

УДК 504.03:351.791.1

Боков В. А.,
Соцкова Л. М.,
Першина Е. Д.

Разработка экологически сбалансированных способов защиты и восстановления водных объектов Крыма – ключ к устойчивому развитию региона

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь

Аннотация. Решается проблема разработки экологически сбалансированных способов защиты и восстановления водных объектов. Впервые разрабатываются взаимосвязанные и взаимодополняющие способы химической интенсификации внутриводоемных процессов самоочищения и комплекс водоохранного обустройства водосборных территорий. Предлагаются практические решения организационно-хозяйственного и средообразующего типа на базе ландшафтного и геоэкологического подходов с использованием ГИС-технологий. Увеличение объемов чистой пресной воды вследствие внедрения разрабатываемых экотехнологий – надежный способ преодоления водного кризиса, улучшения качества жизни населения и перехода региона к устойчивому развитию.

Ключевые слова: восстановление водных объектов, ландшафт, водосборный бассейн, бентонитовая суспензия, устойчивое развитие

Введение

В разработке парадигмы ноосферного [1] развития, четко указывается, что характер отношения общества к природе определяется не только научно-техническим уровнем, но и характером использования природных ресурсов. Переход к устойчивому развитию самым тесным образом связано с преодолением водного кризиса. Для Крыма важнейшим ресурсом является чистая пресная вода, поскольку наблюдается ее дефицит, ставший особенно отчетливым в XX веке. Недостаток местных воды покрывается днепровской водой, поступающей по Северо-Крымскому каналу. Прогрессирующее загрязнение водоемов приводит к увеличению нагрузки на очистные сооружения, росту потребления электроэнергии, реактивов, гиперхлорированию, конкуренции за доступ к дорогой воде и, соответственно, снижение санитарных стандартов и уровня жизни населения. Проблема сохранения качества водных объектов является актуальной мировой проблемой, далекой от разрешения. В отечественной и мировой практике применяются разнообразные методы защиты водных объектов от загрязнения и сохранения их биоценологических систем (М.И. Львович, А. М. Грин, Г.И. Швец, С. И. Харченко, А. Г. Булавко, Л. Н. Горев, В. Яцик, и др.). Изучение водных ресурсов Крыма (В. Н. Дублянский, А. Н. Олиферов, З. В. Тимченко) позволило уточнить структуру водного баланса в различных районах полуострова, определить перечень мероприятий, направленных на сохранение качества поверхностных вод путем ограничения антропогенных воздействий, снижения степени загрязнения вод. Однако недостаточно используются междисциплинарные подходы, в которых ландшафтно-географические и геохимические знания образуют целостную систему представлений о характере поступления в водоемы вещественно-энергетических потоков и их преобразования.

Исследования авторов проекта, проведенные в последние годы, позволяют активно использовать не только методы ограничения техногенных воздействий на водные объекты, но также широко использовать ландшафтно-планировочные решения (нахождение оптимальной территориальной структуры типов использования земель).

Междисциплинарное исследование направлено на обоснование внедрения экологически сбалансированных водоохраных способов, адекватных степени антропогенной дигрессии преобразованных ландшафтов водосборных территорий и не истощительных для экономики региона. Впервые предлагаются взаимосвязанные и взаимодополняющие комплексы обустройства водосборных территорий и способы интенсификации внутриводоемных процессов самоочищения.

Материалы и методы

В целях формирования банка данных использовались следующие материалы:

- цифровая модель рельефа водосборов загрязненных природных и техногенных водных объектов, в первую очередь нуждающихся в очистке и восстановлении;
- данные многолетних гидрометеорологических показателей;
- характеристика расходов и уровней воды в водотоках и водоемах, определение средних, максимальных и минимальных расходов воды, продолжительности половодьев, меженьей, прерываемых паводками ит.д.;
- характеристика ландшафтной структуры территории водосборных бассейнов;
- данные системы Государственного земельного кадастра о землепользовании в пределах водосборов;
- космические снимки;
- дешифрирование на снимке объектов антропогенной нагрузки и использования земельных участков, которые прилегают к водному объекту.

Методы исследований – Полевые исследования ландшафтов водосборов и качества вод, использование ГИС-технологий для построения серии среднемасштабных карт.

Результаты и обсуждение

Дигрессия ландшафтов водосборных бассейнов, широкое привлечение значительных объемов водных ресурсов в хозяйственное обращение и их загрязнение, нарушили естественное равновесие и резко снизили качество эколого-ресурсного потенциала пресных и морских вод. Признаки экологического неблагополучия выявлены для многих рек и водохранилищ, особенно заполняемых днепровскими водами. Сегодня в мире существуют несколько методов стимулирования внутри водоемных процессов: удаление или экранирование донных отложений, отвод воды из гипolimниона и изменение условий среды обитания гидробионтов. Все эти технологии направлены на интенсификацию процессов дестрафичирования, вызванных естественной экологической стратификацией. Однако в условиях антропогенного стресса (наличие пестицидов, ПАВ, тяжелых металлов и др.) их применение малоэффективно, без применения дополнительной физико-химической обработки.

Авторами предлагается новый подход – разработка экологически сбалансированных способов защиты и восстановления поверхностных водных объектов и создание предпосылок нормативно-технологической базы (обоснование физико-химических методов стимуляции самоочищения: в комплексе с природоохранными и средообразующими мероприятиями на водосборах в водоемах) защиты и восстановления поверхностных водных объектов юга Украины. Впервые разрабатываются взаимоувязанные и взаимодополняющие способы физико – химической интенсификации внутриводоемных процессов самоочищения и водоохранного обустройства водосборных территорий. Последний включает практические решения организационно-хозяйственного и средообразующего типа на базе ландшафтно-экологического подхода и учета роли водных биоценозов в очищении воды.

В общем виде интегральный показатель качества воды можно иллюстрировать выражением:

$$U = f (U_{\text{пр}} \cdot U_{\text{ст}} \cdot K_{\omega} \cdot K_{\theta} \cdot K_s \cdot K_z \cdot K_b \cdot \dots K_n), \quad (1)$$

где U – интегральный показатель качества вод;

$U_{\text{пр}}$ – показатель качества природных вод;

$U_{\text{ст}}$ – показатель качества сточных вод;

K_{ω} – коэффициент, учитывающий степень дигрессии ландшафтов на территории водосборного бассейна;

K_{θ} – коэффициент изменчивости (межгодовую и внутригодовую) стока;

K_s – коэффициент фильтрации воды в почву;

K_z – переходный коэффициент от наличия к отсутствию растительного покрова;

K_b – переходный коэффициент, учитывающий особенности современного землепользования

K_n – коэффициенты, учитывающие, сток с выходов скальных горных пород, механический состав почв, водно-физические свойства почвы, микроклиматические особенности, количество жарких дней, тип растительности, тип лесной растительности и т.д.

