

РАЗРАБОТКА ЭКОГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД

В работе показано, что разработанный экогеохимический метод восстановления параметров природно-технической системы позволяет оптимизировать технологию сброса и перераспределения сточных вод, водно-физические и химические свойства почв и грунтов зоны аэрации, уровень грунтовых вод и сохранять полученные параметры, что является основой охраны водных объектов.

Неотъемлемой частью мер по охране окружающей среды является оптимизация техногенного воздействия промышленных предприятий, которые образуют природно-технические системы, где геоэкосистема используется для размещения сточных вод, что приводит к увеличению нагрузки на гидросферу, литосферу и смещению равновесия в геоэкосистеме, восстановление которого является сложной и актуальной задачей. Восстановление равновесия возможно при организации инженерных барьеров, изменении качества сточных вод, различных способах их сброса и размещения, утилизации твердых отходов в геоэкосистеме в зависимости от устойчивости и экологического состояния ландшафтов. Таким образом, одновременно решаются проблемы восстановления равновесия в природно-технической системе, утилизации промышленных отходов и охраны водных объектов.

Целью работы является разработка экогеохимических методов защиты водных объектов от техногенного воздействия при сбросе промышленных сточных вод в природно-технической системе.

Объектами исследований являлись предприятия электроэнергетики, добычи строительных материалов и Оренбургский газоперерабатывающий комплекс в период 1981-2002 гг.

Использование водных ресурсов связано с образованием природно-технических систем как результата хозяйственной деятельности на территории административных образований. Выделены основные признаки природно-технических систем при сбросе сточных вод и разработаны методы их исследования с целью оптимизации параметров. Несмотря на существующую методологическую базу, представленную в работах И.А. Кузника, М.Н. Багрова, И.П. Кружилина и др., В. Додолиной, В.И. Марымова, С.И. Харченко, А.С. Шестакова, А.Б. Ситникова, М.Г. Хубляряна, исследования воздействия на окружающую среду при сбросе сточных вод и разработка методов управления свойствами геоэкосистем для защиты водных

объектов являются актуальными, так как необходимо учитывать специфику примесей каждой категории сточных вод [1, 2, 3, стр. 38-50, 4, стр. 29-42, 5-7, 8, стр. 687 – 691, 9].

Методика исследований. Для исследований были приняты конкретные методы полевых и лабораторных экспериментов, метод моделирования геоэкосистемы в полевых условиях, метод выделения свободного почвенного раствора, метод системного анализа взаимодействия промышленного предприятия с окружающей средой и математического моделирования. Использовался метод экологического аудирования и экологического менеджмента для получения объективных научно-обоснованных данных о фактическом состоянии объектов и с позиций решения задачи минимизации воздействия осуществляемой деятельности на окружающую среду. При исследованиях использовались разработанные технические средства (лизиметрическая площадка, программные продукты) и изучаемые объекты рассматривались в качестве разновидностей сложных систем. По способу использования модель геоэкосистемы выбрана оптимизационная. При этом приняли гипотезу, что математические модели должны описывать приход сточных вод и примесей со сточными водами в природно-техническую систему и их массоперенос в геоэкосистеме. Были определены основные характеристики изучаемого процесса, внутренние и внешние величины модели, величины управления. В качестве нормативов для оценки параметров системы выбраны фоновые характеристики природно-технической системы и государственные стандарты. На основании анализа существующих методов исследований была разработана методика исследования и оптимизации внешних и внутренних параметров природно-технической системы при сбросе сточных вод.

Результаты исследований. На основе проведенных исследований разработаны структура природно-технической системы при сбросе сточ-

ных вод, основные параметры системы и алгоритм экологического аудита природно-технических систем для предприятий по добыче строительных материалов и электроэнергетики.

Установлено, что деятельность рассмотренных предприятий по добыче строительных материалов не связана с экологическими рисками, имеется позитивный опыт по использованию карьерных вод.

