

УДК 556.52(282.255.2)

*Рузиев И.Б., к.т.н.*

*Ведущий специалист НИЦ МКВК, Ташкент, Узбекистан*

*Долидудко А.И., PhD*

*Ведущий специалист НИЦ МКВК, Ташкент, Узбекистан*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КДВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

*Аннотация.* В статье рассмотрены экологические аспекты повторного использования коллекторно-дренажных вод (КДВ) в сельском хозяйстве как дополнительного источника водных ресурсов в условиях нарастающего водного дефицита в странах Центральной Азии. Проведен анализ формирования и использования возвратных вод в бассейне Аральского моря, а также рассмотрены экологические последствия их сброса и повторного вовлечения в водохозяйственный оборот. Особое внимание уделено проблемам загрязнения КДВ пестицидами, биогенными элементами и минеральными солями, поступающими с орошаемых земель. Представлены результаты лабораторных и натурных исследований по очистке коллекторно-дренажных вод с использованием водных макрофитов (гиацинт, пистия, тростник и др.). Показана высокая эффективность гидрботанического метода очистки, позволяющего существенно снизить концентрацию хлорорганических пестицидов и других загрязняющих веществ. Обоснована целесообразность применения биоплато и биоинженерных сооружений для улучшения качества дренажных вод и их последующего использования в орошении.

*Ключевые слова.* Коллекторно-дренажные воды, возвратные воды, повторное использование воды, гидрботаническая очистка, водные

макрофиты, пестициды, качество воды, орошение, водные ресурсы, Центральная Азия.

**Abstract.** *The article examines the environmental aspects of the reuse of collector-drainage water (CDW) in agriculture as an additional source of water resources under conditions of increasing water scarcity in Central Asia. An analysis of the formation and use of return waters in the Aral Sea basin is presented, as well as the environmental consequences of their discharge and repeated involvement in water management. Particular attention is paid to the problems of contamination of CDW with pesticides, nutrients, and mineral salts originating from irrigated lands. The paper presents the results of laboratory and field studies on the treatment of collector-drainage water using aquatic macrophytes (water hyacinth, pistia, reed, etc.). The high efficiency of the hydrobotanical treatment method is demonstrated, allowing a significant reduction in the concentration of organochlorine pesticides and other pollutants. The feasibility of using bioplato systems and bioengineering structures to improve the quality of drainage water and enable its subsequent reuse for irrigation is substantiated.*

**Keywords.** *Collector-drainage water, return water, water reuse, hydrobotanical treatment, aquatic macrophytes, pesticides, water quality, irrigation, water resources, Central Asia.*

**Введение.** Проблема сохранения водных ресурсов нашей планеты с каждым годом становится все более острой. Развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, расширение площадей орошаемого земледелия – все это увеличивает потребность определенных природных ресурсов в данном случае водных ресурсов, особенно в условиях Центральной Азии и имеющим место, их нерациональным использованием, а также возросшим антропогенным воздействием, требуется введение определенных корректировок в разрабатываемые комплексные и отраслевые схемы развития региона с перестановкой

акцентов с освоения новых земель на реконструкцию оросительных систем и проведение комплекса водосберегающих мероприятий. В этой связи, одним из резервов пополнения дефицита водных ресурсов является повторное использование возвратных вод формирующихся в основном сельскохозяйственном секторе и частично в промышленности, а также коммунально-бытовых.

Возвратные воды, представляющие собой сумму сельскохозяйственных стоков и сточных вод от промкомбыта, составляют величину около 45,87 км<sup>3</sup>/год или 40% от величины естественного речного стока в регионе. Это огромный запас воды для пополнения дефицита водных ресурсов в бассейне Аральского моря. Сточные воды промкомбыта в этой величине составляют всего лишь 6,9%. Остальная часть – это стоки из сельскохозяйственного сектора который равен 42,7 км<sup>3</sup>/год или более 40% от величины водозабора на орошение. Сегодня они используются повторно лишь в объеме, равным 13% от формируемого объема, в т. ч. в бассейне Сырдарьи они используются более широко – 23,7%, в бассейне Амударьи менее – около 8%. Наиболее интенсивно по абсолютной величине возвратные воды используются в Узбекистане – 4,9 км<sup>3</sup>, в Киргизстане формируемый возвратный сток используется полностью – 68 млн. м<sup>3</sup>. Около половина всех возвратных вод (23,5 км<sup>3</sup>) отводится в реки, причем соотношение это приблизительно одинаково в обоих речных бассейнах. В понижения отводится около 16,4 км<sup>3</sup> возвратных вод, в том числе в бассейне Амударьи – 13,6 км<sup>3</sup>, в бассейне Сырдарьи – 2,8 км<sup>3</sup>. [1]

Как явствует из вышеперечисленных данных по объему возвратных вод, наиболее значительной является величина стоков из сельскохозяйственных секторов. В ретроспективе динамики этой величины имеется ярко выраженный временный тренд, определяемый повышением использования земель под орошением на фоне интенсивного строительства дренажа. Однако в настоящее время произошло стабилизация в процессе

формирования сельхозстоков из-за снижения темпов строительства нового дренажа, а также снижения работоспособности старого дренажа.