Распределение загрязняющих веществ, продолжительность их пребывания в водном объекте, интенсивность протекания процессов самоочищения или загрязнения зависят от экологического потенциала ландшафтов водосборного бассейна [2, 3], их способности накапливать и очищать вредные вещества. Поэтому набор коэффициентов может быть увеличен, например, при учете ландшафтной структуры территории и оценки состояния растительного покрова, способного в определенной степени компенсировать антропогенные нагрузки.

Стратегическая цель инжиниринга «Экологически сбалансированные способы интенсификации внутриводоемных процессов самоочищения водных объектов в условиях юга Украины» – обеспечение ресурсного и экологического благополучия водных источников, достижение баланса между уровнем вредного влияния загрязнений на водные ресурсы и их способностью к самоочищению и возобновлению

Задачи исследования

- обоснование технологических, биоинженерных, гидробиологических и ландшафтно-планировочных способов достижения стабильного состояния водотоков и водоемов как элементов природных ландшафтов;

- анализ приводных биоценозов с точки зрения их способности к очищению вод;

- расчет доз мелиоранта – суспензии на основе бентонита в зависимости от степени загрязнения водных объектов;

- нахождение и обоснование приемов активизации водозащитных функций ландшафтов водосборов за счет увеличения их биологического разнообразия и функционирования растительных «каркасов» залужением, созданием лесополос, фитомелиоративных барьеров, биокоридоров, биоплато, выделение зон ограниченной доступности в условиях сложившейся территориальной структуры различных типов использования территории; определение оптимальной для каждого конкретного водосбора величины водозабора;

- разработка процедуры поэтапного внедрения щадящих средообразующих технологий, не требующих применения значительных объемов материальных затрат и денежных средств и успешно сочетающих экологические и экономические аспекты, носящие социально-экономическую значимость;

- составление реестра загрязненных (деградированных) природных и техногенных водных объектов (водохранилища, пруды, водоемы-накопители, «засухи» приморской зоны), в первую очередь нуждающиеся в очистке и восстановлении.

Внедрению экологически сбалансированных способов защиты и восстановления поверхностных водных объектов должно предшествовать создание нормативно-технологической базы, обеспечивающей принятие необходимых решений о степени риска необратимого загрязнения водоема [4], выбор основных, в том числе и физико-химических параметров, оценивающих этот риск и разработка перечня мероприятий, необходимых для выведения водных объектов из критических состояний.

Процедура инжиниринга (**технологическая карта исследования**) предполагает использование разнообразных геоэкологических и химических технологий (рис. 1).

Математическое моделирование включает:

- построение моделей связей интенсивности процессов самоочищения в водных объектах с погодно-климатическими процессами, хозяйственной деятельностью и структурой преобразованных ландшафтов разной степени антропогенной дигрессии;

математическое моделирование накопления органических загрязнителей в водохранилищах на основе окислительно-восстановительной модели

- математические модели вторичного загрязнения в условиях взмучивания накопленных осадков водохранилищ питьевого назначения.

Использование ГИС-технологий в целях:

- разработки методики среднемасштабных карт – экспозиции склонов, поверхностного стока, землепользования, функционального зонирования и экологического состояния территорий водосборных бассейнов;

- разработки методики составления карт прогнозного загрязнения поверхностных водных объектов и потребностей во внедрении экологически сбалансированных способов защиты и восстановления поверхностных водных объектов в ландшафтах разной степени антропогенной дигрессии в среднем и крупном масштабе.

Реализация этой разработки не только будет способствовать осаждению биогенных элементов и органических загрязнителей в менее доступной для патогенных микроорганизмов форме, но и приводить к частичной или полной минерализации некоторых устойчивых загрязнителей (мочевина (70 %), красители (70–90 %), фенолы (80–90 %), пестициды (60–70 %) и др.) без дополнительных затрат с использованием только солнечной энергии [5]. Окислительная деструкция (минерализация) осуществляется с использованием фотокатализатора, безвредного для живых организмов.

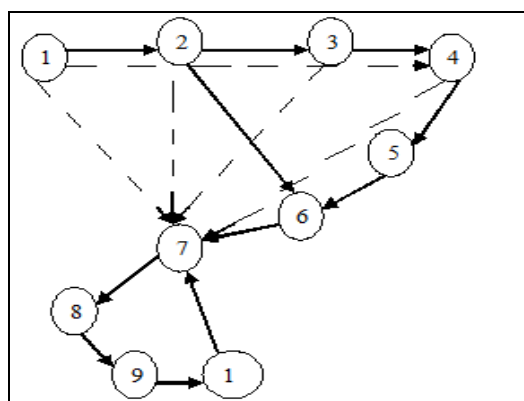


Рис.1. Процедура инжиниринга

1 – экспериментальный блок – полевые маршрутные исследования природных условий водосбора, отбор проб воды и исходные анализы качества воды водоемов – накопителей в различные синоптические ситуации (ливневые осадки, паводки, снеготаяние), ранжирование и оценка факторов накопления загрязнителей, выявление всех типов загрязнения поверхностных и подземных вод, оценка их интенсивности и постоянства, создание базы данных;

2 – проведение инвентаризации, оценка степени антропогенной дигрессии преобразованных ландшафтов водосборных территорий модельных (тестовых) водоемов на основе ландшафтного картографирования водосборов, построение крупномасштабных карт с использованием ГИС-технологий;

3 – исследования экологического состояния прибрежных «зеленых каркасов» (лесополос, участков залужения, рекультивированных и фиторемедиационных комплексах) и прибрежных аквальных биоценозов различной степени дигрессии;

4 – анализ современной антропогенной нагрузки; определение режима застройки и использование земельных участков, прилегающих к водному объекту, составление карт землепользования территорий водосборов, расчет экологической нагрузки по водостокам на бассейны водоемов;