На предприятиях электроэнергетики установлены следующие проблемы при размещении сточных вод на собственной территории, связанные с «человеческим фактором»: подъем уровня подземных вод и их загрязнение при инфильтрации из отстойников и шламоотвалов, складирование осадка сточных вод в шламоотвалах, отсутствие гидроизоляции накопителей сточных вод. Установлены зоны воздействия накопителей сточных вод в горизонтальном и вертикальном направлениях, определена величина потерь на инфильтрацию, разработан прогноз изменения уровня подземных вод на территории прилегающего карьера. Были апробированы и рекомендованы, на примере предприятий по добыче строительных материалов и электроэнергетики, расчетный метод для прогнозирования воздействия отстойников на прилегающую территорию, метод матриц и взвешенный оргграф для социально-эколого-экономической оценки воздействия на водные объекты, разработана система экологического менеджмента по стандартам ИСО Р 14000, рекомендованы инженерные барьеры для отстойников сточных вод, повторное использование сточных вод и их осадков.

При изучении условий формирования природно-технической системы газоперерабатывающего комплекса выделены два вида технологического воздействия, разработана схема пе-

редачи воздействия в геоэкоосистеме от источника через абиотические факторы природной среды, интенсивность техногенного воздействия в зависимости от качества сточных вод, эффективность использования ассимиляционного потенциала геоэкоосистемы, отклонения от установленных нормативных требований при формировании природно-технической системы и использовании геоэкоосистемы в качестве геохимического барьера для защиты водных объектов, рисунок 1.

Внешние параметры геоэкоосистемы были исследованы экспериментальными методами, в т.ч. модельными. Качество сточных вод и технология сброса относятся к управляемым параметрам технической подсистемы. Оценка пригодности сточных вод для утилизации на земледельческих полях орошения по критериям различных авторов и СанПиН 2.1.7.573-96 показала, что концентрация минеральных примесей в исследуемых сточных водах находится в пределах критического уровня либо превышает его для почв тяжелосуглинистого механического состава. Прочие примеси находятся в допустимых пределах.

Установлено, что оптимальной нормой сброса сточных вод является 480 м³/га, оптимальной глубиной увлажняемого слоя почвы – 0,5 м. В модельных опытах при близком залегании УГВ (1.0, 1.5, 2.0, 2.5 м) суммарное водопотребление не зависит от мощности зоны аэрации. Величина инфильтрации возрастает при уменьшении зоны аэрации, что является источником пополнения грунтовых вод. Показано, что норма сброса должна дифференцироваться при близком уровне грунтовых вод в зависимости от мощности зоны аэрации от 40% до 10% и составлять при сбросе сточных вод соответственно –

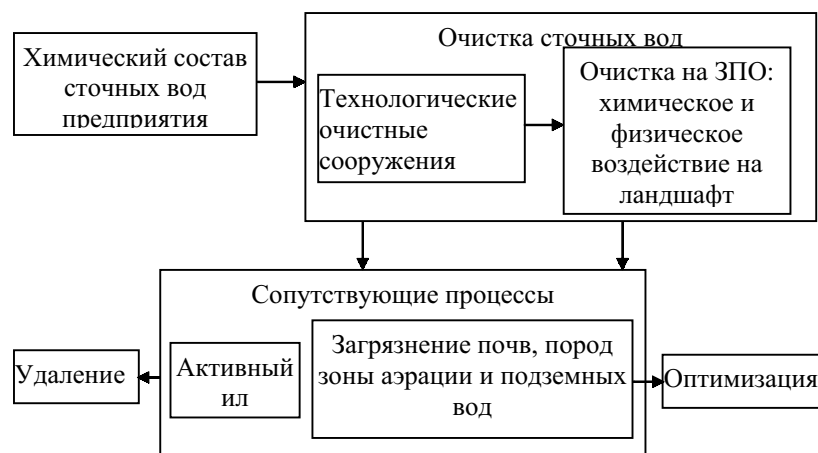


Рисунок 1. Схема природно-технической системы при сбросе сточных вод

290, 340, 400, 440 м³/га, при сбросе смешанных вод – 300, 330, 400, 440 м³/га. Результаты исследований показали, что по сравнению с фоновым участком наиболее высокая влажность почв и грунтов на сельскохозяйственных полях орошения наблюдается на глубине 1-3 м. В более глубоких горизонтах влияние сброса сточных вод не прослеживается. При этом влажность почв и грунтов зависит от уровня нагрузки сточных вод, условий их перераспределения по поверхности, продолжительности эксплуатации ЗПО, свойств почв и грунтов зоны аэрации.

