости от места залегания. Толщина водоносного горизонта формации Иравади составляет от 6 до 15 м. Глубина водоносного горизонта формации Иравади составляет от 34 до 106 м. Расход воды из скважиных диаметром 100 мм составляет 4000 галлонов в час. Подземные воды в этих залежах пригодны для питья и использования в сельском хозяйстве.

Движение грунтовых вод можно определить с помощью контура уровня грунтовых вод [4]. Поток грунтовых вод на исследуемой территории протекает в юго–западном направлении. Контурная карта уровня грунтовых вод показана на рисунке 3.

Результаты показали, что водоносный горизонт района Пакокку обладает высокой степенью неоднородности, что обусловлено геологическими особенностями местности.

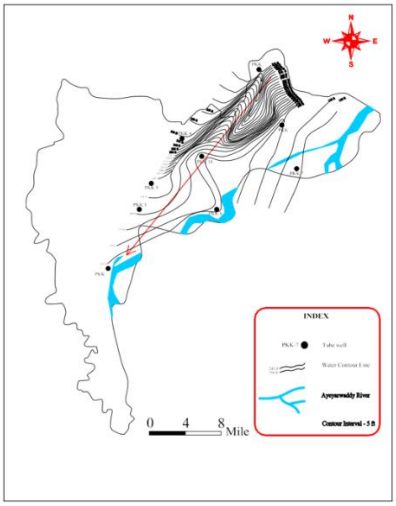

Рисунок 3. Контур стока подземных вод на исследуемой территории

Результаты исследования будут полезны для планирования мероприятий по охране водных ресурсов и разработке программ рационального водопользования в регионе. Кроме того, полученные данные могут служить основой для дальнейшего изучения гидрогеологических условий других районов Мьянмы и соседних стран Юго-Восточной Азии [5].

Выводы

Таким образом, данное исследование направлено на решение актуальных задач в области охраны окружающей среды и устойчивого развития региона, что делает его важным вкладом в научное понимание и практическое использование подземных вод.

Библиография

1. Aung M. Groundwater condition of Kama Village. Pakokku Drilling Station. 1983. R.W.S.D, Agricultural Mechanisation Department.
2. Matthew McC., et.al. Water Resource Assessment of the Dry Zone of Myanmar. Final Report for Component 1. 2013.
3. Khin M.S., Sangchan L. Climate change adaptation on water resource management: a case study of Pakokku Township, Magway Region. 2019.
4. Zaw W.K. Factors Influencing Farmer’s Perception of Climate Change: A Case Study of Pakokku Township in Dry Zone, Myanmar. 2019.
5. Khant NA, Kim H, Moon J, Lumongsod RM. Groundwater contamination by arsenic in Myanmar and their sustainability: a review. Episodes. 2024, 47, pp. 391-403. DOI: https://doi.org/10.18814/epiiugs/2024/024009.

Формирование состава пресных подземных вод в поле развития пермских отложений в Республике Татарстан

Мусин Р.Х.* (Казанский федеральный университет, Rustam.Musin@kpfu.ru)

Аннотация

Охарактеризованы гидрогеологические условия верхней части разреза Республики Татарстан. Показано, что составы подземных вод с минерализацией до 250 мг/л определяются кратковременным взаимодействием атмосферных осадков с почвами и основными разновидностями пород зоны аэрации. Рассчитаны градиенты концентраций основных компонентов состава подземных вод, проявляющиеся при нисходящей фильтрации в нефтяном регионе Татарстана, и определена их связь с параметрами водоносных горизонтов.

Ключевые слова

Градиенты концентраций, водные вытяжки, нисходящая фильтрация, высаливание карбонатов кальция, пермские отложения

Теория

Республика Татарстан (РТ) расположена на востоке Русской платформы. Верхняя часть её разреза сложена полигенными отложениями пермской, юрской, меловой, неогеновой и четвертичной систем. В этой осадочной толще циркулируют подземные воды (ПВ) разнообразного состава и варьирующей минерализации. Мощность зоны пресных ПВ достигает 250-300 м. Формирование их состава первоначально определяется взаимодействием инфильтрующихся атмосферных осадков с породами разреза. Цель работы – анализ начального этапа формирования состава пресных ПВ в поле развития пермской осадочной толщи. Основные методы исследований – метод водных вытяжек и комплексный гидрогеохимический анализ пермских разрезов в водораздельных областях нефтяного региона РТ.

Стратиграфический объем пермских отложений в приповерхностной зоне (выше уреза рек) Татарстана включает образования от сакмарского яруса нижней перми до вятского яруса верхней перми. Максимальным площадным распространением характеризуются отложения казанского и уржумского ярусов средней перми, которые занимают более 2/3 территории РТ. Первые обычно вскрываются в нижней и средней части водораздельных склонов, а вторые – в верхней части большинства водоразделов. Казанские отложения отличаются отчетливо проявленной вертикальной и латеральной литолого-фациальной зональностью. На значительной части территории вверх по разрезу отмечается смена морских терригенно-карбонатных (сульфатно-терригенно-карбонатных) отложений континентальными карбонатно-терригенными. По латерали такое замещение отмечается в направлении с запада на восток [1]. Кроме этого, отложения казанского яруса характеризуются ритмичностью. Седиментационные ритмы обычно начинаются песчаниками и завершаются карбонатными породами. В полных разрезах казанского яруса насчитывается не менее 7 ритмов. Морские отложения отличаются преобладанием карбонатной и глинистой компоненты, а также серой окраской, мощности отдельных прослоев при этом могут достигать 8–10 м, реже более. Континентальные образования обычно представлены песчано-глинистыми породами пёстрой (красноцветной) окраски, мощности отдельных прослоев редко когда превышают 3–5 м. Уржумские отложения характеризуются незакономерным чередованием терригенных и карбонатных пород, при существенном преобладании первых, имеющих пёструю окраску. Толщины отдельных прослоев – до 3–5 м. Общая мощность казанских отложений может достигать 160–200 м, а уржумских –120 м.

В пермской толще локализованы межпластовые ПВ, формирующие типичные междуречные потоки, связанные водообменом по схеме А.Н. Мятиева. Они обладают варьирующими в широких пределах составом и минерализацией. В областях с невысоким уровнем антропогенного воздействия минерализация ПВ постепенно увеличивается вниз по разрезу и в направлении к зонам разгрузки от 0,15-0,2 до 0,6-1,0 г/л (участками 2-2,5 г/л). При этом их состав изменяется от HCO_3/Ca и Mg-Ca до HCO_3/Na и SO_4/Mg-Ca (компоненты перечислены в порядке увеличения %-экв концентраций, согласно [5]). Антропогенный фактор в формировании состава ПВ играет значительную роль на территории населенных пунктов, в пределах крупных промзон, в районах полигонов захоронения различных отходов, а также на площадях крупных нефтяных месторождений, разрабатываемых уже более 70 лет. Минерализация ПВ здесь может достигать 5–12 г/л, а жёсткость 80–135 мг-экв/л [2, 4]. Весьма важным является факт, что на подавляющей части территории РТ составы и минерализация пресных ПВ не претерпели существенных изменений во времени, при этом намечается тренд улучшения их качественных показателей в сравнении с данными на 1960–1980-е гг. [3].

Для определения условий формирования состава наименее минерализованных ПВ использован метод водных вытяжек. Всего проанализировано более ста вытяжек с основных разновидностей пермских пород, а также почв и покровных четвертичных суглинков. При подготовке вытяжек использовалась разнотипная вода – дистиллированная; талая снеговая SO_4-HCO_3/Na-Ca состава с минерализацией 16–70 мг/л и pH=5,86–6,64; родниковая HCO_3/Ca и SO_4-HCO_3/Mg-Ca состава и минерализацией 300 и 470 мг/л. В вытяжках определялись pH, электропроводность, мутность, цветность, перманганатная окисляемость, содержания: HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, NO_3^-, NO_2^-, F^-, PO_4^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, NH_4^+, Li^+; а также концентрации Fe, Mn, Pb, Ni, Cd, Cu, Co, Cr, Zn. Максимальной выщелачивающей активностью обладают атмосферные осадки и дистиллированная вода. Основными минерализаторами ПВ являются почвы, глины и карбонатные породы (табл. 1). Даже кратковременное взаимодействие с ними атмосферных осадков приводит к формированию растворов, составы которых практически аналогичны составу наименее минерализованных ПВ.

Таблица 1. Характеристика части водных вытяжек на основе талой снеговой воды

Литотипы	Индекс возраста	Кол-во проб	Минерализация, мг/л	Жесткость, мг-экв/л
Почва	Q	20	116-310 (78-241)	1,4-2,9 (1,0-2,6)
Суглинок	Q	16	107-266 (86-197)	0,6-1,6 (0,3-1,4)
Песчаник	P_{1-3}	22	33-230 (26-204)	0,25-1,1 (0,14-1,0)
Глина	P_{2-3}	18	72-410 (31-394)	0,6-4,1 (0,3-4,0)
Известняк	P_2	7	141-285 (72-216)	1,4-2,8 (1,1-2,5)

Примечание. В двух последних графах первые цифры отражают абсолютные значения, а цифры в скобках – приращения соответствующих параметров относительно характеристик первичной (снеговой) воды

Роль литолого-фациального фактора в формировании состава ПВ определялась и по анализу данных гидрогеохимического исследования водораздельных участков. Здесь проявлены, как латеральная, так и вертикальная нисходящая фильтрация, т.к. поверхностные водоразделы в РТ обычно являются и водоразделами ПВ. Формирование состава ПВ на таких участках определяется взаимодействием литогенной составляющей первоначально с атмосферными осадками, а далее – уже с их трансформированными “дериватами”. Данное взаимодействие может быть отражено концентрационными градиентами (табл. 2):

$$gradC = \frac{C_2 - C_1}{h_2 - h_1},$$

где *gradC* – градиент концентраций (мг/(л*м), мг-экв/(л*м)); C_2 и C_1 – концентрации компонентов (значения параметров) в ПВ на глубин. уровнях, соответственно, h_2 и h_1.

Для расчета концентрационных градиентов необходимы “водораздельные” скважины с последовательным опробованием нескольких водоносных горизонтов (рис.). Все отраженные на рисунке 44 скважины расположены в нефтяном регионе РТ. Ими вскрыты отложения уржумского и казанского ярусов (табл. 3).

Таблица 2. Значения концентрационных градиентов при вертикальной нисходящей фильтрации

Параметры	Глубина залегания, м	Терригенные разрезы		Карбонатно-терригенные разрезы		Разрезы с влиянием нефтеразработок	
		«нормальные»	с гипсом	«нормальные»	с гипсом	«нормальные»	с гипсом
Минерализация	до 50	3,3-7,2	6,3	4,3-7,0	4,6-16,3	11,4-34	6,4-60,5
	50-100	(-1,1)-1,7	4,1-44,9	0,1-2,8	1,6-79,2	(-35)-(-4,4)	(-4)-63,2
	>100	0,1-0,6	1,2-17,6	(-2)-3,9	0,9-149	(-28)-17,7	
Жесткость общая	до 50	0,06-0,1	0,1	0,07-0,1	0,1-0,32	0,11-0,51	0,1-0,76
	50-100	(-0,1)-0	0-0,64	(-0,1)-0,1	0-0,84	(-0,7)-0,1	0-0,4
	>100	0,003	(-0,1)-0,1	(-0,03)-0	0,01-1,7	(-0,2)-0,2	

Примечание. Градиенты для первого глубинного уровня определены с учетом состава атмосферных осадков; полный вариант таблицы приведен в [4]

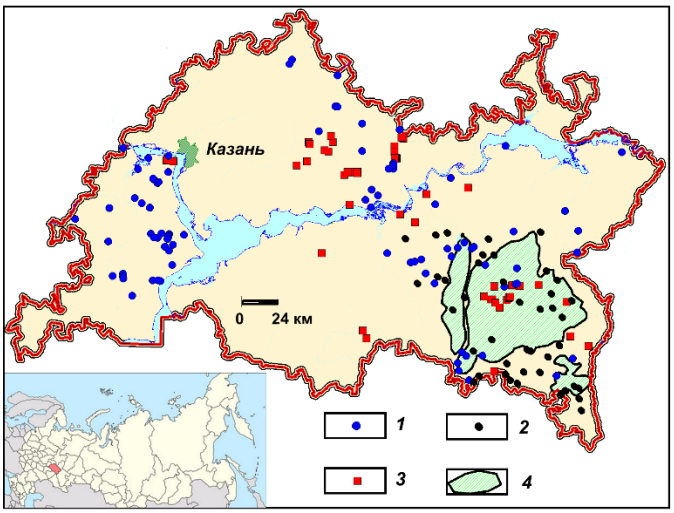

Рисунок 1. Расположение изученных объектов в пределах Татарстана:
1 – родники с минерализацией воды менее 250 мг/л; *2* – скважины; *3* – пункты опробования пермских отложений; *4* – площади крупных нефтяных месторождений

Таблица 3. Корреляционные связи значений концентрационных градиентов с некоторыми параметрами водоносных горизонтов

Параметры водоносных горизонтов	Градиенты							
	Минерализация	Жесткость	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$(Na+K)^+$
Глубина кровли	0,07	-0,07	**-0,73**	-0,17	**0,52**	0,03	-0,27	0,12
Терригенные породы (континентальные фации)	-0,24	-0,19	0,23	-0,02	**-0,44**	-0,26	0,00	-0,09
Терригенные породы (морские фации)	0,06	0,00	**-0,35**	-0,05	**0,31**	0,07	-0,13	0,03
Глинистые породы	**-0,33**	**-0,46**	-0,21	-0,21	-0,22	**-0,46**	-0,26	0,21
Карбонатные породы	**0,43**	**0,43**	0,18	0,16	**0,35**	**0,43**	0,26	0,11
Сульфатные породы	**0,41**	**0,29**	**-0,49**	0,10	**0,66**	**0,37**	0,01	0,23
Разрезы с влиянием нефтераработок	**0,51**	**0,53**	0,02	**0,76**	-0,08	**0,49**	**0,45**	**0,32**

Выводы

Особенности состава ПВ в верхней части разреза РТ вне зон интенсивного антропогенного воздействия в первую очередь определяются взаимодействием атмосферных осадков с минеральным матриксом. Определяющий вклад в формирование минерализации и состава ПВ оказывают литологические особенности водоносных горизонтов в виде соотношения сульфатных, карбонатных и глинистых пород, а также глубина их залегания, определяющая время взаимодействия в системе “вода-порода”. Полученные результаты могут быть использованы для рационального размещения и обустройства одиночных скважинных питьевых водозаборов и прогнозно-перспективных оценок развития ПВ с заданными соотношениями макрокомпонентов.