5 – исследования путей распространения загрязнителей, – расчет доз мелиоранта для воды с различной степенью загрязнения воды в различных синоптических ситуациях. В состав суспензии вводится фотокатализатор окислительных (самоочищающих) процессов. Скорость реакции окисления находится в зависимости от концентрации этого катализатора. Чем выше степень загрязнения водного объекта, тем больше суспензии потребуются. Поэтому задача состоит из двух частей: 1 – разработка критериев расчета мелиоранта по степени загрязнения водоема, 2 – расчет общего количества суспензии на единицу объема воды в водоеме

6 – выявление возможностей блокировки распространения загрязнителей путем создания механических или биологических барьеров, улавливателей, ловушек с определением дальнейших приемов массы загрязнителей и их утилизацией, инвентаризация структуры и комплексов современных фиторемедиационных технологий (водоохранного обустройства) преобразованных ландшафтов водосборных территорий, выбор и обоснование приемов рекультивации прибрежных ландшафтов и экологической реставрации исходных ландшафтов;

7 – контроль качества воды, измененного воздействием бентонитового препарата;

8 – прогноз качества вод в результате внедрения экологически сбалансированных химических и средообразующих способов защиты и восстановления водоемов, выбор оптимальных методов рекультивации прибрежных ландшафтов [3];

9 – расчеты эколого-экономической эффективности инжиниринга.

Все блоки инжиниринга тесно взаимосвязаны между собой.

Таблица 1.

Взаимосвязь блоков инжиниринга, полученных результатов и методов исследования

Блоки инжиниринга	Результат исследований	Методы исследований
Изучение и анализ загрязнения поверхностных водных масс в зависимости от внешних (природных и антропогенных) и внутренних водоемных процессов	Выявление комплекса факторов загрязнения водных объектов, подтвержденное эмпирическими расчетами.	Полевые исследования ландшафтов водосборов и качества вод Математическое моделирование
Разработка средообразующих и средоохранных мероприятий на территории водосборов	Обоснование практических решений технологических и биоинженерных способов достижения стабильного состояния водотоков и водоемов как элементов природных ландшафтов. Расчет доз мелиоранта – бентонита в зависимости от степени загрязнения водных объектов и активизации водозащитных функций ландшафтов. Предложения по совершенствованию мониторинга качества поверхностных вод.	Ландшафтное картографирование Функциональное зонирование территории водосборов Использование ГИС-технологий для построения серии среднemasштабных карт

Все водоемы Крыма (как природного, так и антропогенного генезиса) выполняет как функцию коллекторов стока и перераспределения воды на разных топографических уровнях водосборного бассейна (рис. 2), так и важнейшую функцию регулятора водного режима ландшафтов, тем самым поддерживая их эластичность, равновесие и устойчивость.

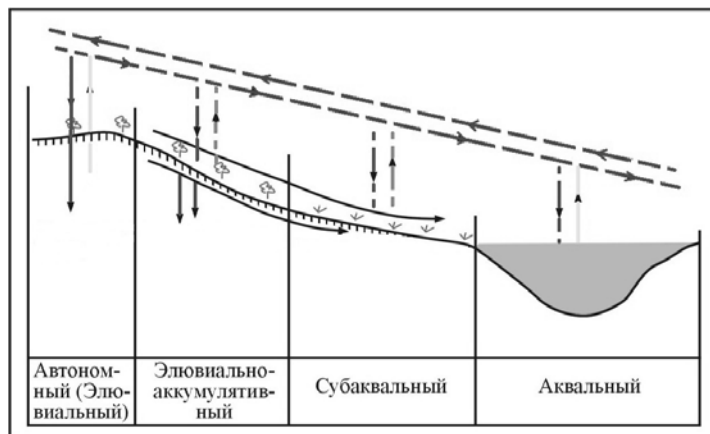


Рис. 2. Миграция загрязняющих веществ в ландшафтно-геохимической системе водоем - приток или водоем – поверхностный сток (водная миграция с осадками, поверхностным, внутрипочвенным и грунтовым стоками суббассейнов)

Процессам загрязнения воды водных объектов противостоят процессы самоочищения, стимулируемые гидродинамическими, биологическими, химическими и физическими факторами [6], приводящими к уменьшению концентрации загрязняющих веществ, а при полном самоочищении – к восстановлению естественного облика водных объектов.

К физическим факторам относятся такие процессы, как седиментация взвешенных веществ, ветровые перемешивания, течения, колебания температур и др. Химические процессы самоочищения - это окисление и распад органических веществ в водоеме,

которые приводят к появлению в среде относительно простых соединений (аммиак, углекислота, нитраты, сульфаты, фосфаты, метан). Последние в дальнейшем утилизируются различными гидробионтами.

В качестве **модельного (тестового)** водного объекта выбран ручей Курцы (Курча) с каскадом водоемов в левобережной части водосборного бассейна Симферопольского водохранилища. Ручей Курцы – левый приток Салгира берет начало у села Константиновка в первом продольном понижении Внутренней гряды (примерно в 7 километрах к юго-востоку от г. Симферополя), протекает мимо с. Украинка и впадает в водоем – накопитель (рис. 3), расположенный около Симферопольского водохранилища. Площадь водосборного бассейна ручья составляет около 17, 8 км², длина – 7, 8 км, количество притоков – 5 [7]. По своим характеристикам ручей - типичный водоток гидрографической сети водосборного бассейна Симферопольского водохранилища, где преобладают ручьи и малые реки.