В перспективе следует ожидать, что даже при реконструкции существующих дренажных систем и развитии новых, сельскохозяйственный сток будет сокращаться. Это будет происходить под влиянием внедрения водо-сберегающих технологии полива и сокращения оросительных норм. Тем не менее, необходимо отметить, что величина сельскохозяйственного стока неодинаково в годы различной водообеспеченности при прочих равных условиях. Так, анализ показывает, что в целом по региону их величина колебалась от 45,5 км<sup>3</sup>- в многоводные годы до 39 км<sup>3</sup> – в маловодные годы. Поэтому в ближайшие 10-15 лет следует ожидать, что суммарный объем возвратных вод в бассейне Аральского моря будет оставаться на одном уровне, т.е. будет колебаться в пределах 42...48 км<sup>3</sup>/год. [2]

Центральная Азия являются зоной интенсивного развития орошения и применения высоких доз удобрений. Внесение больших количеств удобрительных туков связано, в первую очередь, с тем, что в Узбекистане за счет применения минеральных удобрений получают до 50% урожая хлопка-сырца. Так, если по бывшему СССР, согласно данным ЦИНАС, в среднем на гектар пашни приходится по 30 кг удобрений, то в Центральной Азии вносится до 480 кг/га туков. Также ядохимикатов, если в среднем по СССР на 1 га. использовался до 2 кг/га. то только по Республики Узбекистан эти цифры достигали до 55 кг/га. Поэтому до сих пор в наших почвах сохраняются огромные количества этих ядохимикатов, так что мы еще долго будем ощущать присутствии этих ядохимикатов. На выездном 22 пленарном заседании 16 декабря 2021 года Сената Олий Мажлиса состоявшейся в Джизакской области Хоким области Эргаш Солиев сообщил, что ситуация с экосистемой озёр намного хуже озвученной сенаторами и замглавы Госкомэкологии. По его словам, в

советское время в пустынных местностях, в Джизакской и Сырдарьинской областях использовались пестициды в больших объёмах.

«Эти пестициды остались в земле, и при вымывании солей эти пестициды попадают в Айдар-Арнасайскую систему озёр через коллекторы. Недавно при анализе выяснилось, что вредные пески, вредные вещества выявляются в деревьях Ташкента. Это тоже причина высыхания деревьев», — заявил он. [3]

Следует отметить, что возвратные воды являются главным источником загрязнения водной среды региона. В стоках из сельскохозяйственного сектора повсеместно преобладают сульфатные, хлоридные и натриевые ионы. В их составе также содержатся ядохимикаты, биогенные элементы, тяжелые металлы и др. загрязняющие компоненты. Установлено, что в коллекторно-дренажный сет с орошаемых полей выносятся в среднем до 25% азота, 5% фосфата и до 4% ядохимикатов от внесенного количества. [4]

Негативные последствия от возврата в ствол рек минерализованных КДВ и вовлечении их в оборот через речную воду на больших территориях орошаемых земель сказывается и на продуктивности последних и водно-экономических показателей. Анализ динамики водно-экономических показателей рассмотренные в сопоставимых ценах 1983 г. на примере пятилеток с 1971 по 1990 гг. показали явную тенденцию снижения продуктивности орошаемых земель во взаимосвязи с ростом минерализации отражающихся в большей степени на водохозяйственных районах, расположенных в средних и нижних течениях рек (М.А.Якубов, 1997). В бассейне Амударьи в среднее течение входят области: Кашкадарьинская, Бухарская, Самаркандская – по Республике Узбекистан, а также Чарджоуская, Марыйская, Ашгабадская (Туркменистан). Здесь вместе с ростом минерализации с 0,52 до 0,86 г/л и ухудшением водно-солевых балансов орошаемого поля идет снижение продуктивности по

всем ВХР в пределах Республики Узбекистан. Стоимость валовой продукции снизилась как на 1 га, так и на 1000 м<sup>3</sup> водозабора. В целом по среднему течению СВП на 1 га снизилась с 2080 до 1580 долларов, то есть на 24 %, а, соответственно, на 1000 м<sup>3</sup> водозабора – с 200. до 140 долларов или на 30 %. Средняя величина потери продуктивности по стоимости валовой продукции в целом по среднему течению, т.е. ущерб при росте минерализации на 0,1 г/л составил 147 долл/га (табл.5.7). В низовьях Амударьи отмечается еще большее снижение продуктивности земель. Из-за ухудшения качества воды и мелиоративного состояния земель урожайность хлопчатника в Хорезмской области снизилась с 37,7 до 36,6 ц/га, в Каракалпакстане с 29,8 до 20,1 ц/га. Осредненный по нижнему течению ущерб орошаемому земледелию из-за роста минерализации воды на каждые 0,1 г/л составил 134 долл/га. Ежегодный ущерб низовьями оценивается в 550 долларов (в ценах 1983 г.). Влияние роста минерализации речной, оросительной воды на снижение урожайности и продуктивности орошаемых земель отмечается и в бассейне р.Сырдарьи, хотя в несколько замедленном темпе, чем в бассейне р.Амударьи. Данные показывают, что тенденция снижения продуктивности отмечается даже в пределах наиболее дренированной территории Ферганской долины, то есть в верхнем течении реки. Здесь по трем областям Республики Узбекистан (Ферганская, Наманганская и Андижанская) средняя урожайность хлопчатника снизилась с 30,3 ц/га (1976-1980 гг.) до 28,1 ц/га при незначительном снижении удельного водозабора с 14,5 до 14,0 тыс. м<sup>3</sup>/га. За это время минерализация оросительной воды увеличилась с 0,35 до 0,5 г/л, из-за чего произошло также снижение стоимости валовой продукции с 2104 до 1870 долларов на 1 га. Средняя величина потерь продуктивности в целом по верхнему течению при росте минерализации на 0,1 г/л составила 158 долл/га. В среднем течении реки Сырдарьи, где минерализация речного стока повысилась до 1,2-1,25 г/л, а оросительной воды до 1,4-1,5