Библиография

1. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника /Под ред. Б.В. Бурова. М., ГЕОС, 2003. 402 с.
2. Мусин Р.Х., Галиева А.Р., Курлянов Н.А. Особенности строения, функционирования и реконструкции полигона захоронения отходов ПАО “Нижнекамскнефтехим” //Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2023. № 3. С. 76-87.
3. Мусин Р.Х., Галиева А.Р., Хамитов А.Д. Особенности трансформации во времени состава пресных подземных вод в Республике Татарстан // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2023. Т. 165, кн. 3. С. 427–446.
4. Мусин Р.Х., Калкаманова З.Г. Формирование состава подземных вод в верхней части гидролитосферы Восточно-Закамского региона Татарстана //Нефтяное хозяйство. 2016. № 2. С. 18-22.
5. Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. 12 с.

Гидрогеоэкологические условия Нижнекамской промзоны в Республике Татарстан

Мусин Р.Х.* (Казанский федеральный университет, Rustam.Musin@kpfu.ru),
Галиева А.Р. (Казанский федеральный университет, abdullina_albina94@mail.ru)

Аннотация

Охарактеризованы гидрогеологические условия Нижнекамской нефтеперерабатывающей промзоны, являющейся одной из крупнейших в Европе. Показано, что загрязнение природных вод отличается локальным характером распространения, обусловленным высокими буферными свойствами геологической среды. Рассмотрены причины подтопления промплощадки одного из предприятий и отмечена возможность каптажа вод питьевого качества скважинными водозаборами непосредственно в пределах самой промзоны.

Ключевые слова

Инфильтрационное питание, водно-балансовые расчеты, полигон отходов, деструкция загрязняющих веществ, нефтепереработка

Теория

Нижнекамская нефтеперерабатывающая промзона является одной из крупнейших в Европе. Здесь расположены такие промышленные гиганты, как ПАО “Нижнекамскнефтехим”, ПАО “Нижнекамскшина”, АО “ТАИФ-НК”, АО “ТАНЕКО” и ряд более мелких предприятий. Промзона начала функционировать в 1967 г. Она расположена на достаточно высоком и широком залесённом водоразделе по левобережью р. Кама, восточнее г. Нижнекамска. Общая её площадь – не менее 20 км^2, превышение над основным базисом эрозии – 150–160 м. Верхняя часть геологического разреза сложена платформенными комплексами полигенных пестроцветных карбонатно-терригенных образований уржумского, казанского и уфимского ярусов средней и нижней перми общей мощностью около 250 м. В основании нижнеказанского подъяруса залегает горизонт “лингуловых глин”, являющийся региональным водоупором. Его мощность – 8–12 м, гипсометрические уровни залегания – 0–40 м. Общей особенностью рассматриваемой осадочной толщи является её разнопорядковая ритмичность. Ритмы обычно начинаются песчаниковыми пачками, которые сменяются алевролитами и глинами, а завершаются карбонатными породами, при мощностях прослоев до 5–7 м. Другой особенностью разреза является преобладание в нем глинистых пород, доля которых в строении отдельных стратонов может достигать 80%. Венчает геологический разрез комплекс четвертичных суглинков мощностью 1–20 м.

Нижнекамская промзона является областью развития межпластовых подземных вод (ПВ), формирующих типичные междуречные потоки. Областями их питания являются водораздельные пространства, а разгрузки – речные долины. Разноуровневые водоносные горизонты связаны нисходящим перетеканием. Мощность зоны пресных ПВ достигает 250–300 м. Поверхностная гидросеть в районе исследований представлена верховьями многочисленных ручьёв. Вышеотмеченные промпредприятия отличаются самыми современными технологиями переработки сырья, на них внедрена оборотная система водоснабжения; твердые и пастообразные (в меньшей степени жидкие) отходы производства складируются на полигонах захоронения отходов, хорошо оснащенных в инженерном отношении [2]; часть жидких отходов закачивается в поглощающие горизонты, залегающие на глубинах около 1800 м; другая их часть перекачивается на биологические очистные сооружения.

Максимально негативное воздействие предприятия промзоны оказывают на атмосферу. Приоритетными загрязнителями являются диоксид серы (26%), диоксид азота (17%), оксид углерода (15%) и др. [6]. Более масштабно это влияние сказывается на закислении атмосферных осадков. При этом повышенная кислотность отмечается лишь по южному залесенному обрамлению промзоны на расстоянии не менее 6 км от её ограничения, где pH проб снегового покрова составляет 4,89–5,6. В меньшей степени негативное воздействие сказывается на качестве ПВ первых от поверхности водоносных горизонтов. Так на промплощадке одного из предприятий минерализация грунтовых вод достигала 1,25 г/л, при значениях общей жесткости и перманганатной окисляемости – 17,7 мг-экв/л и 17,3 мг О/л, тогда как в природных условиях преобладающие значения указанных параметров практически не превышали, соответственно, 600 мг/л, 7–8 мг-экв/л, 3–4 мг О/л [1, 2]. Более интенсивно трансформирован состав грунтовых вод в районе действующего с 1982 г. полигона захоронения пром. отходов ПАО “Нижнекамскнефтехим”, где минерализация может достигать 12,8 г/л, жесткость 74 мг-экв/л, а концентрации основных загрязнителей (мг/л): нефтепродукты – до 982, фенолы – 13,9, железо – 153. Интересно и важно, что на удалении 1,0–1,5 км от этого полигона по направлению фильтрационного потока признаки загрязнения как поверхностных, так и подземных вод отсутствуют [2]. В пределах промплощадок уже на уровне второго от поверхности водоносного горизонта особенности состава ПВ приближаются к природным. Загрязнение грунтовых вод (ПВ первого от поверхности горизонта) носит исключительно локальный характер. Подтверждением этого являются данные обработки разновременных площадных геолого-гидрогеологических исследований ближайших (0,2–7 км) окрестностей Нижнекамской промзоны, характеризующихся широким развитием нисходящих родников, составы вод которых практически не претерпели каких-либо изменений во временном диапазоне 1979–2018 гг. (рис., табл. [3]).

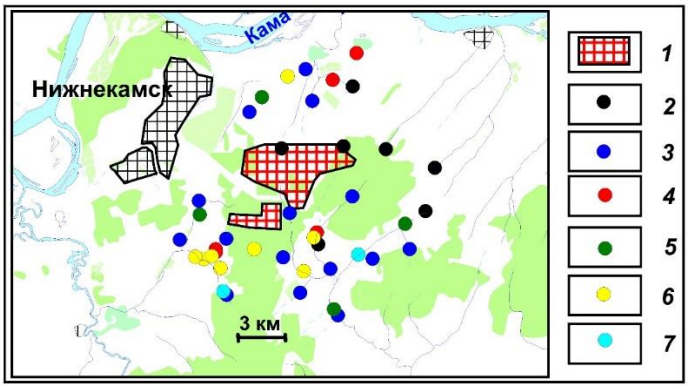

Рисунок 1. Карта расположения опробованных родников:
1 – Нижнекамская промзона; *2-7* родники, опробованные: *2* – в 1970-х гг., *3* – в 1990-х гг., *4* – в 2018 г., *5* – в 1970-х и 1990-х гг., *6* – в 1990-х и 2018 гг., *7* – в 1970-х, 1990-х и 2018 гг.

Величина инфильтрационного питания ПВ в природных условиях территории промзоны на участках с уклоном земной поверхности 0,016 составляла 14,3% от годовой нормы атмосферных осадков в 554,6 мм/год. Из них 12,2% приходилось на грунтовый водоносный горизонт в составе уржумских отложений и 2,1% на подземные воды верхнеказанского водоносного комплекса [2].

Таблица 1. Интегральные показатели состава родниковых вод в окрестностях Нижнекамской промзоны

Период времени	Кол-во проб	Минерализация, мг/дм^3	Жёсткость, мг-экв/дм^3	Перманганат. окисляемость, мг O_2/дм^3	Преобладающий тип воды
1979-1980 гг.	9	382-509,5 448,9±50	3,8-6,0 5,12±0,68	1,1-5,7 3,3±1,79	HCO_3/Ca, HCO_3/Mg-Ca
1994-1999 гг.	27	347,6-623 489,9±61	4,1-7,6 5,44±0,77	1,28-4,48 2,28±1,0	HCO_3/Mg-Ca
2018 г.	16	417,3-587 482,8±37	3,02-6,33 5,38±0,76	0,48-4,08 1,60±1,4	HCO_3/Ca, HCO_3/Mg-Ca

Примечание. В числителе дробей – предельные значения, в знаменателе – среднее и стандартное отклонение; наименование воды – согласно [4]

Сложение верхней части разреза слабопроницаемыми суглинками и планировка территории в пределах промплощадок привели к тому, что некоторые из них испытывают подтопление грунтовыми водами, что чревато неблагоприятными последствиями, в первую очередь в виде изменения физико-механических свойств грунтов. Обработка данных режимных наблюдений за уровнями грунтовых вод по сети скважин одного из предприятий и проведение в его пределах балансовых расчетов показали, что величина инфильтрационного питания подземных вод на не дренируемых участках достигла 27–30,5% от нормы осадков, а на участках с наличием поверхностного лоткового дренажа с малым радиусом действия это питание – 21,7% [1]. Суммарная величина испарения в природных ландшафтах рассматриваемого района составляет ~ 70–75% от нормы осадков [5]. В природных условиях 10–15% от последней приходилось на поверхностный сток, который на спланированных и не дренируемых участках современных промплощадок полностью переведен в подземный сток (инфильтрационное питание), к которому добавляются утечки из разных водоводов и емкостей хранения. Так величина питания грунтовых вод в пределах полигона отходов ПАО “Нижнекамскнефтехим” через ~30 лет его функционирования достигла 37,5% от нормы осадков [2].

Локальный характер развития загрязнения и негативной трансформации состава пресных ПВ в Нижнекамской промзоне связан с двумя основными причинами. Это сам локальный характер интенсивного техногенного воздействия, а также значительные буферные свойства геологической среды. Последние определяются преобладанием в геологическом разрезе глин, широким распространением карбонатных пород, а также довольно значительной эрозионной расчлененностью территории. Карбонаты нейтрализуют кислые атмосферные осадки, вероятность выпадения которых в этом районе очень высока, при этом нейтрализация будет проходить уже на уровне почвенного горизонта. Преобладание в разрезе глин определяет его высокую сорбционную емкость. А в совокупности с эрозионной расчлененностью глинистые прослои определяют короткие пути фильтрации для межпластовых ПВ верхней части разреза. Эти воды, формирование которых связано с инфильтрацией атмосферных осадков и, возможно, каких-то сточных вод или полигонных фильтратов, пройдя довольно ограниченный путь плановой фильтрации (на котором они подвергаются самоочищению за счет чистого инфильтрационного питания, сорбции, диффузии, дисперсии) начинают разгружаться в оврагах и малых речных долинах. Здесь процессы самоочищения продолжаются за счет разбавления чистыми водами (атмосферными, поверхностными), сорбции, хемо- и биодеструкции. Возможно, что в отдельных случаях

процессы хемо- и биодеструкции играют определяющую роль в самоочищении загрязненных поверхностных и подземных вод. Это исходит из того, что основными загрязняющими веществами в данной промышленной зоне являются органические вещества. Если принять значение параметра деструкции (λ) нефтепродуктов, равным 10^{-3} сут$^{-1}$, и использовать уравнение кинетики первого порядка [7]:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\lambda * c, \qquad c = c_0 e^{-\lambda t},$$

где c_0 – начальная концентрация мигранта (контаминанта),

то при начальной концентрации нефтепродуктов в грунтовых водах на выходе с полигона отходов 1000 мг/дм^3 их содержание снизится до 0,1 мг/дм^3 за 9210 суток (25 лет). За это время загрязненный фильтрационный поток при существующих условиях должен пройти от ограничения полигона 1440 м, на всем протяжении которого он еще будут разбавляться чистым инфильтрационным питанием. Буферные свойства геологической среды проявляются и в том, что на территории Нижнекамской промзоны проявлена вертикальная гидрогеохимическая зональность, которая позволяет получать воды благоприятного питьевого качества с глубин 150–240 м непосредственно с производственных площадок [3].