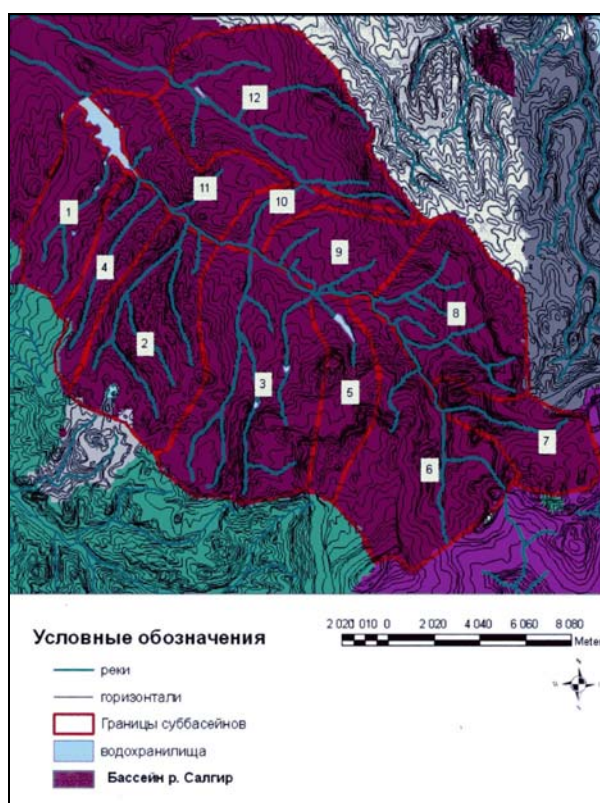


Рис. 3. Положение ручья Курцы (номер 1) среди притоков р. Салгир

Главная особенность формирования его стока, как и других притоков Салгира - тесная связь с ландшафтами бассейна, что и обуславливает уязвимость качества воды при дигрессии ландшафтов водосбора. В свою очередь качество воды в ручье, его притоках и водоемах антропогенного генезиса оказывает влияние на гидрологическую и гидрохимическую специфику вод Симферопольского водохранилища.

Конечное звено гидрографической системы – водоем – отстойник перед Симферопольским водохранилищем. Водоем не обвалован, не имеет дамбы или запруды.

Современные технологии позволяют построить серии карт – экспозиции склонов, уклон поверхности, суббассейнов, карты землепользования и др.

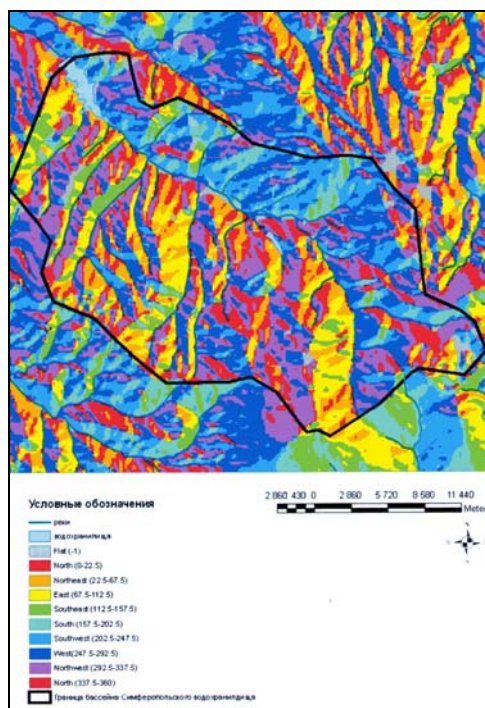


Рис. 4. Экспозиция склонов в пределах территории водосборного бассейна Симферопольского водохранилища

Использование поостренных карт – экспозиции склонов и суббассейнов с одновременным производством ландшафтного картографирования и характеристики природных комплексов водосборов р. Курцы (с каскадом водоемов) позволили обосновать территориальную представительность пунктов отбора проб воды в ручье, водоемах, в прибрежных зарослях рогаза при различных синоптических ситуациях. А также изучение характеристика расходов и уровней воды ручье и водоемах, определение средних, максимальных и минимальных расходов воды в различные синоптические ситуации и гидрографические фазы.

Производились работы по изучению и анализу загрязнения поверхностных водных масс водоема в зависимости от внешних факторов (природных и антропогенных) и его внутриводоемных процессов.

Проведен анализ природной воды р. Салгир и р. Славянка на содержание солей жесткости, определен pH -фактор этой воды в условиях низких температур.

Обнаружено, что в зимний период в условиях низких температур, может происходить уменьшение жесткости воды за счет процессов вымораживания в водоемах питающих реку и разбавлением речной воды осадками. Полученные результаты подтверждают сезонные колебания жесткости воды в открытых водоемах. В период таяния снега вода резко умягчается, что связано с двумя факторами; температурным расслоением природной воды и разбавлением «жесткой» воды талой, «мягкой» водой, не имеющей солей кальция и магния. Проведен сравнительный анализ природной воды и водопроводной воды. Установлено, что сильное умягчение воды (снижение жесткости в 3-5 раз) может усилить коррозионные процессы в железных трубах и конструкциях, что значительно повышает риск аварий трубопроводов. Предложено использовать показатель жесткости воды и pH-фактор в качестве основного интегрального показателя, оценивающего окислительную (коррозионную) активность воды.

Проведены лабораторные испытания бентонитового препарата для целей обезжелезивания природной и технической воды. Определены основные дозы и технологические параметры процесса в динамическом и статическом режимах.

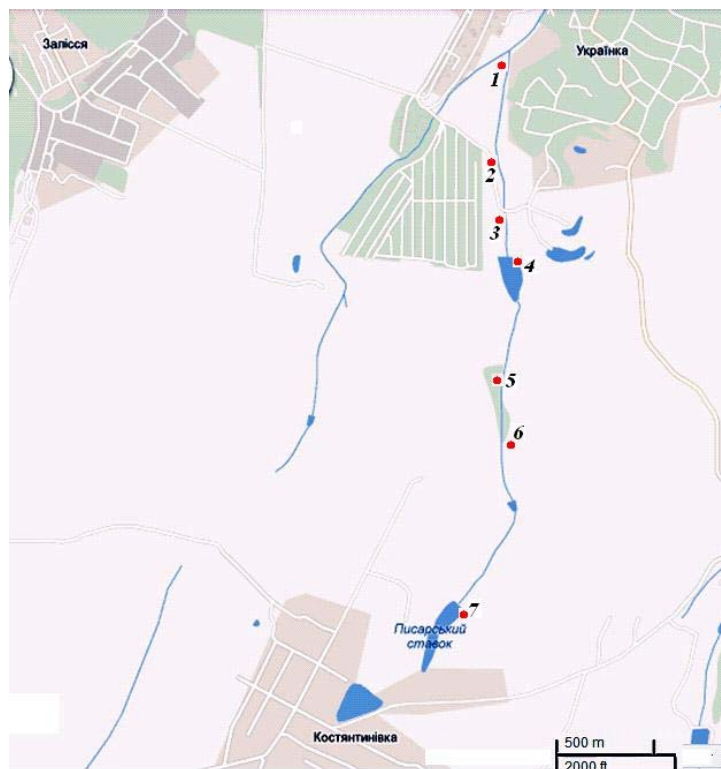


Рис.5. Пункты отбора проб

Анализ данных по основным химическим показателям воды ручья Курцы (от с. Константиновка до с. Украинка, (рис. 5) обнаружил 10 кратное превышение ПДК значений ХПК в воде и позволил установить следующие закономерности:

- превышение интегрального количества восстановителей непосредственно связано с хозяйственной деятельностью в районе ручья (зоны отдыха, пастбища, ферма);
- установлена корреляция значения химического потребления кислорода (ХПК), оценивающего интегральное содержание восстановителей различной (органической и неорганической) природы, со скоростью течения воды. Обнаружено, что с увеличением скорости течения происходит симбатное снижение значения ХПК, что указывает на увеличение самоочищающей способности воды;
- обнаружена корреляция значения ХПК и редокс потенциала воды, что является эмпирическим доказательством реализации рассчитанной окислительно-восстановительной модели;
- обнаружено механохимическое влияние скорости течения на скорость снижения ХПК.