Исследуемый в 1981-2001 гг. в наблюдательных скважинах уровень грунтовых вод повысился от 0,43 до 8,83 м. Непосредственная связь уровня грунтовых вод с атмосферными осадками и сбрасываемыми водами наблюдается для скважины 2б с близким уровнем грунтовых вод. Процессы подъема грунтовых вод и динамика гидрохимического режима носят сезонный характер, связанный со сбросом сточных вод в период с мая по ноябрь. Интенсивный подъем уровня грунтовых вод приводит к их выходу на дневную поверхность на участках с «верховодкой». При выводе участков сельскохозяйственных полей орошения из эксплуатации по совокупности признаков техногенеза (подъем уровня грунтовых вод, образование овражно-балочной сети) увеличивается нормативная нагрузка сточных вод на другие участки. При этом отмечается понижение величины ассимиляционного потенциала природно-технической систе-

мы по объемам принимаемых сточных вод и способности системы к утилизации сточных вод. В результате техногенеза процесс накопления солей протекает более интенсивно в верхнем слое грунтовых вод, который постепенно переходит в более глубокие горизонты. Зонай разгрузки грунтовых вод служит р. Черная. Концентрация хлорида натрия в грунтовых водах растет пропорционально росту концентрации легкорастворимых солей в почве.

Показаны зоны формирования солевых геохимических барьеров при близком уровне грунтовых вод по результатам модельного эксперимента. Химическое воздействие на почвы и грунты зоны аэрации при сбросе сточных вод с избытком хлорида натрия связано с процессами выноса легкорастворимых солей за пределы увлажняемого слоя почвы при создании нисходящего тока почвенной влаги и формирования солевых барьеров на заданной глубине. Накопление легкорастворимых солей в почве сопровождается процессами осолонцевания, рисунок 2.

Для получения объективных данных при исследованиях природно-технических систем необходим не менее чем двадцатилетний ряд исследований. Внутренние параметры геоэкологической системы исследованы расчетными методами. Расчеты величины инфильтрации в подземные воды в модельных лизиметрических экспериментах и при сбросе сточных вод на сельскохозяйственные поля орошения показали, что необходи-

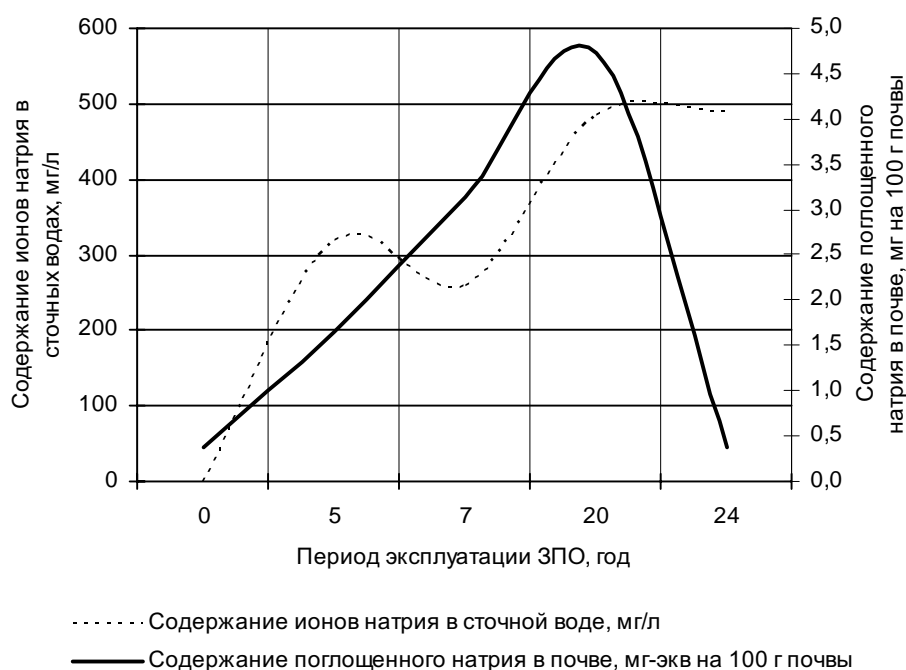


Рисунок 2. Содержание поглощенного натрия в почве до рекультивации и после нее

мо вносить изменения в расчетные методики на основе экспериментально установленных значений коэффициентов фильтрации. Показано, что расчетная скорость инфильтрации при свободном просачивании в почве выше фактической, и в расчетную формулу вводится понижающий коэффициент «*К_н*», который характеризует снижение водопроницаемости почвы в результате процессов физико-химического взаимодействия между сточными водами и грунтами сельскохозяйственных полей орошения. Значения коэффициента «*К_н*» колеблются от 1,5 до 2,9 в зависимости от свойств почв и грунтов.