Выводы

Нижнекамская промзона является ярким примером разумного (в геолого-гидрогеологическом отношении) размещения крупных промышленных предприятий и экологически эффективного ведения производственной деятельности.

Библиография

1. Мусин Р. Х., Галиева А.Р., Кудбанов Т.Г. Характер и степень трансформации гидрогеоэкологических условий на одной из современных промплощадок в Республике Татарстан //Геоэкология. 2020. № 2. С. 48–52.

2. Мусин Р.Х., Галиева А.Р., Курлянов Н.А. Особенности строения, функционирования и реконструкции полигона захоронения отходов ПАО «Нижнекамскнефтехим» //Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2023. № 3. С. 76–87.

3. Мусин Р.Х., Галиева А.Р., Хамитов А.Д. Особенности трансформации во времени состава пресных подземных вод в Республике Татарстан // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2023. Т. 165, кн. 3. С. 427–446.

4. Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. 12 с.

5. СТП ВНИИГ 210.01.НТ–2010 Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий. СПб.: ВНИИГ, 2010.

6. Шагидуллин А.Р., Гилязова А.Ф., Амирянова Г.Ф., Магдеева А.Р., Шагидуллин Р.Р. Общая характеристика источников загрязнения атмосферного воздуха города Нижнекамска // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 3. С. 30–35.

7. Шестаков В. М., Поздняков С.П. Геогидрология. М.: ИКЦ “Академкнига”, 2003. 176 с.

Анализ влияния атмосферного давления на положение уровня подземных вод сеноманского водоносного горизонта на территории Сергиево-Посадского УНПП МГРИ

Павлова Ю.Э.* (МГРИ, uliapavlova2003@gmail.com),
Туруло М.М. (МГРИ, turulomm@mgri.ru)

Аннотация

Проведена оценка влияния атмосферного давления на положение уровня подземных вод в сеноманском водоносном горизонте на территории Сергиево-Посадского УНПП с применением статистических методов.

Ключевые слова

Сергиево-Посадский УНПП; сеноманский терригенный водоносный горизонт; атмосферное давление; коэффициент корреляции Пирсона

Теория

Уровень подземных вод является основным параметром при гидродинамической оценке водоносного горизонта. При проведении различных опытно-фильтрационных работ, исходя из данных замеров уровня, рассчитываются емкостные и фильтрационные параметры пласта. При проведении мониторинга подземных вод по изменению уровня выполняются режимно-балансовые расчеты, устанавливается взаимосвязь с поверхностными водами и др.

Однако, на практике измерения уровня подземных вод сопровождаются рядом погрешностей, зависящих от различных факторов: помимо очевидных технических погрешностей приборов измерения и человеческого фактора, на достоверность полученных данных влияют водоотбор из близлежащих водозаборов, работа дренажных систем и водопроводных сетей (утечки), особенности конструкции скважины и т.д. Все вышеперечисленные условия носят в основном антропогенный характер и сильнее всего воздействуют на полученные данные по уровню. Меньшее, но при этом не менее важное, влияние на уровень подземных вод оказывают природные факторы, такие как атмосферное давление.

Анализ большинства производственных геологических отчетов показывает, что для замеров положения уровня воды в стволе скважин используются приборы, которые не учитывают изменения атмосферного давления во время проведения опыта. При этом чаще всего в отчетах этот факт игнорируется, оценка соответствующих погрешностей не проводится.

Для изучения взаимосвязи уровня подземных вод и атмосферного давления на территории Сергиево-Посадского учебно-научного производственного полигона (УНПП), находящегося в пределах сельского поселения Лозовское Сергиево-Посадского городского округа Московской области, был поставлен опыт в одной из скважин куста, использующегося для проведения опытно-фильтрационных работ в рамках учебной практики.

Территория работ расположена в пределах Русской (Восточно-Европейской) равнины, в центре Клинско-Дмитровской гряды, представляющей собой сильно расчлененную моренную холмисто-грядовую возвышенность с абсолютными отметками поверхности от 150-160 м в долинах рек до 240-285 м на водоразделах [1].

На рассматриваемой области протекают 3 реки: рр. Талица, Торгоша и Пажа. Они являются притоками реки Вори и относятся к Волжскому водосборному бассейну [1].

Климат района умеренно-континентальный, с теплым летом и умеренно холодной зимой.

С точки зрения гидрогеологических условий территория расположена на площади Восточно-Европейского сложного артезианского бассейна в центральной части южного крыла Московского артезианского бассейна.

В пределах рассматриваемого участка выделяются три гидрогеологических этажа: первый, включающий в себя все мезозойско-кайнозойские отложения, второй, в который входят верхнекаменноугольные отложения, и третий, состоящий из пород среднего и верхнего карбона, а также всех ниже залегающих отложений вплоть до кристаллического фундамента [2].

В данной работе рассмотрен только первый, мезозойско-кайнозойский, гидрогеологический этаж.

У поверхности залегают безнапорные слабоводоносные горизонты современных рыхлых отложений, имеющих весьма ограниченное практическое применение. Ниже распространены водоносные горизонты, сложенные отложениями московского и донского оледенений. С меловыми породами их разделяет водоупорный донской ледниковый горизонт. Используется некоторыми близлежащими поселениями в качестве источника воды с помощью колодцев и родников.

Меловое гидрогеологическое подразделение ограничивается сверху четвертичными отложениями, снизу региональным юрским водоупором. Воды меловых отложений широко используются местным населением для водоснабжения. В данном исследовании целевым является нижнемеловой водоносный альб-сеноманский терригенный горизонт ($K_{1\text{-}2al\text{-}s}$). На территории Сергиево-Посадского УНПП для проведения опытно-фильтрационных работ в учебных целях оборудован куст скважин на верхнюю часть этого горизонта, который исторически именуется как сеноманский водоносный горизонт [2].

В рамках проведения опыта в скважине №5 (см. Рисунок 1 и Рисунок 2) был установлен логгер, записывающий данные уровня (м) раз в 15 минут. Логгер регистрирует давление вышележащего водного столба в стволе скважины.

Рядом со скважиной установлен датчик погодных условий, измеряющий давление (кПа), температуру (°С) и влажность (%), также записывающий данные раз в 15 минут, параллельно логгеру. Регистрация замеров ведется с июня 2024 года по настоящее время.

Рисунок 7. Скважина №5 на территории Сергиево-Посадского УНПП

Рисунок 8. Логгер и датчик погодных условий

Для изучения влияния атмосферного давления на уровень подземных вод были проанализированы наиболее представительные данные за месяц в промежутке с 1 по 31 декабря 2024 года (Рисунок 3 и Рисунок 4).

При визуальном соотнесении графиков видно, что с увеличением атмосферного давления происходит уменьшение уровня подземных вод и наоборот. То есть имеет место обратная зависимость. Чтобы проверить данное предположение и оценить степень

зависимости была проведена линейная корреляция данных по атмосферному давлению и уровню подземных вод. Все расчеты были произведены в ПО Microsoft Excel.

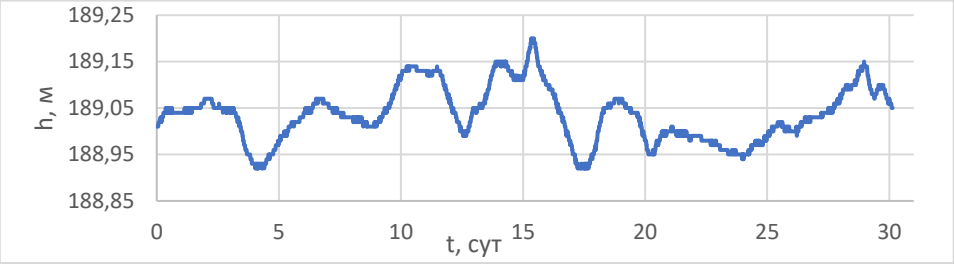

Рисунок 9. График изменения уровня подземных вод сеноманского водоносного горизонта. t - время замера, сут; h - абсолютная отметка уровня подземных вод, м

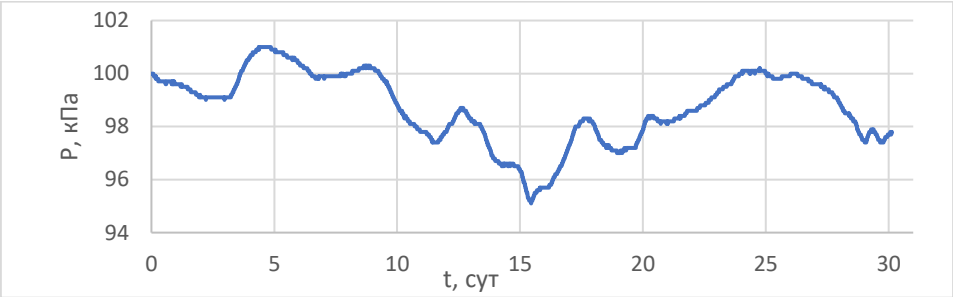

Рисунок 10. График изменения атмосферного давления. t - время замера, сут; P - атмосферное давление, кПа

Коэффициент корреляции Пирсона между значениями атмосферного давления и уровнем подземных вод был получен с помощью раздела «Анализ данных» и составил r = -0,56995. Следовательно, поскольку модуль коэффициента корреляции ближе к 1 и носит знак «минус», то связь между атмосферным давлением и уровнем подземных вод сеноманского водоносного терригенного горизонта на территории Сергиево-Посадского УНПП можно охарактеризовать как среднюю обратную [3].

Безнапорные водоносные горизонты не сразу реагируют на изменение атмосферного давления. Это связано со свойствами зоны аэрации. Кроме того, можно предположить, что уровень воды в водоносном горизонте будет изменяться с некоторым запозданием от уровня воды в стволе скважины по причине влияния гидравлического сопротивления фильтра скважины. Это запаздывание будет наделять поведение уровня воды в стволе скважины некой дополнительной «инерционностью» [4].

Для определения времени отклика уровня подземных вод на изменение атмосферного давления были рассчитаны коэффициенты корреляции со смещением времени замера уровня подземных вод относительно замера атмосферного давления на 15 минут, 30 минут, 45 минут и 60 минут (Рисунок 5). Наблюдается закономерное уменьшение модуля значения коэффициента корреляции. Это значит, что уровень подземных вод реагирует на изменение атмосферного давления менее чем за 15 минут. Следовательно, для точного определения времени отклика уровня подземных вод требуется участить интервалы замеров для обоих параметров.

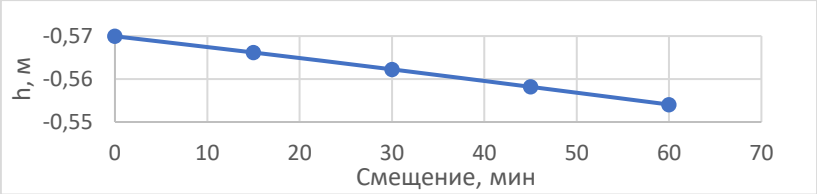

Рисунок 11. Изменение коэффициента корреляции r при увеличении смещения значений уровня подземных вод относительно данных атмосферного давления

Выводы

В ходе исследования с помощью коэффициента корреляции Пирсона было выявлено, что уровень подземных вод сеноманского водоносного горизонта, несмотря на глубину залегания около 50 м, имеет достаточно высокую обратную зависимость от атмосферного давления.

Также, поскольку по результатам расчетов время отклика оказалось меньше интервала измерений, то для его определения требуется сократить промежуток между замерами.

При выполнении исследования не учитывался фактор изменения уровня подземных вод за счет инфильтрационного питания или испарения по причине отсутствия таких данных. В дальнейшем необходимы режимно-балансовые исследования.

При проведении более детальных исследований планируется разработать методику, позволяющую с помощью математического аппарата исключить влияние атмосферного давления на графике уровня подземных вод. Это позволит более точно обрабатывать данные режимных наблюдений и опытно-фильтрационных работ (в особенности длительных при малых значениях изменения уровня во времени).

Библиография

1. Дроздов С.В. Геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия Загорского полигона МГРИ. Учебное пособие. – М.: МГРИ, 1990. – 54 с.
2. Белов К.В., Лисенков А.Б., Черепанский М.М. Методика проведения работ по оценке влияния полигона и автодорог на состояние окружающей среды (почвы, растительность, подземные и поверхностные воды): учебное пособие по проведению учебной эколого-гидрогеохимической практики. – М.: МГРИ, 2019. - 66 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 479 с.: ил.
4. Spane F.A. Considering barometric pressure in groundwater flow investigations / F.A. Spane - DOI:10.1029/2001WR000701 // Water Resources Research – 2002. – Vol. 38, №6. – P. 14-1 – 14-18.

Особенности применения данных дистанционного зондирования Земли при региональной гидрогеологической съемке в области криолитозоны на примере листа R-52 (Тикси)

Пятов В.В.* (ФГБУ «Гидроспецгеология», pyatov@geomonitoring.ru),
Дубровин К.А. (ФГБУ «Гидроспецгеология», dubrovin@geomonitoring.ru)

Аннотация

В докладе приводится обзор результатов работ по анализу материалов аэрокосмосьемок в рамках создания гидрогеологической карты масштаба 1: 1 000 000 листа R-52 (Тикси). Приведены особенности подбора и анализа материалов данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для мелкомасштабного картирования. Кратко охарактеризованы используемые материалы. Приведены некоторые результаты работ по комплексному анализу материалов ДЗЗ, включающих: прямое, ландшафтное, морфологическое, структурное и спектральное выделение геологических и гидрогеологических объектов.