Экспериментальный блок включает и полевые работы обследования прибрежных и водных биоценозов. Особую роль в стимуляции процессов самоочищения играет комплекс водоохранного обустройства – природный фитомелиоративный барьер. Прибрежно-водная растительность – «биофильтр» способствует переводу поверхностного стока в подземный; частично задерживает и осаждаёт минеральные и органические загрязнители, оказывает комплексное благотворное влияние на качество воды и воздушный режим прибрежной зоны водоемов и водотоков.

Процедуры оценки эффективности действия фильтрующих барьеров вокруг водоема – накопителя, произведенной авторами согласно представлениям геоботаников [8, 9] приведены в табл. 2.



Рис. 6 .Фитомелиоративный барьер из рогоза тонкого у водоема – накопителя.
 → – ручей Курцы в первом продольном понижении Внутренней гряды Крымских гор

Таблица 2.
Структура классификатора инвентаризации состояния комплексов прибрежно-водной растительности и оценка эффективности действия фильтрующего барьера

Эффективность действия фильтрующего барьера прибрежно-водной растительности	
Характеристики	Периодичность наблюдений и отбора проб
Общее проективное покрытие Густота фитоценоза (количество побегов на единицу площади), Фенологическое состояние растений	Ежемесячно в весенне-летний полевой сезон
Форма и величина листьев и общей поверхностью растений	Ежемесячно в весенне-летний полевой сезон
Наличие у растений водных корней	Ежемесячно в весенне-летний полевой сезон
Наличие слизи на поверхности растений	В различные гидрометеорологические ситуации – в половодье, в межень, в межень, прерываемую паводками, снеготаяние и т.д.
Соотношение площадей растительности прибрежной и аквальной частях	Ежемесячно в весенне-летний полевой сезон
Скорости течения в зоне зарослей	В различные гидрометеорологические ситуации – в половодье, в межень, в межень, прерываемую паводками, снеготаяние и т.д.
Наличие животных – фильтраторов	Ежемесячно в весенне-летний полевой сезон

Наиболее типичные для Крыма заросли рогоза узколистного вокруг водоема-накопителя в устье ручья Курцы выполняют важнейшие функции:

- фильтрационную (способствуют оседанию взвешенных веществ);
- поглотительную (поглощение биогенных элементов и некоторых органических веществ);
- накопительную (способность накапливать некоторые металлы и органические вещества, которые трудно разлагаются);
- окислительную (в процессе фотосинтеза вода обогащается кислородом);
- детоксикационную (растения способны накапливать токсичные вещества и преобразовывать их в нетоксичные).

Состав и динамика загрязнителей вод во многом определяются территориальной структурой землепользования и сезонностью и ритмикой хозяйственной деятельности. Вследствие этого **карта землепользования (реального использования земель)** должна составляться для разных иерархических территориальных уровней – например, от бассейна Симферопольского водохранилища (рис. 7, 3) до бассейнов малых водоемов

(включая пруды) и суббассейнов притоков. В ее основу должны быть положены материалы по обследованию территории водосборов и ее хозяйственному использованию, а так же информация об антропогенной нагрузке и использованию земельных участков, прилегающих к водному объекту, полученная при дешифрировании космических снимков.