Минимизация химического воздействия на природную подсистему при утилизации сточных вод достигается при использовании промышленных отходов. В полевом и лабораторных экспериментах исследованы осадки сточных вод очистных сооружений г. Оренбурга, Сакмарской ТЭЦ и пыль электрофильтров Новотроицкого цементного завода. Установлено, что в осадке сточных вод очистных сооружений г. Оренбурга в активной форме находится от 23 до 50% металлов, наблюдается сезонная динамика металлов в слое почвы, ограниченном карбонатным геохимическим барьером, сформированным в природных условиях на глубине 60-80 см. Наиболее высокий коэффициент местной концентрации характерен для цинка, меди, кадмия, свинца, менее всего – для хрома и марганца. Доказано, что использование осадков сточных вод очистных сооружений г. Оренбурга для рекультивации невозможно и невозможно их утилизация в геоэкосистемах. Использование осадка сточных вод после продувки котлов Сакмарской ТЭЦ для рекультивации ЗПО также лимитирует содержание металлов. Обосновано химическим составом, полевыми и лабораторными экспериментами, практической реализацией применение для рекультивации пыли электрофильтров цементного завода нормой 3,6 т/га в сочетании с 0,04 н H_2SO_4 . Внесение серной кислоты активизирует химический процесс и создает условия для быстрого протекания химических реакций. Если при внесении цементной пыли в производственных условиях рекультивационный эффект был получен на третий год, то использование еще и серной кислоты позволяет достичь его в течение нескольких дней при определенных условиях: активное перемешивание почвы после внесения веществ, сброс сточных вод и увлажнение почвы.

Метод и технологические параметры сброса сточных вод зависят от уровня нагрузки на геоэкосистему, характеристик параметров тех-

нической подсистемы, условий формирования влагопереноса. Оптимизация технологических параметров сброса сточных вод в технической подсистеме для снижения механического и химического воздействия обеспечивается конструктивными особенностями очистных сооружений и оросительной сети. Установлено, что разбавление сточных вод водой питьевого качества лишь несколько замедляет негативные процессы в почвах и грунтах.

Для совместности параметров технической подсистемы (интенсивность дождевания) и природной подсистемы (коэффициенты фильтрации) разработана технология прерывистого дождевания при заданной норме сброса, которая обоснована результатами экспериментальных исследований водно-физических и химических свойств почвы. Наилучшие условия складываются при прерывистом дождевании и глубине увлажняемого слоя почвы 0,5 м. Подача воды прекращается при образовании луж на поверхности почвы и возобновляется с интервалом 20-30 минут. Технология прерывистого сброса сточных вод обеспечивает отсутствие поверхностного стока в результате оптимизации свойств почвы, рациональное использование сточных вод и устраняет воздействие на водные объекты.

Обсуждение результатов исследований

Движение солей в водонасыщенных породах рассматривается как вынужденная конвекция, сопровождаемая диффузией, растворением и обменными реакциями. При сбросе сточных вод геоэкосистема используется в качестве барьера для защиты водных объектов, так как в ней происходит аккумуляция загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами. Направленность геохимических потоков при изменении параметров в геоэкосистеме характеризуется рядом коэффициентов. Коэффициент водной миграции элементов указывает на очень высокую степень их миграции через почвенный монолит в грунтовые воды. Причем по интенсивности миграции элементы можно распределить в следующем порядке: магний > кальций > натрий в слое 0,5 м при сбросе сточных и смешанных вод. Сточные воды, поступающие на ЗПО, являются агрессивными по отношению к сульфатам и карбонатам почвы, что переводит гипс и другие нерастворимые соли кальция в подвижные формы.

При разрушении естественного карбонатного барьера черноземов идет вынос иона кальция за пределы почвенного профиля, при аккумуляции хлорида натрия в верхнем слое и на

границе увлажняемого слоя почвы формируется щелочной барьер, что приводит к смещению природного равновесия в геосистеме.

Коэффициенты местной концентрации элементов характеризуют направление потока загрязняющих веществ по геологическому профилю в центральной части сельскохозяйственных полей орошения с максимумом концентрации ионов натрия, магния и сульфат-иона в первом двухметровом слое почв и грунтов. Аккумуляция примесей сточных вод идет четвертичными отложениями глинистого механического состава, распространенными на глубину до 4,0 м. Далее профиль сложен пермскими трещиноватыми отложениями.