Ключевые слова

Дистанционное зондирование, спектрозональные снимки, радиометрические снимки, гидрогеологическая карта, криолитозона

Теория

В ходе работ по гидрогеологическому картированию территории листа R-52 (Тикси) масштаба 1:1 000 000 авторами осуществлялось дешифрирование материалов дистанционного зондирования, среди которых: спектрозональные снимки со спутников Sentinel-2 и Landsat-8, радиометрические материалы программы SRTM, а также цветные изображения с платформы ESRI-clarity.

Целевым назначением дешифрирования материалов аэрокосмических съёмок являлось получение новых данных по геолого-гидрогеологическим и геоэкологическим особенностям изучаемой площади в сложных геолого-геокриологических условиях с целью повышения качества составляемого комплекта цифровых карт гидрогеологического содержания, получения достоверной информации о современной хозяйственно-промышленной освоенности территории.

Основой для дешифрирования послужили разномасштабные материалы космической съемки последних лет. Предполагалось использование снимков среднего разрешения на всю территорию листа, а также снимков среднего и высокого разрешения на отдельные участки, требующие более детального изучения.

Основными методами дешифрирования и гидрогеологической интерпретации космических фотоснимков являлись: прямое наблюдение, морфологический и ландшафтный анализ, спектральный и линеаментный анализ [3], выделение физиономичных особенностей территории и полуавтоматическая классификация.

Анализ изображений проводился как методом прямого наблюдения с обработкой в ручном режиме, так и с использованием полуавтоматических режимов с применением машинной обработки [2].

Работа по дешифрированию включает в себя: сбор доступных материалов ДЗЗ, создание цифровой модели рельефа (ЦМР) [5] по матрице высот радарных съемок, составление композитного изображения из отдельных снимков разбитых по зонам спектра, привязку снимков к топографической карте, привязку к снимкам фактического материала ранее проведенных наземных исследований, оконтуривание однородных участков изображения, типизацию изображений, опознавание ландшафтных особенностей выделенных

элементов, а также анализ и сопоставление полученных в процессе дешифрирования результатов с материалами предшествующих геологических, гидрогеологических, геоэкологических и других работ схожей тематики различных масштабов.

Начало работы в первую очередь включало в себя осуществление анализа наличия, доступности и актуальности материалов ДЗЗ. Производился поиск и отбор доступных материалов дистанционного зондирования, таких как многоспектральные снимки среднего разрешения и данные радиолокационной сьемки рельефа.

Материалы ДЗЗ анализировались и отбирались с точки зрения наиболее благоприятной сезонности для выявления тех или иных характеристик рассматриваемой территории. Важно отметить, что площадь покрытия одного снимка значительно меньше площади листа, в связи с чем снимки выбирались в количестве достаточном для покрытия всей территории и удовлетворяющей степенью перекрытия друг друга.

Многоспектральные космоснимки выбирались из наиболее поздних съемок, по возможности, сделанные в одно время и наименее зашумленные. Мультиспектральные и радиолокационные снимки отобрались не только на всю территорию листа, но и с захватом прилегающих территорий. На основе мультиспектральных снимков созданы многоканальные композитные изображения и выявлены наиболее информативные сочетания спектральных каналов [6,7].

Всего было отобрано 24 радиолокационных снимка, 100 комплектов многоспектральных снимков летнего периода за 2020 – 2022 гг., 80 комплектов многоспектральных снимков зимнего периода за 2021 – 2022 гг. Далее, из многоспектральных снимков летнего периода были выбраны наиболее качественные, по которым составлены многоканальные композитные изображения (Рисунок 1) для дальнейшей работы. По данным радиолокационных съемок среднего разрешения была создана ЦМР на основе которой создано несколько аналитических схем.

Из спектрозональных космоснимков было создано покрытие на всю территорию листа, произведено создание мозаики снимков и цифровая балансировка набора снимков для устранения разрывов данных на границах отдельных снимков.

По спектрозональной основе визуально и полуавтоматическими методами были выделены некоторые гидрогеологические объекты и особенности. Так, в результате визуального дешифрирования уточнена граница надвига, разделяющая территорию на разные геологические структуры. Граница характеризуется переходными зонами с резким различием в ландшафте и рисунке рельефа. Уточнены другие границы, выделяющиеся по морфоструктурным и ландшафтным особенностям [4].

Представлены также ландшафтные и морфологические предпосылки выделения региональных гидрогеологических структур. Произведена идентификация талых участков и предполагаемых зон выхода подмерзлотных вод [1]. Приведены примеры общего разделения областей по генезису отложений. Показаны варианты выделения и генерализации некоторых характерных объектов, дающих косвенное представление о региональных гидрогеологических особенностях территории. Даны представления о взаимной корреляции полученных данных между собой и другими данными.

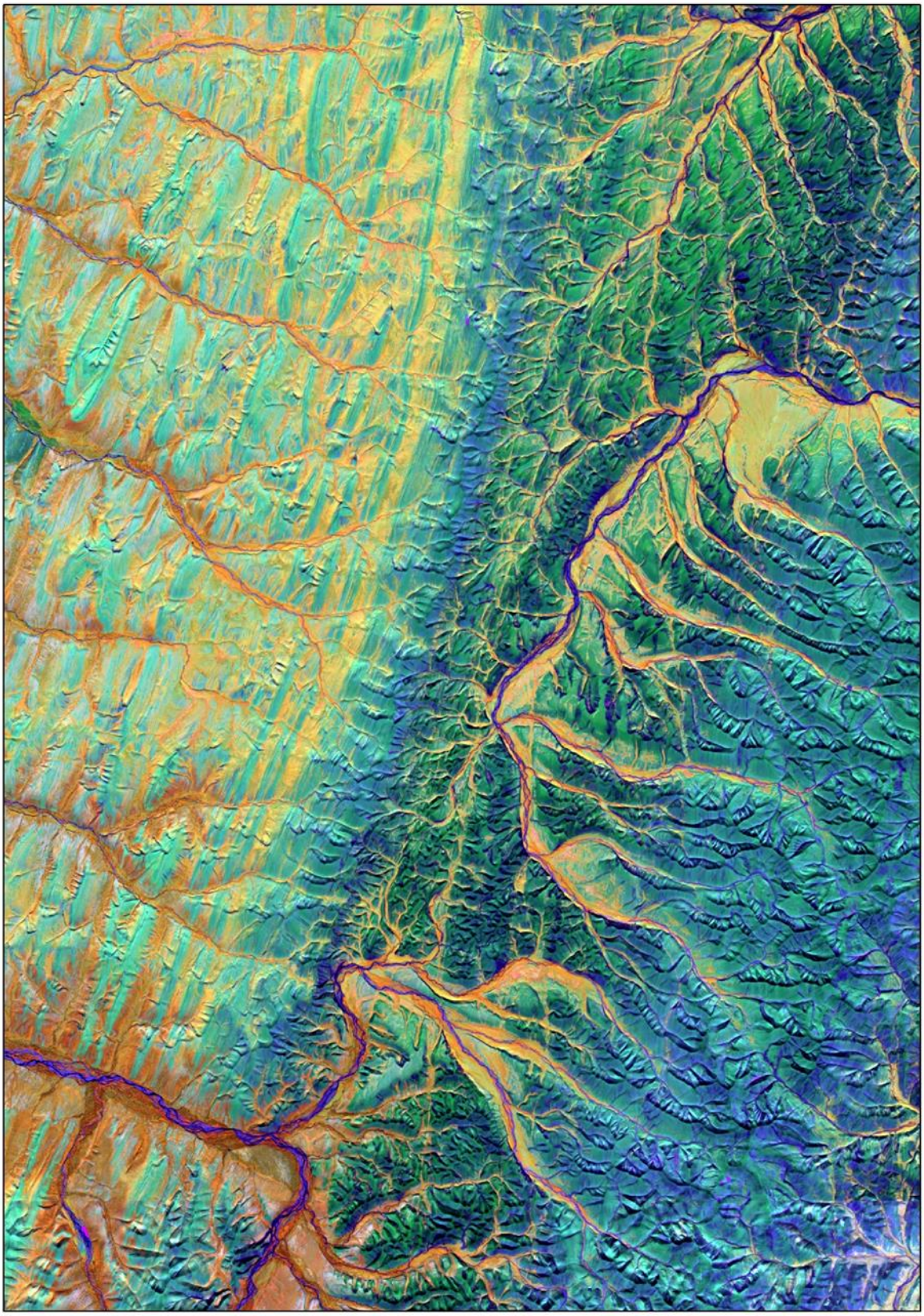

Рисунок 1. Спектрозональный снимок Sentinel-2. Северная Якутия [композит спектральных каналов составлен авторами]

Выводы

Специфика криолитозоны, характеризующаяся наличием многолетней мерзлоты, достигающей в пределах исследуемой площади порядка 600 и более метров, а также процессов сезонного промерзания-протаивания, определяет некоторые особенности методов обработки и интерпретации данных ДЗЗ.

Эффективность региональной гидрогеологической съемки в условиях криолитозоны значительно возрастает благодаря использованию данных ДЗЗ различного спектрального диапазона и пространственного разрешения. Так, например, многоспектральные данные со спутников позволяют выделять обширные зоны с различающимися наборами интересующих характеристик. Такой интегрированный подход значительно повышает точность и эффективность региональной гидрогеологической съемки в сложных условиях криолитозоны, снижая при этом затраты на наземные исследования и ускоряя получение требуемых результатов.

Использование данных дистанционного зондирования Земли обеспечивает оперативное получение информации о геологических объектах и процессах, недоступной традиционными методами на столь сложных по комплексу условий территориях, а также способствуют более точному моделированию гидрогеологической обстановки.

Однако, несмотря на значительный потенциал, применение данных ДЗЗ в региональной гидрогеологической съемке криолитозоны ограничено проблемами сезонной изменчивости и необходимостью интеграции с наземными геофизическими и гидрогеологическими исследованиями для получения полной и достоверной информации.

Библиография

1. Алексеев В.Р. Наледеведение: словарь-справочник. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007. – 438 с.
2. Губин В. Н. Дистанционные методы в геологии: учебное пособие. – Минск: БГУ, 2003. – 127 с.
3. Корсаков А.К., Корчуганова Н.И. Дистанционные методы геологического картирования: учебное пособие. – Москва: КДУ, 2009 г., 288 стр.
4. Обуховский Ю.М. Ландшафтная индикация: Учебное пособие. – Минск: БГУ, 2008. – 299 с.
5. Оньков И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения. // Журнал «Геоматика». М.: ООО "Компания Совзонд".
6. Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. [Электронный ресурс]. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – 191 с.
7. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html.

Краткий обзор методов локализации и очистки грунтов и подземных вод от углеводородного загрязнения

Роженчиков В.Г.* (МГРИ, rozhenchikovvg@mgri.ru),
Абрамов В.Ю (МГРИ, avlad1961@yandex.ru)

Аннотация

Одной из самых серьезных экологических проблем во всем мире является загрязнение нефтепродуктами (НП) геологической среды и, в первую очередь, подземных вод. Это связано как с широким развитием такого загрязнения, так и большими трудностями его локализации и ликвидации.

Нефтяному загрязнению подземной гидросферы традиционно уделяется меньшее внимание, чем поверхностным разливам. Однако, в ряде случаев количество попавшего в подземную гидросферу нефтепродукта измеряется сотнями и тысячами кубических метров.

Ключевые слова

Нефтяное загрязнение, подземные воды, зона аэрации, ликвидация загрязнения, биодеградация, миграция углеводородов

Теория

Опыт изучения и ликвидации углеводородного загрязнения в различных регионах России позволяет утверждать, что наличие утечек из хранилищ жидкого топлива скорее правило, чем исключение. Зачастую утечки происходят из подземных трубопроводов и емкостей хранения, что делает их своевременное обнаружение затруднительным и приводит к значительным потерям нефтепродуктов а также загрязнению геологической среды.

Формы нахождения нефтепродуктов в водоносных горизонтах и зоне аэрации.

В геологической среде углеводороды могут находится в различных формах, таких как самостоятельная жидкая фаза, которая не смешивается с водой и находится в подвижном состоянии либо остаточным насыщением в зоне аэрации; газовая фаза; сорбированная фаза на частицах грунта; растворенное состояние в грунтовых водах.

Влияние вышеперечисленных форм нахождения нефтепродуктов на общий уровень загрязнения может сильно варьироваться. При небольшом объёме попавших в подземные воды нефтепродуктов самостоятельная фаза может полностью отсутствовать. Однако, она становится основной формой загрязнения, если объём утечек значителен.

Методы ограничения и ликвидации загрязнения.

Выбор технологии ликвидации загрязнения должен учитывать свойства загрязняющего вещества (вязкость, плотность, растворимость, летучесть, сорбируемость, устойчивость к биодеградации и химическому воздействию), особенности его распределения в водоносном горизонте и в зоне аэрации (масштабы распространения загрязнения в плане и разрезе, распределение общей массы загрязнителя по различным формам) и свойства геологической среды (проницаемость, пористость горных пород, а также параметры, определяющие движение флюидов в многофазной системе). При обосновании необходимости очистки и остаточных концентраций загрязнителя необходимо сопоставление эффективности реабилитационных мероприятий по сравнению с разложением загрязнения в естественных условиях.