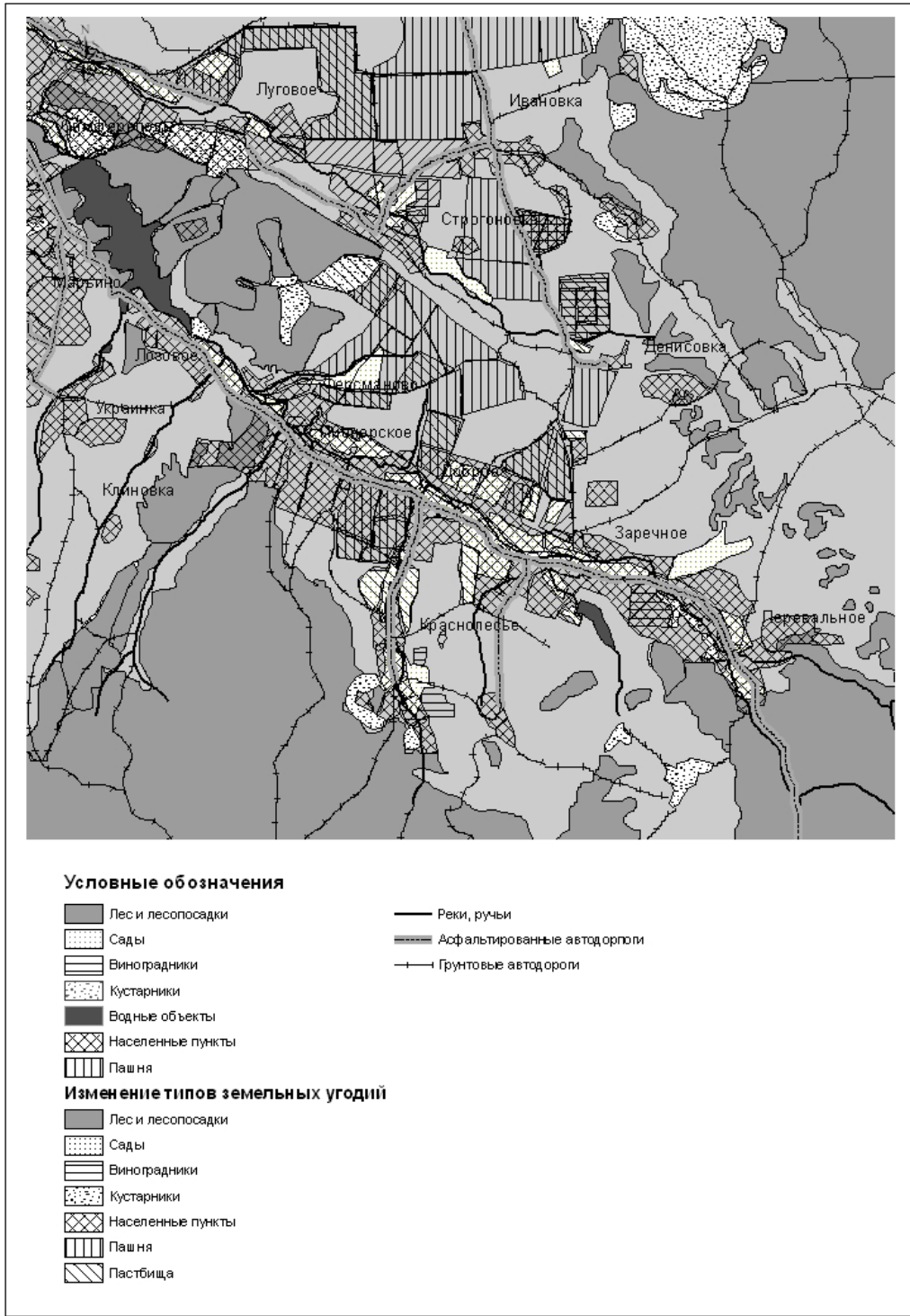


Рис. 7. Структура землепользования на территории водосборного бассейна Симферопольского водохранилища в 2009 г. [2]

На рис. 7 – показана структура землепользования – размещение пашни, селитебных зон, лугов, сенокосов, залесенных участков, карьеров и т.д. Карта структуры землепользования – базовая карта для функционального зонирования территории. Она составляется в целях анализа территориальной и природно-хозяйственной структуры землепользования, распределения земельного фонда между землепользователями. Анкетирование и опрос местных жителей, фермеров, руководителей-администраторов на предмет личной оценки ценности различных угодий, примыкающие к водным объектам, по продуктивности и их значению для хозяйствования, поможет разработке прогнозных сценариев и объективной оценке прогнозного состояния ландшафтов водосборов. И, соответственно, разработке детальных схем обустройства водосборов модельных водоемов и водотоков, обоснования практических решений технологических и биоинженерных способов достижения стабильного состояния водных объектов, как элементов природных ландшафтов с поэтапным внедрением средообразующих мероприятий в комплексе с расчетом доз бентонитовой суспензии.

В пределах суббассейнов на основе ландшафтного картографирования и дешифровке космоснимков производится детальное изучение антропогенной нагрузки с выделением

- размещение пашни, селитебных зон, лугов, сенокосов, залесенных участков, карьеров;
- размещение складов ядохимикатов, минеральных удобрений и горюче-смазочных материалов,
- складирование навоза и мусора;
- размещение автозаправочных станций;
- выпас и организация летних выпасов домашних животных;
- размещение дачных и садово-огородных участков;
- размещение дачных и садово-огородных участков;
- дорожно-транспортная сеть.

По результатам функционального зонирования не исключена возможность постановки вопроса об увеличении ширины водозащитной зоны за счет включения эродированных, оползнеопасных или закарстованных земель, выходов скальных пород, оползней и др. На основе инвентаризационных работ, ландшафтного картографирования и характеристики ландшафтных выделов могут быть рекомендованы:

- проведение мероприятий, противодействующих загрязнению (сосредоточенных и рассеянных загрязнений), засорению и истощению вод;
- создание растительных «каркасов» прибрежной водоохранной полосы;
- создание фитомелиоративных барьеров на основе внедрения фиторемедиационных технологий;
- выделение зон ограниченной доступности в условиях сложившейся территориальной структуры различных типов землепользования.

Таким образом, целесообразно различать внешние и внутренние факторы загрязнения и самоочищения водоема. Классификация факторов загрязнения и самоочищения представлена на рис 8.

Важный блок инжиниринга – **химические способы интенсификации внутриводоемных процессов самоочищения.**

Для создания таких технологий необходимо всестороннее изучение процесса искусственной стимуляции самоочищения: физико-химическое, гидродинамическое, микробиологическое и др., а также разработка феноменологических и математических моделей процесса самоочищения в условиях антропогенной нагрузки. В основу моделирования внутриводоемных процессов закладывается окислительно-восстановительная модель воды и механохимические факторы формирования дополнительных окислителей.

Вольтамперными методами установлена возможность механохимического образования пероксида водорода в воде. В природных условиях подобные окислительные потенциалы среды способны обеспечить минералы, содержащие алюмосиликатные структуры и ионы переменной валентности.

Благодаря этому возможен природный электрохимический процесс самоочищения водоема, протекающий по реакции: $O_2(p) + 2H^+ + 2e(сольв.) \rightarrow H_2O_2(aq)$, для которой $E_{ст} = 0,6824 \text{ В}$.