По результатам исследований накопления отрицательных признаков в почвах, грунтах и подземных водах было выделено три стадии существования ПТС. Первая стадия, равная трем годам, включает накопление признаков в пределах допустимых пределов, при этом устанавливаются границы техногенного воздействия в природно-технической системе, условия перераспределения и направленность потоков продуктов техногенеза. Вторая стадия, от семи до десяти лет, включает равновесное состояние природно-технической системы, когда изменения подвержены сезонной динамике и емкость системы позволяет ассимилировать продукты массопереноса без глубоких качественных изменений. Третья стадия, от десяти до двадцати пяти лет, – стадия глубоких качественных и количественных изменений, приводящих к существенным изменениям признаков системы и негативным последствиям для природных комплексов.

В результате проведенных исследований установлены следующие основные закономерности существования природно-технической системы при сбросе сточных вод. Происходит формирование техногенных потоков массопереноса в сопредельных средах при сбросе сточных вод, разрушаются существующие и формируются новые геохимические барьеры, наблю-

дается сезонная цикличность процессов и изменение внутренних параметров природной подсистемы, вовлекаются в массоперенос инертные соединения почв и грунтов под воздействием техногенеза, снижается утилизирующая способность природно-технической системы при многолетней эксплуатации, смещается равновесие в системе и снижается ее устойчивость.

На основе обобщения многолетнего опыта научных и практических работ были разработаны и предложены алгоритмы экогеохимического метода восстановления и формирования геосистемы с заданными свойствами. Восстановление свойств геосистемы проектируется в три этапа: этап химической рекультивации почв, этап минимизации плоскостной и линейной эрозии, этап оптимизации уровня грунтовых вод. На стадии химической рекультивации земель идет оптимизация щелочного и карбонатного геохимических барьеров, создается система с заданными свойствами. Рекомендуемый метод химической рекультивации земель теоретически обоснован, проект рекультивации согласован с органами контроля и реализован на всей территории сельскохозяйственных полей орошения.

На территории скважины 26 были получены следующие параметры эффекта: повышение содержания гипса в почве, снижение величины рН на уровне прогнозных данных, переход почвы в разряд несолонцеватых, уменьшение более чем в два раза концентрации хлорид-иона, в восемь раз – иона натрия в почве, увеличение концентрации иона кальция почти в два раза, иона магния в три раза, иона калия в семь раз, сульфат-иона почти в два раза в почве.

Таким образом, разработанные экогеохимические методы для восстановления параметров природно-технической системы позволяют оптимизировать технологию сброса и перераспределения сточных вод, водно-физические и химические свойства почв и грунтов зоны аэрации, уровень грунтовых вод и сохранять полученные параметры, что является основой охраны водных объектов.

Список использованной литературы:

1. Багров М.Н., Кружилин И.П. Механизация и автоматизация поливов. – Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во. 1973. – 207 с.
2. Багров М.Н., Кружилин И.П. Оросительные системы и их эксплуатация. – М.: Колос. 1982. – 239 с.
3. Додолина В.Т. Результаты исследований влияния орошения сточными водами химических предприятий на почву / В кн.: Земледельческие поля орошения как способ охраны водных ресурсов от загрязнения сточными водами промышленности. – М.: Россельхозиздат, 1970. – с. 38-50.
4. Кузник И.А. Анализ методов расчета суммарного испарения сельскохозяйственных культур / Сб. науч. работ Саратовского СХИ, 1980. – с. 29 – 42.
5. Ситников А.Б. Динамика воды в ненасыщенных и насыщенных грунтах зоны аэрации. – Киев: Наукова думка, 1978. – 192 с.
6. Ситников А.Б. Динамика влаги и солей в почвогрунтах зоны аэрации. – Киев: Наукова думка, 1986. – 152 с.
7. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 358 с.
8. Хублярян М.Г., Фролова А.П., Юшманова И.О. Моделирование процессов соленакопления в грунтовых водах районов недостаточного увлажнения. Водные ресурсы, т. 29, №6, 2002. – с. 687 – 691.
9. Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов при фильтрации из хранилищ промышленных стоков. – М.: Изд – во ВОДГЕО, 1961. – 100 с.