Для очистки загрязненных нефтепродуктами территорий применимы активные и пассивные методы. К активным методам относятся: экстракция паров; откачка нефтепродуктов с помощью дренажного контура с обратной закачкой в пласт; дренаж скважинами, оборудованными гидрофобной сеткой; биоремедиация грунтовых вод,

химическое окисление. Из пассивных методов можно выделить обустройство стены в грунте с системой дренажных колодцев.

Экстракция паров нефтепродуктов позволяет существенно снизить концентрации нефтепродуктов, адсорбированных на породах в условиях зоны аэрации. Сущность технологии состоит в использовании скважин, оборудованных на зону аэрации для откачки почвенного газа, загрязненного парами нефтепродуктов, с последующей его очисткой на поверхности. Наилучшие результаты эта технология дает для наиболее летучих загрязнителей, таких как бензины или органические растворители. Из минусов данного метода можно выделить, что применение данной технологии дает положительные результаты только в относительно проницаемых грунтах.

Биоремедиация подземных вод основана на способности определенных групп нефтепродуктов разлагать углеводороды. Биодеградации подвержены практически все углеводороды нефтей, но скорость процесса понижается с увеличением их молекулярного веса. Схема применения данной технологии представляет собой подачу биологически активных растворов в загрязнённую зону. Использование биоремедиации для очистки загрязненных территорий часто является экономически более эффективным, чем применение других технологий. Основные ограничения бывают связаны с низкой проницаемостью загрязненных пород, слабой подверженностью загрязняющих компонентов биодеградации и наличием в подземных водах токсичных компонентов.

Откачка нефтепродуктов с помощью дренажного контура представляет сооружение системы, предусматривающей откачку воды и утилизацию большей части дренажных вод путем обратного возврата их в пласт. В данном методе из скважины происходит откачка одновременно загрязнённой воды и жидкой фазы нефтепродуктов. Для откачки, в зависимости от выбранной схемы, могут применяться один или два насоса (Рисунок 1).

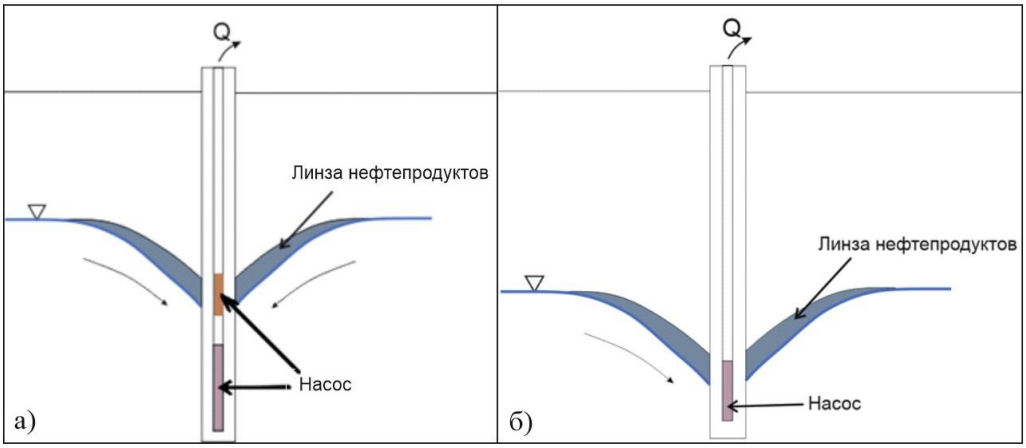

Рисунок 12. Схемы дренажных скважин для откачки жидкой фазы нефтепродуктов:
а) двухнасосная схема; б) однонасосная схема

Критерием выбора их количества являются фильтрационные параметры водоносного горизонта. При высоких коэффициентах фильтрации имеет смысл использовать два насоса, один для откачки загрязненной воды и создания депрессионной воронки, обеспечивающей подток плавающих на поверхности горизонта нефтепродуктов к скважине, второй для откачки непосредственно жидкой фазы нефтепродуктов (Рисунок 1а). Откачки воды сопровождаются откачками нефтепродуктов. Извлечённые нефтепродукты подлежат утилизации, загрязнённая вода через закачные скважины выше по потоку возвращается обратно в пласт.

Откачивающие дренажные скважины, оборудованные гидрофобной сеткой (мембраной), позволяют разделять жидкую фазу нефтепродуктов с водой. Фильтр скважины состоит из перфорированной трубы, покрытой гидрофобной мембраной. Гидрофобная мембрана представляет собой никелевую сетку с размером ячеек в несколько микрон (Рисунок 2). Данная конструкция позволяет в естественном потоке грунтовых вод и углеводородов разделять эмульсию, смесь воды и нефтепродукта, на составляющие, пропуская во внутреннее пространство устройства только нефтешламы. Основным достоинством подобной скважины является простота сооружения и обслуживания.

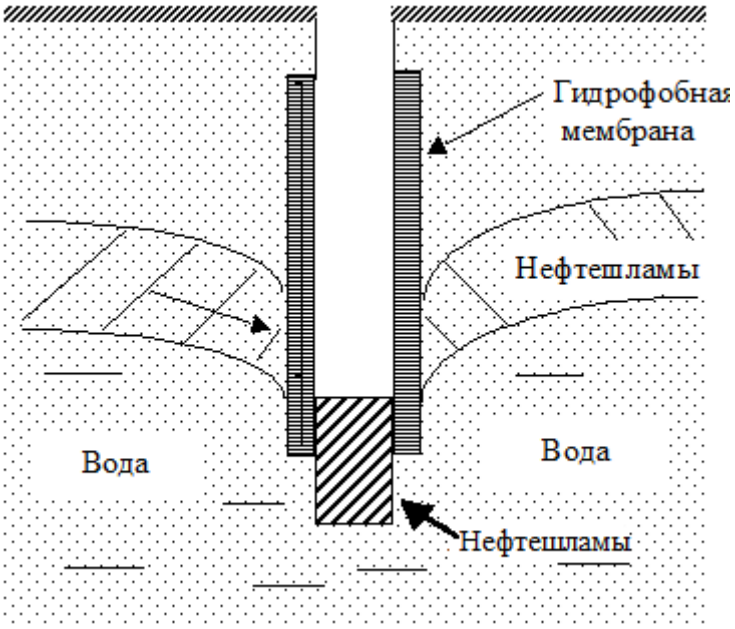

Рисунок 13. Схема дренажной скважины для откачки нефтепродуктов, оборудованной гидрофобной мембраной

Пассивная защита представляет собой следующее техническое решение - обустройство противофильтрационной завесы (ПФЗ) типа «стена в грунте» и дренажного устройства в виде галереи (Рисунок 3). Конструкция противофильтрационной завесы может быть представлена в нескольких вариантах:

- В виде глиняной противофильтрационной завесы и геомембраны из полиэтилена высокой плотности;
- в виде шпунтового ограждения.

Дренажная галерея примыкает к «стене в грунте» со стороны источника загрязнения и сооружается в виде траншеи глубиной до водонефтяного контакта, не заглубляясь в водоносный горизонт, в которую укладываются дренажные полиэтиленовые гофрированные трубы с фильтрующей оболочкой. Вдоль дренажной траншеи устраиваются железобетонные колодцы с герметичными крышками, оборудованные нефтеловушками порогового типа. Из колодцев производится раздельная откачка воды и нефтепродуктов двумя разными насосами. Насос для нефтепродуктов работает по погружной схеме. Режим работы насоса корректируется реле времени, которое настраивается на периодичность включения - наполнение нефтеловушки до уровня установки всасывающего шланга.

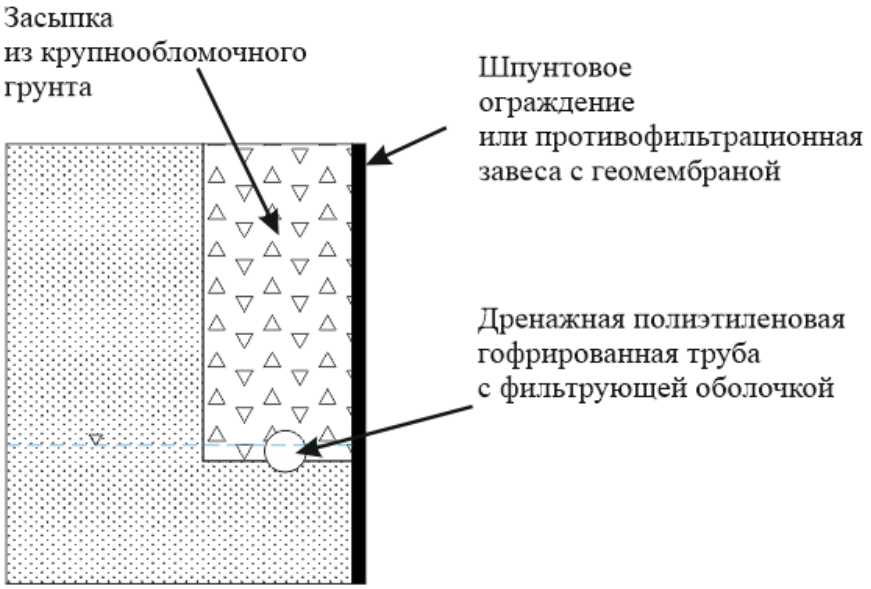

Рисунок 14. Принципиальная схема пассивной защиты

Выводы

Нефтяное загрязнение геологической среды зачастую более опасно, чем поверхностные разливы нефтепродуктов. Ликвидация углеводородного загрязнения является весьма трудоёмким и финансово затратным процессом, что обуславливается многофазностью загрязнителя. Выбор методов ликвидации загрязнения подземных вод и грунтов нефтепродуктами различается в зависимости от их формы нахождения в загрязнённой толще, а также от её строения и фильтрационных параметров.

Библиография

1. Мироненко В.А., Румынин В.Г. “Проблемы гидрогеоэкологии”, тома 1-3,1998г. т.1 с 612.; с;т2 538; с.638.
2. Методические рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами. АО «ГИДЭК», 2001.
3. Hajali, P.A., and W.F. Revely, III. Process and apparatus for groundwater extraction using a high vacuum process. U.S. Patent No. 5172764, December 22, 1992
4. Okeke B.C., Frankenberger W.T. Jr. (2003) Biodegradation of methyl tertiary butyl ether (MBTE) by a bacterial enrichment consortia and its monoculture isolates. Microbiol. Res. V. 158, pp. 99-106.

Проблема острого дефицита водных ресурсов в городах-курортах Краснодарского края

Романова В.Р.* (МГРИ, romanova.varya2002@yandex.ru),
Черепанский М.М (МГРИ, vodamch@mail.ru)

Аннотация

Проблема дефицита водных ресурсов в городах-курортах Краснодарского края актуальна из-за активной застройки, роста численности населения и развития туризма. Подземные воды остаются основным источником питьевого водоснабжения, а ключевыми эксплуатационными водозаборами являются Джигинский и Троицкий. Несмотря на наличие множества разведанных месторождений, большинство из них не осваиваются и не эксплуатируются. Рост численности населения и развитие туризма не компенсируются количеством добываемого водоотбора на эксплуатируемых водозаборах, что приводит к возникновению дефицита водных ресурсов. В связи с этим особенно важно провести комплексную переоценку запасов подземных вод. Это позволит более эффективно управлять ресурсами и решить проблему дефицита водоснабжения.

Ключевые слова

Дефицит, водные ресурсы, Краснодарский край, подземные воды, месторождение

Теория

В связи с повышением спроса туристов на города-курорты Краснодарского края, особенно в летний период времени, вопрос о нехватке питьевых водных ресурсов стоит достаточно остро. Большая загруженность городов-курортов Краснодарского края, активная застройка, рост численности населения Краснодарского края в период с 2011 по 2023 гг. от 10,5 до 11,6 млн. и развитие туризма в городах-курортах (Анапа, Новороссийск, Геленджик) в период с 2021 по 2024 гг. с 7,6 до 11,1 млн. человек, приводит к увеличению потребления водных ресурсов.

Краснодарский край является регионом, который, вследствие климатических условий и значительной антропогенной нагрузки на пресные воды, осознает острый дефицит водных ресурсов. Среднее многолетнее значение водных ресурсов за период 1936-1980 гг. составляет 23 км^3/год [1].

Чтобы понять, насколько остро стоит данная проблема, достаточно обратить внимание на официальный сайт АО «Анапа Водоканал». На этом сайте практически ежемесячно, а иногда и ежедневно (особенно в летний период), публикуются новости, в которых жителей определенных районов предупреждают о введении временных ограничений в водоснабжении, вызванных значительным увеличением водопотребления и существенным снижением дебетов скважин.

В Краснодарском крае практически вся система водоснабжения базируется на подземных водах. По данным ФГУП «Гидроспецгеология» за последние годы за счёт подземных вод осуществляется более 90% водоснабжения Краснодарского края [7].

На данный момент большинство пресной воды, используемой для орошения и водохозяйственных нужд, поступает из поверхностных вод, а именно из реки Кубань и малых рек Краснодарского края [6].

Для обеспечения питьевой водой населения городов-курортов Краснодарского края используются ресурсы подземных вод. В этом субъекте Российской Федерации разведано 38 месторождений пресных подземных вод, по которым утверждены эксплуатационные запасы в количестве 4,3 млн. м^3/сут и насчитывается более 8,5 тыс. водозаборных скважин, из которых отбирается около 2,2 млн. м^3/сут подземных вод. Если сравнить запасы подземных вод в 2010

и 2018 г, то за 8 лет запасы уменьшились на 157,3 тыс. м^3/сут, что составляет 4 %, при этом население выросло на 478,2 тыс., что составляет 8% (Рисунок 1). Данный анализ подтверждает, что запасы подземных вод, которые обеспечивают население Краснодарского края питьевой водой, не компенсируют прирост численности, что и приводит к проблеме дефицита водных ресурсов.