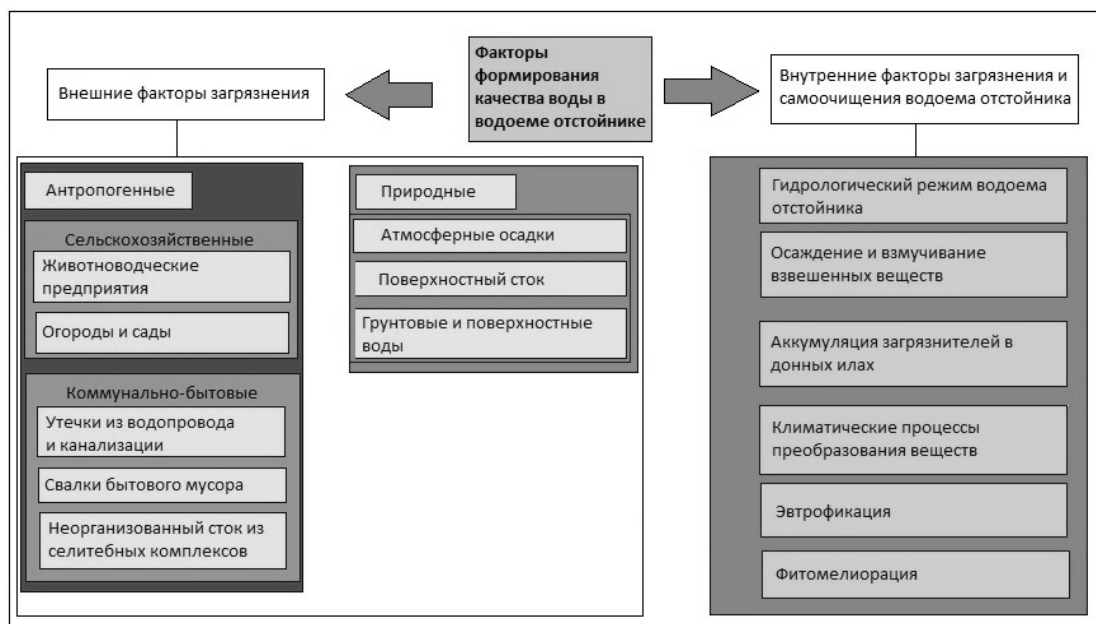


Рис. 8. Внешние и внутренние факторы загрязнения и самоочищения водоемf

Основная доля процессов самоочищения водоема протекает на границе раздела вода – минералы, где происходит диссоциативная хемосорбция кислорода с образованием перекисных соединений, способных в дальнейшем окислять органические загрязнения. Роль минералов сводится к оптимизации протонно-электронных переходов в сумме редокс - реакций. В подавляющем большинстве редокс- процессы протекают при участии природных алюмосиликатов. Эти минералы обладают двумя уникальными особенностями: бислойной кристаллической структурой, способной к набуханию, и включениями слабосвязанных ионов металлов переменной валентности, способных к обмену электрона в воде. Сравнительный анализ составляющих импеданса для классических разбавленных электролитов и увлажненных бентонитов показал, что при появлении воды в результате гидролитических процессов увеличивается количество носителей заряда, что сказывается на изменении электрических свойств исследуемом образце. Происходит исчезновение диэлектрических свойств и появление проводящих. При введении в воду суспензии слоистого алюмосиликата, способного демпфировать дополнительный электрон или протон в структуре, наблюдалось смещение стационарных потенциалов в анодную сторону с одновременным возрастанием предельных анодных токов (рис. 9). Это подтверждает повышение концентрации механохимически генерируемого $H_2 O_2$.

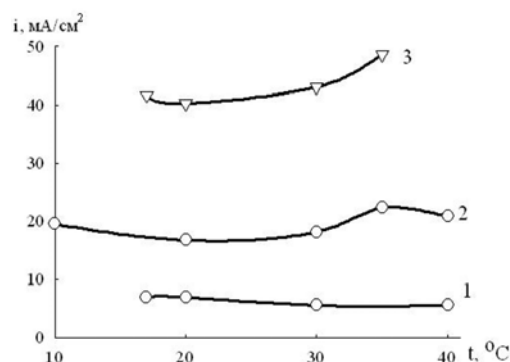


Рис. 9. Зависимость предельных токов генерации активных форм кислорода в различных системах от температуры. 1 – дистиллированная вода, 2 – 0.5% суспензия алюмосиликата, 3 – 0.5% суспензия модифицированного алюмосиликата

Исходя из этого, низкоконцентрированные суспензии подобных минералов могут эффективно использоваться в стимулировании самоочищения природных водоемов, а внедрение средообразующих технологий, направленных на усиление механохимической активации ускорит самоочистительную способность проточных (речных) систем.

Расчет доз мелиоранта – суспензии на основе бентонита производится в зависимости от степени загрязнения водных объектов. В состав суспензии вводится фотокатализатор окислительных (самоочищающих) процессов. Скорость реакции окисления находится в зависимости от концентрации этого катализатора. Чем выше степень загрязнения водного объекта, тем больше суспензии потребуется.

Согласно исследованиям произведенным исследованиям, в приустьевой части р Курцы необходимо внедрение комплекса экологически щадящих мероприятий – фитормелиораций и внесение бентонитовых глин или смеси бентонитовых глин с ракушечником в виде суспензий с концентрациями не превышающими 0,1 %. Внесение суспензии должно проводиться в местах максимального значения химического потребления кислорода (ХПК) для ускорения процессов деэвтрофирования.

Подбор травосмеси должен опираться на местные, характерные данной зоне, виды растений. В качестве такого рода фитормелиорантов, в зависимости от особенностей ландшафтной структуры приводных территорий, использовать рогоз тонкий, тростник южный, тимофеевку луговую, пырей бескорневищный, мятлик луговой и сплюснутый, кострец безостый, овсяницу красную, тростник южный, люпин. Травосмесь лучше составлять из двух, трех и более видов. Далее необходимо обеспечить хорошее задернение территории путем посадки дернообразующих трав (люцерна желтая, житняк гребенчатый). Состав фитормелиорантов и норм их посева приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Мероприятия биологической рекультивации прибрежной водосборной территории р. Курцы

Урочище	Средообразующие мероприятия	Приемы биологической рекультивации
Гряды межложинные узкие короткие	Землевание	Выравнивание и планировка поверхности
	Залужение	Укрепление эрозионно опасных берегов посевом люцерны желтой, житняка гребенч. из расчета 25 кг/га
Днище сухоречья	Фиторемедиации	Уменьшение загрязняющих веществ посевом рогоза тонкого и тростника южного из расчета 25–30 кг/га
Балки слабоврезанные узкие	Землевание	Нанесение почвенного покрова
	Фиторемедиации	Уменьшение загрязняющих веществ посевом тростника южного из расчета 25–30 кг/га
Балки глубоковрезанные узкие	Сидерация	На участках с песчаным покровом посев полосняка приморского, горчицы морской, морской капусты, синеголовника приморского

Предлагаемые методы не нарушают природную среду, поскольку не предусматривается строительство технических сооружений, изменение режима водных объектов. Доступные надежные, эффективные и дешевые способы очистки и восстановления водоемов основаны на применении широко распространенных в Крыму бентонитовых глин.

Разрабатываемые экотехнологии – надежный способ улучшения качества воды в природных водоемах преодоления глобального водного кризиса.

Механизм стимуляции самоочищения водных объектов действует в рамках природных процессов и усиливает последние. Доступные надежные, эффективные и дешевые способы очистки и восстановления водоемов основаны на применении широко распространенных бентонитовых глин и природных минералов

Расчет эффективности внедрения экологически сбалансированных водоохраных способов проведен для ручья Курцы, впадающего в Симферопольское водохранилище на южной окраине Симферополя в районе села Лозовое. Произведен подсчет скорости

оседания твердых частиц в пруде-отстойнике, что дает основание говорить о возможности в несколько раз уменьшить поступление загрязняющих веществ данного ручья в водохранилище.