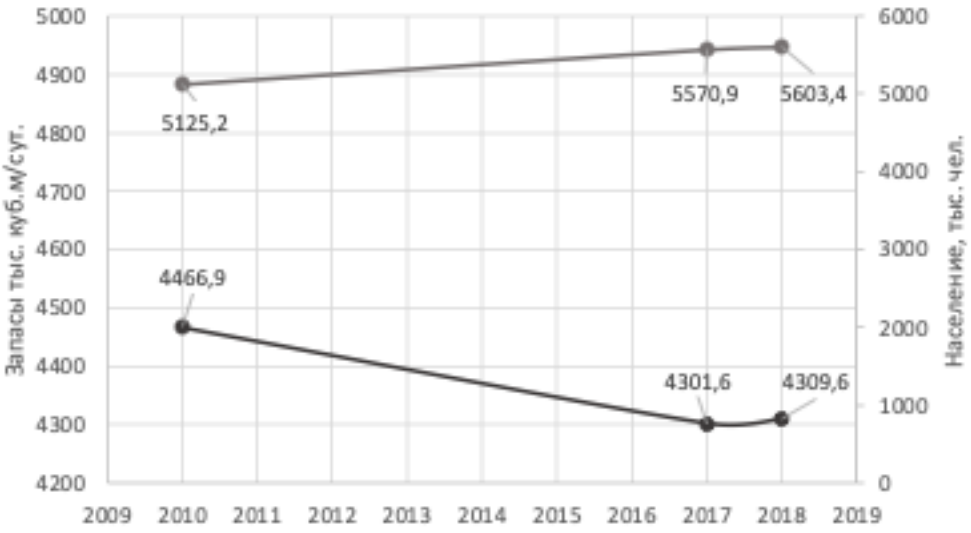

Рисунок 1. Запасы подземных вод (м^3/сут) Краснодарского края в период с 2010 по 2018 гг. [2,3,5]

Несмотря на то, что существует большое количество ранее разведанных месторождений (38), многие из них (порядка 20), длительное время не осваиваются, хотя города, для которых разведаны эти месторождения, испытывают острый дефицит в питьевой воде (гг. Тихорецк, Горячий Ключ, Анапа, Армавир, Лабинск - месторождения Саратовское, Правобережье, Черноречье и др.).

Кроме проблемы неосваивания ряда месторождений, также наблюдается неравномерное распределение запасов подземных вод в Краснодарском крае. Это создает дополнительные сложности при решении вопроса водоснабжения в районах с нехваткой подземных вод питьевого качества. С целью перераспределения эксплуатационных запасов подземных вод из районов с избытком в районы с дефицитом созданы Троицкий и Ейский групповые водозаборы, а также разведаны запасы подземных вод для новых - Отрадненского и Анапского.

В 1990 году была завершена детальная разведка Анапского месторождения пресных подземных вод. Запасы были утверждены в общем количестве 118 тыс. м^3/сут, в том числе: четвертичный водоносный комплекс - 22 тыс. м^3/сут по категории В, плиоценовый водоносный комплекс – 18 тыс. м^3/сут по категориям В+С1, киммерийский водоносный комплекс – 78 тыс. м^3/сут по категориям А+В (Протокол ГКЗ СССР №11038 от 27.03.1991 г.) [10]. Месторождение в настоящее время не освоено и не эксплуатируется. В 2016 году по результатам работ по оценке современного состояния месторождений питьевых и технических подземных вод нераспределенного фонда недр величина и категории утвержденных запасов по месторождению остались без изменения (Протокол ТКЗ по ЮФО от 09.12.2016 №261/58) [9].

В 2022 году была завершена доразведка (переоценка запасов) Троицкого месторождения пресных подземных вод. Запасы были утверждены в общем количестве 218 тыс. м^3/сут, в том числе 58,8 тыс. м^3/сут по четвертичному водоносному комплексу и 159,2

тыс. м^3/сут по краснодарскому водоносному комплексу для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения и технологического обеспечения водой по категории В на срок эксплуатации 25 лет [8]. Месторождение в настоящее время эксплуатируется.

Основными источниками питьевого водоснабжения пресных подземных вод города-курорта Анапы служат: Джигинский участок недр ООО «КЭСК» с заявленной потребности в 18 тыс. м^3/сут и несколько мелких водозаборов, расположенных вблизи г. Анапа (например: водозабор «х. Верхний Чекон»; водозабор «Хантучка»). Основными источниками питьевого водоснабжения пресных подземных вод города-курорта Геленджик, г. Новороссийска и Крымского района Краснодарского края служит Троицкий участок Троицкого месторождения подземных вод.

В Краснодарском крае, помимо «активных» источников водоснабжения, существуют и «пассивные», такие как водохранилища и резервуары. Данные источники водных ресурсов используются по мере необходимости и являются дополнительным запасом пресных вод. Одной из самых крупных водохранилищ, расположенных в Краснодарском крае, является Краснодарское, площадь водного зеркала составляет 24,1 тыс. км^2 [7]. Однако даже такое крупное водохранилище находится в нижних рядах среди других водохранилищ на территории Российской Федерации по площади [4].

В 2023 году эксперты Водного центра Санкт-Петербургского университета по приглашению АО «Анапа Водоканал» провели экспертизу подземных вод долины реки Сукко в Анапе и пришли к выводу, что необходимо произвести комплексную переоценку запасов подземных вод. Так как большинство водозаборов, из которых идет интенсивный водоотбор, расположены в долине реки и оборудованы на аллювиальные отложения, то подземные воды гидравлически связаны с поверхностным стоком. Чрезмерное водопотребление, в следствие роста численности населения, затрону проблему дефицита подземных и поверхностных вод, что приведен в конечном счете к постепенному обмелению Кипарисового озера, где произрастают занесенные в Красную книгу болотные кипарисы. Можно сделать вывод, что данная проблема коснется не только жителей городов-курортов Краснодарского края, но и экологию в целом.

Выводы

Проблема дефицита водных ресурсов в городах-курортах Краснодарского края действительно актуальна. Основные причины этого дефицита – рост численности населения и развитие туризма. Несмотря на наличие большого количества ранее разведанных месторождений, большинство из них в настоящее время не освоены и не эксплуатируются. Увеличение численности населения и туристических потоков не компенсируется объемом водоотбора на действующих водозаборах, что и приводит к нехватке водных ресурсов.

Решения проблемы дефицита водных ресурсов могут включать комплексную переоценку запасов подземных вод:

– Осваивание ранее разведанных месторождений пресных подземных вод (например, Анапское месторождение);

– Увеличение водоотбора на существующих водозаборах путем удлинения флангов водозаборных узлов и освоения нижележащих водоносных горизонтов (например, в Троицком водозаборе);

– Учет сезонности увеличения отбора подземных вод.

Эти меры должны быть реализованы в кратчайшие сроки, чтобы предотвратить негативные последствия и улучшить жизнь и здоровье населения в городах-курортах Краснодарского края.

Библиография

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году». - М.: НИА-Природа, 2010. - 11 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году». - М.: НИА-Природа, 2010. - 67с.
3. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году». - М.: НИА-Природа, 2017., - 105 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». - М.: НИА-Природа, 2018., - 72 с.
5. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». - М.: НИА-Природа, 2018., - 110 с.
6. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2022 году - Краснодар, 2023. - 43 с.
7. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2022 году - Краснодар, 2023. - 51 с.
8. Крамарь М.Ю., Отчет по теме «Доразведка (переоценка запасов) пресных подземных вод на Троицком участке, расположенном в Крымском районе Краснодарского края» (по состоянию изученности на 01.01.2021 г.)», ЗАО «Геолинк Консалтинг», г. Москва, 2022 г.
9. Сериков К. А., Отчет о результатах работ по объекту: «Оценка современного состояния месторождений питьевых и технических подземных вод нераспределенного фонда недр с целью приведения запасов в соответствие с действующим законодательством на территории Краснодарского края и Республики Адыгеи», ОАО «Южгеология», г. Ростов-на-Дону, 2016 г.
10. Тытянок Н. Н., Лымарь С. В., Отчёт о детальной разведке пресных подземных вод для водоснабжения г. Анапы с подсчётом эксплуатационных запасов по состоянию на 01.10.90 г., 1990 г.

Оценка защищённости подземных вод перспективного для постановки поисково-оценочных работ участка в районе города Оренбург

Сугакова К.К. (МГРИ, sugakovva@yandex.ru)

Аннотация

Подземные воды играют ключевую роль в обеспечении населения водой питьевого качества, которое напрямую влияет на экологическую и санитарно- гигиеническую безопасность населения. В современных условиях рост антропогенной нагрузки на природные ресурсы, вызванный значительными масштабами урбанизации, интенсивным ростом промышленности, недостаточным объемом капиталовложений на реконструкцию уже существующих производств, а также несовершенное природоохранное законодательство приводит к увеличению рисков загрязнения подземных вод. Вместе с тем растущая потребность населения в чистой воде обуславливает необходимость постановки гидрогеологических работ, направленных на поиск «чистых» подземных вод для перспективной организации водоснабжения. Одним из критериев выбора таких участков является защищенность подземных вод от возможности проникновения загрязняющих веществ в процессе их эксплуатации. На таких участках необходимо не только оценить вероятность загрязнения водоносных горизонтов, но и выявить факторы, влияющие на защищённость подземных вод. Эффективная оценка защищённости позволяет установить степень уязвимости подземных водных ресурсов и своевременно разработать меры по их охране.

Ключевые слова

Оценка защищенности подземных вод, методика В.М. Гольдберга, фильтрационные свойства

Теория

Вопросам оценки защищенности подземных вод от проникновения загрязняющих веществ посвящены многочисленные публикации как в нашей стране, так и зарубежом. Несмотря на то, что основы оценки защищенности были заложены еще в 60-х годах прошлого века, исследования в этом направлении актуальны до сих пор. В практике гидрогеологических работ используются разнообразные подходы к оценки защищенности подземных вод. Одни из них направлены на оценку и картирование защитных свойств подземных вод какой-либо территории без учета характеристик и свойств конкретных загрязнителей, другие – на оценку и картирование защитных свойств природной системы применительно к конкретному виду загрязнения. Несмотря на кажущиеся различия в подходах к оценке защищенности, практически все они ориентированы в первую очередь такие основные природные факторы, как литологический состав перекрывающих водоносный горизонт отложения, глубина залегания безнапорных (напорных) подземных вод, мощность и фильтрационные свойства перекрывающих слабопроницаемых отложений. Исходя из вышеперечисленных факторов, в первую очередь стоит отметить методику оценки защищенности как для напорных, так и для безнапорных подземных вод, разработанную В.М. Гольдбергом.

Объектом исследования выступает район работ (разделенный на два перспективных участка), находящийся к северо-востоку от Оренбурга, относящийся к номенклатурному листу М-40-II. Исследуемый район расположен в пределах окраинной части возвышенности Общий Сырт и приурочен к долинам рек Сакмара, Урал и водоразделу между ними (рис. 1).

Водоснабжение г. Оренбург базируется на серии инфильтрационных водозаборов в голоценовых аллювиальных отложениях, являющихся весьма незащищенными от

загрязнения. В настоящее время централизованное водоснабжение г. Оренбурга осуществляется восемью крупными водозаборными сооружениями. Семь водозаборов эксплуатируют подземные воды водоносного голоценового аллювиального горизонта и один – поверхностные воды р. Урал.

В геологическом строении района участвуют отложения пермской, неогеновой и четвертичной систем. Наиболее древние кунгурские отложения залегают близко к дневной поверхности в восточной части района, слагая ядро Нежинской антиклинали. В западном направлении кунгурские отложения погружаются, образуя сложную по морфологии структурную поверхность, определяющую всю совокупность геологического строения и гидрогеологических условий района.

Широким распространением на дневной поверхности пользуются осадки татарского яруса верхней перми, слагающие Сакмаро-Уральский водораздел и правый склон долины реки Сакмара.

Неогеновая система представлена акчагыльским и апшеронским ярусами верхнего отдела. Отложения неогена преимущественно выполняют палеодолины рек Урал и Сакмара. Четвертичные образования распространены повсеместно, но преобладающее развитие по площади и мощности более 10 м они имеют в долинах рек Урал и Сакмара.

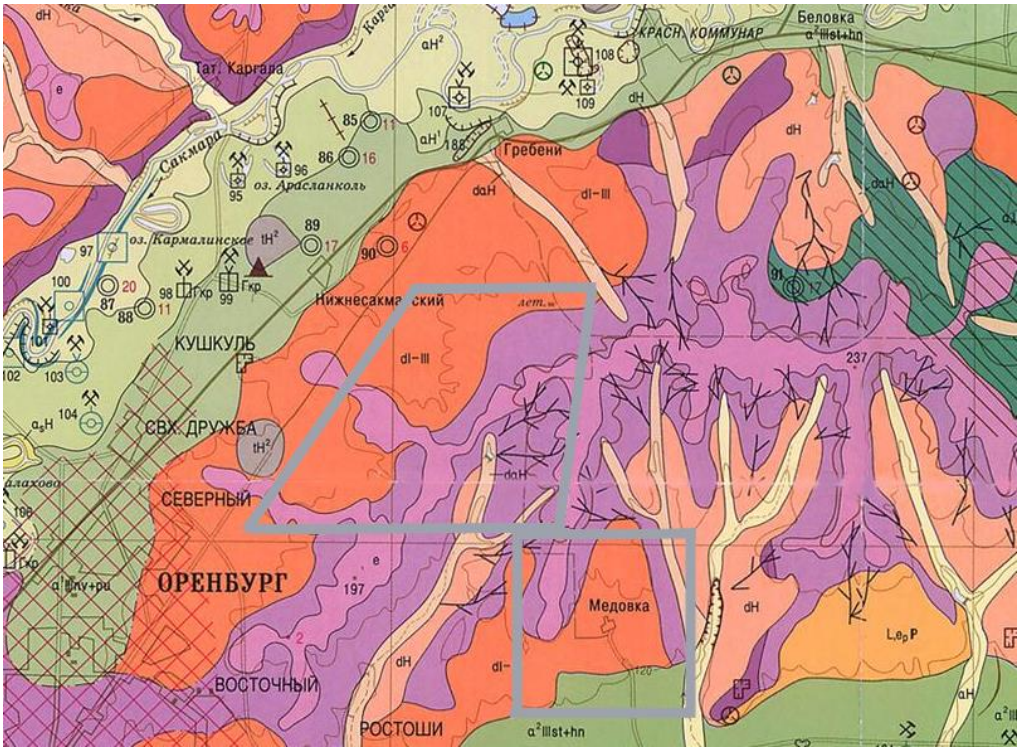

Рисунок 15. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Издание второе. Южно-Уральская серия. Карта четвертичных отложений, масштаб: 1:200000. Район работ

В 2019 г. на территории листа М-40-II (Оренбург) проводились работы по гидрогеологическому доизучению масштаба 1:200 000, и по результатам выполненных работ были выявлены перспективные участки для постановки поисково-оценочных работ на подземные воды. На этом этапе выполнялись работы по оценки защищенности подземных вод для территории листа с учетом выявленных участков. Однако при переходе на поисково-оценочные работы возникает необходимость в дополнительном изучении и оценке защищенности подземных вод на выявленных перспективных участках. Выполняемые работы

позволят выявить площади, на которых будет возможен отбор подземных вод питьевого качества для водоснабжения г. Оренбурга на весь срок работы водозабор , т.е. минимум 25 лет.

Выводы

Таким образом, на основе произведенных расчетов, выделенные водоносные горизонты необходимо классифицировать в исследуемой области по степени защищенности. Результаты вычислений и подробный анализ позволят сделать вывод о защищенности подземных вод в пределах выделенных перспективных участках и дать обоснованные рекомендации по их безопасной эксплуатации.

Библиография

1. Гольдберг В.М., Гадза С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения, Москва, «Недра», 1984
2. Vrba J., Zaporozec` A. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. – Hannover, 1994. – 131 p
3. Мусин Р. Х. Оценка защищённости подземных вод от загрязнения: учебно-методическое пособие /Р. Х. Мусин. – Казань: Казан. ун-т, 2022. – 38 с.
4. Белоусова А. П. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. – М.: Наука, 2001. – 239 с.

Оценка влияния техногенного загрязнения почвы (грунтов) на качество подземных вод на территории бывшего завода ЗИЛ

Азраков И.И.* (МГРИ, azrakovila@gmail.com)

Аннотация

Данная статья посвящена оценке влияния техногенного загрязнения почв на качество подземных вод на территории бывшего завода ЗИЛ. загрязнение почвы и подземных вод является одной из самых острых экологических проблем, особенно в таких крупных городах, как Москва. Завод ЗИЛ, представляющий собой значимое предприятие автомобильной промышленности, на протяжении многих лет использовал разнообразные химические вещества и производственные процессы, что привело к накоплению токсичных веществ в окружающей среде. Изучение данной проблемы имеет большое значение для оценки масштабов загрязнения и его воздействия на экосистему города Москвы. В основу исследования положены проверенные и достоверные данные об инженерно-экологических условиях в Москве, предоставленные организацией, имеющей многолетний опыт работы в этой сфере.

Проведение исследований по загрязнению почвы и подземных вод позволит не только оценить текущее состояние экосистемы, но и разработать рекомендации по мониторингу и рекультивации загрязненных территорий. Это важно для восстановления природного баланса и улучшения качества жизни в Москве.

Ключевые слова

Техногенное загрязнение, почва «грунт», подземные воды, бывший завод «ЗИЛ», экологическая оценка, рекомендации

Источники финансирования

Отсутствуют.

Теория

На территории бывшего завода ЗИЛ была выявлена значительная загрязнённость почвы, которая затрагивает различные уровни и глубины. В частности, почва содержит бензапирен, нефтепродукты и тяжёлые металлы на глубине от 0,0 до 7,0 метров, с наличием очагов загрязнения, достигающих глубины до 35 метров. Это создаёт серьёзную экологическую угрозу и негативно сказывается на окружающей среде.

Подземные воды также подверглись значительному загрязнению, выявленному в двух горизонтах: Надъюрском и Подольско-Мячковском. В первом горизонте наблюдаются превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) по различным веществам: сульфаты - в 1,52 раза, биохимическое потребление кислорода (БПК5) - в 1,07 раза, нефтепродукты - в 3,2 раза, аммоний-ион - в 2,34 раза, железо - в 31,47 раза, марганец - в 3,2 раза, свинец - в 25,33 раза, кадмий - в 1,2 раза и цинк - в 6,1 раза. Во втором горизонте превышения также значительные: аммоний-ион - в 2,1 раза, железо - в 23,96 раза, марганец - в 3,9 раза, медь - в 424 раза, свинец - в 34,17 раза, кадмий - в 2 раза и цинк - в 6,8 раза.

На рисунке № 1 представлена карта-схема объемов исследования, отображающая расположение скважин, пробных площадок, а также точки отбора проб поверхностной и подземной воды.

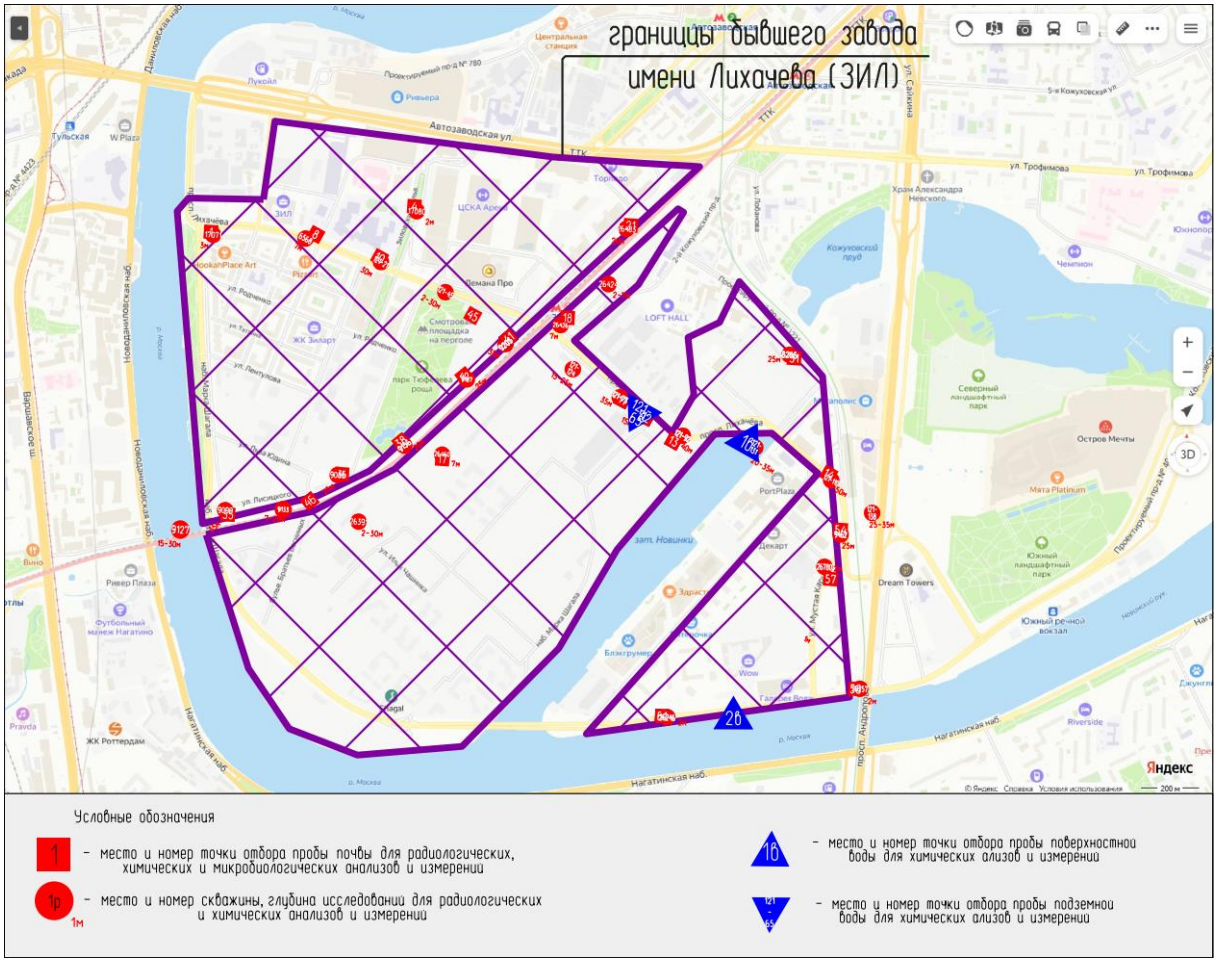

Рисунок 1. Карта-схема объемов исследования, отображающая расположение скважин, пробных площадок, а также точки отбора проб поверхностной и подземной воды

Была выявлена взаимосвязь между загрязнением почвы и качеством подземных вод, их можно выделить в несколькие аспекты:

- источники загрязнения: загрязнённость почвы, содержащей такие вредные вещества, как бензапирен, нефтепродукты и тяжелые металлы, является потенциальным источником загрязнения подземных вод. При воздействии осадков и других природных факторов, токсины из почвы могут просачиваться в горизонты подземных вод, усугубляя ситуацию;
- глубина загрязнения: указанные уровни загрязнения охватывают значительные глубины (до 35 метров), что предполагает неравномерное распределение токсичных веществ. Это объёмное загрязнение почвы может влиять на более глубокие слои подземных вод, создавая проблемы не только в верхних горизонтах;
- сравнение с ПДК: данные о превышениях предельно допустимых концентраций (ПДК) вещества в подземных водах указывают на значительное воздействие загрязнителей, уходящих через различные пути из загрязненной почвы. Особенно критично, что некоторые вещества, как свинец и медь, превышены в разы, что может свидетельствовать о длительном и серьезном загрязнении;
- экологическая угроза: оба вида загрязнения (почва и подземные воды) взаимосвязаны в контексте экологической угрозы, поскольку ухудшают качество окружающей среды и могут напрямую угрожать здоровью людей и экосистемам.

В связи с выявленным загрязнением почвы на территории бывшего завода ЗИЛ, были даны следующие рекомендации по ее обработке и использованию:

- чистые почвы (грунты): рекомендуется использовать без ограничений, так как они не представляют угрозы для здоровья человека и окружающей среды.
- допустимые почвы (грунты): рекомендуется использовать без ограничений, за исключением объектов повышенного риска, где необходимо проводить дополнительные исследования.
- умеренно опасные почвы (грунты): могут использоваться в ходе строительных работ для засыпки котлованов и выемок, а также на участках озеленения с подсыпкой слоя чистого грунта толщиной не менее 0,2 м.
- опасные почвы (грунты): ограниченное использование возможно для засыпки котлованов и выемок с перекрытием слоем чистого грунта толщиной не менее 0,5 м. Необходимо регулярно проводить мониторинг состояния таких участков.
- чрезвычайно опасные почвы (грунты): необходимо организовать вывоз и утилизацию на специализированных полигонах, так как они представляют серьезную угрозу для здоровья людей и экосистемы.

Для снижения загрязнения подземных вод на территории бывшего завода ЗИЛ можно предложить следующие рекомендации:

- мониторинг и оценка состояния подземных вод:
- организовать регулярный мониторинг качества подземных вод с целью выявления источников загрязнения, а также анализа динамики изменений концентраций загрязняющих веществ;
- создать сеть контрольных точек для анализа различных горизонтов подземных вод;
- очистка подземных вод:
- разработать и внедрить технологии очищения подземных вод, включая адсорбцию, фильтрацию, биоремедиацию и другие методы, в зависимости от типа и концентрации загрязняющих веществ;
- применять методы физико-химической очистки для устранения тяжелых металлов, таких как медь, свинец и кадмий;
- устранение источников загрязнения:
- провести инвентаризацию и оценку источников загрязнения, таких как оставшиеся производственные отходы, остатки топлива и химических веществ;
- очистить территорию от токсичных отходов и восстановить ее с использованием экологически безопасных технологий;
- снижение поступления загрязняющих веществ:
- установить систему сбора и утилизации сточных вод, чтобы предотвратить их попадание в почву и подземные воды;
- внедрить стандартные процедуры для обработки производственных отходов с целью минимизации их негативного воздействия на окружающую среду.