Стоимость внедрения разрабатываемых экотехнологий (в зависимости от загрязнения вод, в том числе, токсическими веществами, объемов отстойников и водохранилища, дигрессии ландшафтов водосборов) по предварительным расчетам составляет от 50 до 200 тыс. гривен, что на 1-2 порядка ниже стоимости гидротехнических сооружений (например, ливнеограждающих каналов).

Разработка и внедрение инжиниринга - не одномоментный акт, а последовательные действия, охватывающие процедуры поэтапного внедрения щадящих средообразующих технологий, не требующих применения значительных объемов материальных затрат и денежных средств и успешно сочетающих экологические и экономические аспекты, носящие социально-экономическую значимость. Программа действий включает не только разработку мероприятий по управлению процессами загрязнения и самоочищения водоемов. Прогноз и оценка прогнозного состояния вод и водосборных ландшафтов, определение эффективности конкретных способов управления проектирование превентивных, предупредительных мероприятий, целенаправленное создание антропогенных ландшафтов.

Выводы

Использование **геоэкологических технологий в реализация проекта** позволит применить приемы и мероприятия, не требующие затрат на капитальное строительство, проводимых без вмешательства в существующие экосистемы и не требующие привлечения крупных человеческих и технических ресурсов. Разработка средообразующих и средоохранных мероприятий водозаборных территорий включает правильный подбор растительных группировок для залужения, ландшафтное обоснование создания лесополос, фитомелиоративных барьеров, биокоридоров, биоплато, выделение зон ограниченной доступности.

Наиболее важным элементом содержательной стороны инжиниринга является возможность человека регулировать или контролировать водоохранные мероприятия.

Предлагаемые способы связаны с общественными потребностями и является социально необходимым видом общественной деятельности.

Обустройство приводных ландшафтов различной степени дигрессии служит целям оптимального преобразования ландшафтов и использования их естественных ресурсов и конструирования оптимальной структурно-функциональной организации региона.

как спроектированное изменение естественных и социальных функций ландшафтов с целью управляемой оптимизации условий жизни в регионе, рационального использования его ресурсов. Разработанная система позволит решить не только проблему защиты водных объектов, но и восстановления многих водоемов, деградированных под влиянием хозяйственной деятельности.

Таким образом, решается задача разработки процедуры поэтапного внедрения щадящих средообразующих технологий, не требующих применения значительных объемов материальных затрат и денежных средств и успешно сочетающих экологические и экономические аспекты, носящие социально-экономическую значимость. Проект представляет собой экономически привлекательную альтернативу дорогостоящим техническим береговым сооружениям.

Оздоровление окружающей среды на водосборах, внедрение технологий, способствующих очистке и восстановлению поверхностных вод - основа спасения водных ресурсов Крыма и перехода региона к устойчивому развитию.

Литература

1. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста / Ред. колл. А. Л. Яншин, С. Р. Микулинский, И. И. Мочалов; сост. М. С. Бастракова и др. – М. : Наука, 1988. – 520 с
2. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке – начале XXI века / Под редакцией В. А.Бокова. – Симферополь : Доля, 2010, - 304 с.

3. Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация / Под редакцией В. А. Бокова. – Симферополь : Крымский научный центр, 2011. – 193 с.
4. Оценка экологических ущербов и рисков: [Учебное пособие для студентов экологических специальностей] / В. А. Боков, Л. А. Багрова, А. С. Тихонов, В. О. Смирнов. – Симферополь : Доля, 2011. – 260 с.
5. Pershina K. D. Aluminosilicate Conductivity at the Presence of Water / K. D. Pershina, N. A. Karpushin, K. A. Kazdobin // Surface Engineering and Applied Electrochemistry – 2010. – №. 4. – P. 339 – 347.
6. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. – М.: Высшая школа, 2003. – С. 270 с.
7. Поверхностные водные объекты Крыма (справочник) // Сост. Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З. В., Мустафаева З. Р. / Под ред. к.г.н. З. В. Тимченко. – Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. – 113 с.
8. Кокин К. А. Экология высших водных растений / К. А. Кокин – М. : изд-во МГУ, 1982. – 210 с.
9. Кроткевич П. Г. Роль растений в охране водоемов / П. Г. Кроткевич – М. : Знание, 1982. – 64 с.

Анотація. *В. О. Боков, Л. М. Соцкова, К. Д. Першина Розробка екологічно збалансованих способів захисту і відновлення водних об'єктів Криму – ключ до сталого розвитку регіону.* Розробка екологічно збалансованих способів захисту і відновлення водних об'єктів Криму – ключ до стійкого розвитку регіону

Вирішується проблема розробки екологічно збалансованих способів захисту і відновлення водних об'єктів. Уперше розробляються взаємопов'язані і взаємодоповнюючі способи хімічної інтенсифікації внутриводоймних процесів самоочищення і комплекс водозахисного облаштування водозбірних територій. Пропонуються практичні рішення організаційно-господарського і середообразуючого типу на базі ландшафтного і геоекологічного підходів з використанням ГИС-технологій. Збільшення об'ємів чистої прісної води внаслідок впровадження екотехнологій, що розробляються, – надійний спосіб подолання водної кризи, поліпшення якості життя населення і переходу регіону до стійкого розвитку.

Ключові слова: відновлення водних об'єктів, ландшафт, водозбірний басейн, бентонітова суспензія, сталий розвиток

Abstract. *V. A. Bokov, L. M. Sotckova, K. D. Pershina The development of environmentally sustainable ways of protection and restoration of water objects of Crimea – the key to sustainable development of the region.* The problem of designing an environmentally balanced ways to protect and restore water bodies is worked out. The related and complementary methods of chemical intensification of the intrabasins self-cleaning processes and waterimmunity arrangements complex of the catchment territories are developed for the first time. Practical solutions of the organizationally-economic and an environmental formation types based on landscape and geoenvironmental approaches with using GIS-technologies are offered. Increase the volumes of clean fresh water due to the introduction of environmental technologies is a reliable way to overcome the water crisis, improving the quality of people life in the region and the passing of the region to the sustainable development

Keywords: restoration of water objects, landscape, watershed, bentonite slurry, sustainable development

Поступила в редакцію 18.04.2013