Выводы

Территория бывшего завода ЗИЛ поражена значительным загрязнением почвы, содержащей токсичные соединения, такие как бензапирен, нефтепродукты и тяжёлые металлы. Это загрязнение затрагивает значительные глубины, что увеличивает риск негативного воздействия на подземные воды.

Подземные воды на территории завода также подверглись значительному загрязнению, с превышениями предельно допустимых концентраций (ПДК) по множеству опасных

веществ. В некоторых случаях концентрации превышают ПДК в разы, что свидетельствует о серьёзном и длительном загрязнении.

Загрязнение почвы и подземных вод представляет собой серьёзную экологическую угрозу, которая может негативно сказаться на здоровье людей и экосистемах. Это создает риски для водоснабжения и качества окружающей среды.

Выявлена чёткая взаимосвязь между загрязнённостью почвы и ухудшением качества подземных вод. Токсичные вещества из почвы могут просачиваться в водоносные горизонты, усугубляя проблему.

Результаты исследования требуют разработки и внедрения мер по очистке загрязнённых территорий и защите подземных вод от дальнейшего загрязнения. Рекомендуется проводить регулярный мониторинг состояния окружающей среды и разрабатывать стратегии по восстановлению загрязнённых экосистем

Благодарности (на ваше усмотрение)

Выражаю глубокую благодарность моему научному руководителю, Л.В. Борониной, за её щедрую поддержку, советы и профессионализм, которые оказали неоценимую помощь в процессе написания научной статьи. Ваше терпение и стремление к высоким стандартам вдохновили меня на поиски новых идей и достижение лучших результатов.

Также хочу выразить признательность заведующему кафедрой, К.В. Белову, за создание благоприятной атмосферы для научной работы и за поддержку в реализации моего исследования. Ваши ценные советы и мудрые рекомендации стали важными ориентирами в моём направлении.

Библиография

1. Анисимов, И. П. Оценка загрязнения почвы и подземных вод на территориях промышленных предприятий / И. П. Анисимов, Е. В. Петрова. – М.: Наука, 2022. – 150 с.
2. Белов, С. Д. Экологические проблемы техногенной нагрузки на природу: опыт и пути решения / С. Д. Белов, М. Н. Сидорова. – СПб.: Издательство СПбГУ, 2021. – 200 с
3. Ковалев, Д. С. Исследование качества подземных вод на загрязненных территориях / Д. С. Ковалев, Т. И. Христова. – Казань: Казанский федеральный университет, 2022. – 175 с.
4. Рябинин, Н. Ю. Технологии очистки грунтов и подземных вод от загрязнений / Н. Ю. Рябинин, О. С. Соловьев. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2023. – 195 с.

Гидрогеологическое картографирование Арктической зоны на примере полуострова Ямал

Козлов Ю.А.* (ФГБУ «Гидроспецгеология», kozlov@geomonitoring.ru),
Егоров Т.С. (ФГБУ «Гидроспецгеология», egorov@geomonitoring.ru),
Кашина Н.П. (ФГБУ «Гидроспецгеология», kashina@geomonitoring.ru),
Ершов В.В. (ФГБУ «Гидроспецгеология», ershov@geomonitoring.ru),
Цымбаленко А.А. (ФГБУ «Гидроспецгеология», tsymbalenko@geomonitoring.ru),
Перегудов Д.Ю. (ФГБУ «Гидроспецгеология», peregudov@geomonitoring.ru)

Аннотация

Рассмотрены особенности формирования подземных вод территории Арктической зоны. Отмечены сложные гидрогеологические условия, связанные с распространением многолетнемерзлых пород. Представлены результаты мелкомасштабного гидрогеологического картографирования листа R-42, (43) − п-ов Ямал.

Ключевые слова

Гидрогеологическая карта, формирование подземных вод, Арктическая зона, многолетнемерзлые породы

Теория

Актуальность освоения Арктической зоны определяется геополитическими амбициями Российской Федерации, потребностями страны в расширении сырьевой базы, развитием Северного морского пути. Устойчивое социально-экономическое развитие региона невозможно без надежных источников водоснабжения. Подземные воды в большей степени чем поверхностные защищены от потенциального техногенного загрязнения, в меньшей степени подвержены влиянию сезонных колебаний температур и глобального изменения климата.

Мелкомасштабное гидрогеологическое картографирование является одним из способов оценки и обобщения гидрогеологических условий территории. Гидрогеологические исследования в Арктической зоне имеют ряд особенностей: сложные мерзлотно-гидрогеологические условия; малое количество фактических данных и их локальное распространение; отсутствие инфраструктуры и трудности в проведении полевых работ [2].

Малым количеством фактических данных обусловлено широкое использование фондовых работ регионального масштаба, в которых приводятся основные закономерности гидродинамического и гидрохимического режимов подземных вод, но не дается подробного описания конкретных площадей. Изучаемая территория полуострова Ямал в пределах Тазовско-Пурского артезианского бассейна (АБ) является краевой зоной Западно-Сибирского сложного артезианского бассейна (Рис. 1). Понимание общего направления движения подземных вод как в вертикальном, так и в латеральном направлении, особенностей их распространения и формирования позволяет перейти к построению карт гидрогеологического содержания. При этом, Тазовско-Пурский АБ является типовой гидрогеологической структурой для Арктической зоны, где в полной мере проявляются все особенности экстремальных природных условий Крайнего Севера и территорией, в наибольшей степени подверженной техногенному воздействию в условиях активного развития здесь газо- и нефтедобычи.

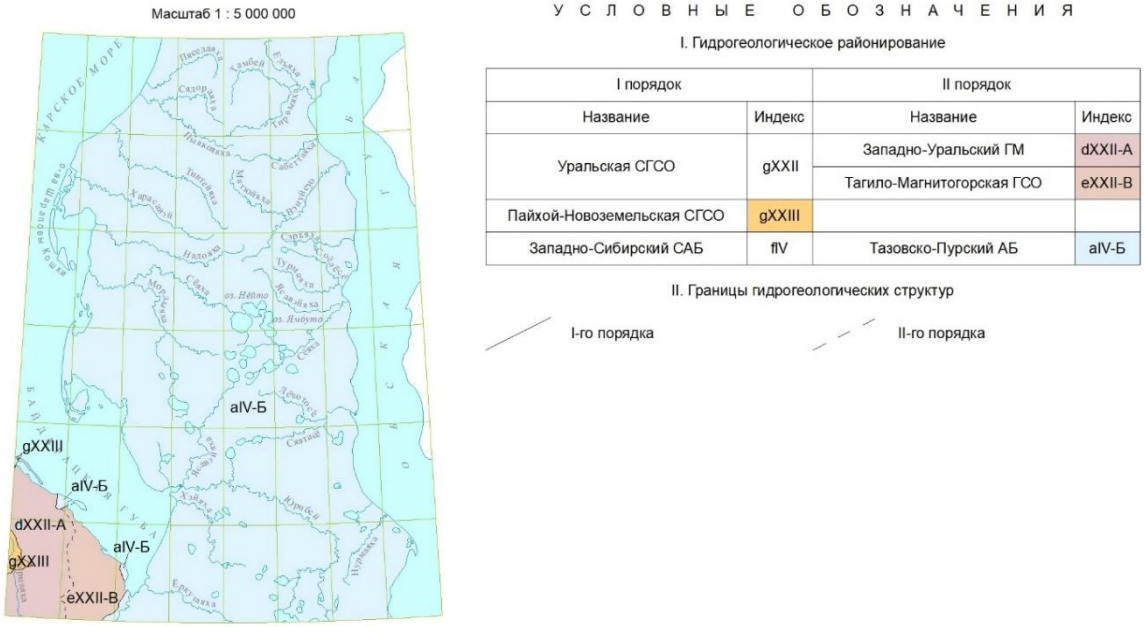

Рисунок 16. Гидрогеологическое районирование территории исследования

В тектоническом отношении Тазовско-Пурский АБ представляет собой впадину, имеющую двухъярусное строение. Нижний этаж – складчатый фундамент, сложенный дислоцированными палеозойскими древними осадочными, метаморфическими и изверженными породами; верхний – полого залегающими на фундаменте отложениями мезо-кайнозоя. Формирование осадочной толщи платформенного чехла протекало на фоне различных по амплитуде и широте охвата территории колебательных движениях фундамента, которые сопровождались трансгрессиями и регрессиями моря, в связи с этим в ней чередуются континентальные и морские осадки, образующие водопроницаемые и водоупорные толщи большой мощности [1].

Подземные воды на территории исследования делятся на надмерзлотные (воды сезонно-талого слоя, сквозных и несквозных таликов), межмерзлотные, внутримерзлотные (криопэги) и подмерзлотные [4]. Многолетнемерзлые породы здесь являются водоупором и затрудняют инфильтрацию атмосферных осадков, в результате чего подмерзлотные воды находятся в зоне затрудненного, весьма затрудненного водообмена, и обладают повышенной минерализацией. На полуострове Ямал также распространены криопэги – линзы высокоминерализованных вод, находящиеся в жидком состоянии при отрицательных температурах.

Надмерзлотные воды

На режим, питание и циркуляцию вод верхнего гидрогеологического этажа, наряду с геологическими факторами, существенное влияние оказывают геоморфологические условия, климат и строение многолетнемерзлых пород [5]. Зона активного водообмена формируется в верхней части отложений кайнозоя, сложенных преимущественно аллювиальными, озерно-аллювиальными, озерно-болотными и морскими образованиями. В северной и центральной частях полуострова Ямал преобладают многолетнемерзлые породы (ММП) сплошного и преимущественно сплошного распространения. Это обуславливает неблагоприятные для формирования ресурсов подземных вод гидрогеологические условия. При этом, воздействие холодного климата сказывается на избыточном увлажнении территории, что способствует более длительному питанию подземных вод. В зоне повсеместного распространения ММП

мерзлые породы образуют крупные массивы с редкими таликами, распространенными в долинах крупных неперемерзающих рек и под озерами, в которых и сосредоточены основные скопления подземных вод.

Специфические гидрохимические условия характерны для западной части полуострова. Значительные участки территории по побережью Карского моря и его заливов располагаются ниже 50-метровой отметки, морские воды мигрируют в устья рек, где смешиваются с пресными речными водами. На расстоянии до 40 км от устья вода в реках наследует химический состав морских вод, которые, в свою очередь, питают подрусловые талики. Водораздельные возвышенности полуострова отделяют его западную часть от Нижнеобской котловины, включающей в себя бассейн нижнего течения р. Оби и Обской губы. В этой части полуострова речные воды, и, как следствие, воды подрусловых таликов, как правило, являются пресными или ультрапресными.

Подмерзлотные воды

Нижняя часть кайнозойских отложений в совокупности с верхним мелом формирует региональный водоупор, сложенный толщей глинистых образований с переслаиванием песчаных формаций, развитых почти на всей территории бассейна. Сложность геологических условий нашла отражение в гидрогеологических особенностях разреза: высокая степень закрытости недр, характерная для гидродинамических систем эллизионного типа, способствует выжиманию вод из уплотняющихся осадков и пород в коллекторы, что определяет одну из гидрогеологических особенностей полуострова – аномально высокие пластовые давления [3]. Воды здесь имеют высокую степень минерализации, неравномерную по площади: минерализация подземных вод возрастает с запада на восток, что можно объяснить погружением пород в восточном направлении. Южная часть полуострова расположена на сравнительно небольших расстояниях от прибортовой части Тазовско-Пурского АБ, что способствует процессам промыва осадочного чехла инфильтрационными водами и постепенного разбавления ими седиментационных. На различный генезис подземных вод, заключенных в коллекторах зоны затрудненного водообмена, большое влияние оказывает процесс метаморфизации, в котором участвуют кондесатогенные воды, литогенные, формирующиеся за счет процесса термодеградации глинистых минералов, и седиментогенные рассолы, проникающие из палеозойского фундамента путем вертикальной миграции.

Выводы

На основе обобщенных гидрогеологических материалов и изученных условий формирования подземных вод исследуемой территории составлен комплект гидрогеологической карты, включающий: гидрогеологические карты доплиоценовых и плиоцен-четвертичных гидрогеологических подразделений; гидрогеохимическую карту основных водоносных подразделений; карту защищенности основных водоносных подразделений; карту использования питьевых и технических, минеральных подземных вод; карту прогнозных ресурсов подземных вод категории P_3.

Результаты выполненных работ позволят обеспечить Ямало-Ненецкий автономный округ картографической основой для решения федеральных и региональных задач по управлению государственным фондом недр в части ресурсов и запасов подземных вод и дальнейшего развития инфраструктуры региона.

Библиография

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

2. Егоров Т.С., Козлов Ю.А. Первые результаты и особенности мелкомасштабного гидрогеологического картографирования территории Арктической зоны // Подземная гидросфера : Материалы XXIV Всероссийского совещания по подземным водам Востока России с международным участием, Екатеринбург, 21–28 июня 2024 года. – Екатеринбург: Институт горного дела ИГД УрО РАН, 2024. – С. 37-41.

3. Новиков Д.А. Перспективы нефтегазоносности среднеюрских отложений полуострова Ямал по гидрогеологическим данным // Геология нефти и газа. – 2013. – № 6. – С. 65-74.

4. Романовский Н.Н. Подземные воды криолитозоны. М.: Изд-во МГУ, 1983. 231 с.

5. Суходольский С.Е. Парагенезис подземных вод и многолетнемерзлых пород. М.: Наука, 1982. 152 с.