г/л, ухудшение мелиоративного состояния и темпы потерь продуктивности происходят интенсивнее. Урожайность хлопчатника здесь снизилась с 25,1 ц/га в 1976-1980 гг. до 22,7 ц/га в 1986-1990 гг. Снижение стоимости валовой продукции составило от 1438 до 1282 долл/га. Ущерб стоимости валовой продукции при росте минерализации воды на 0,1 га в целом по среднему течению составил 71 долл/га по сравнению с 1976-1980 гг. 66 При сопоставлении с ВХР верхнего течения, где стоимость валовой продукции за последние годы оставляет 1867 долл/га продуктивность ВХР среднего течения в 1986-1990 гг.отстает (СВП – 1281 долл/га на 585 долл/га. [5]

Проблемой по использованию Беспалов Н.Ф.-1984 г., Безднина С.Я. 1983 г., Бехбудов А.К. 1973г., Глухова Т.П., Стрельникова Г.А., 1983 г., Духовный В.А., Якубов Х.Э. 1995г., Ибрагимов Г.А.1973г., Икрамов Р.К. 2002 г., Минашина Н.Г. 1974г., Полинов С.А. и др. 1990 г., Рахимбаев Ф.М., Ибрагимов Г.А. 1978 г., Усманов А.У. 1968г., Чембарисов Э.И. и ряд других ученых. В основном эти авторы рекомендовали использовать после их обеззараживания от токсичных солей и других загрязнителей (ядохимикатов), которые влияют на качества культуры и снижение урожая сельскохозяйственных культур. В условиях нарастающего водного дефицита в среднеазиатском регионе одним из резервов пополнения водных ресурсов является повторное использование коллекторно-дренажных вод (КДВ), формирующихся в орошаемой зоне. Повторное использование КДВ с обязательным учетом их количества, качества и изменения гидрохимического режима коллекторов имеет важное значение не только сейчас, но и в будущем как дополнительный источник орошения. Поэтому вопросы, связанные с прогнозом динамики стока и загрязнения КДВ с процессами их самоочищения в озерах, солеприемниках и на транзитных участках коллекторов, выбора технологии гидробиотической очистки сельскохозяйственных стоков от

наиболее стойких и токсичных пестицидов и других загрязнителей, становятся в настоящее время наиболее актуальными для центрально-азиатского региона.

С другой стороны, высокие дозы внесения агрохимикатов связаны с несоблюдением ротации сельскохозяйственных культур, когда преимущество отдается монокультуре хлопчатника, что ведет к истощению плодородия почвы и уменьшению числа полезных микроорганизмов в орошаемых почвах. Хорошо известно, что продуктивно усваиваются растениями лишь 35...40% внесенного азота и 15...20% фосфора. Остальное количество переходит в трудно усвояемые растениями формы, мигрируют с водой по почвенному профилю, попадает в грунтовые и подземные воды и, в конечном итоге, в реки. При отсутствии специальных водо-охраных мероприятий с орошаемых полей коллекторно-дренажным стоком выносятся до 25% азота и 5% фосфора от вносимого количества. Особенно большую опасность представляет собой вынос ядохимикатов с орошаемых земель, который, по данным ВНИИВО, составляет в среднем 14%, достигая в отдельных случаях 15...30%. Для сравнения: вынос ядохимикатов с неорошаемых площадей в среднем не превышает 1%. [7]

В условиях нарастающего водного дефицита в среднеазиатском регионе одним из резервов пополнения водных ресурсов является повторное использование коллекторно-дренажных вод (КДВ), формирующихся в орошаемой зоне. Повторное использование КДВ с обязательным учетом их количества, качества и изменения гидрохимического режима коллекторов имеет важное значение не только сейчас, но и в будущем как дополнительный источник орошения.

**Результаты исследования.** Улучшение качества КДВ методом биологической очистки с целью использования их как дополнительный источник для орошения сельскохозяйственных культур имеет важное

значение в экономике народного хозяйства Средней Азии, особенно в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов.

В этой связи использование КДВ возможно, с одной стороны лишь при систематическом контроле за степенью и видом загрязнения. С другой стороны, назрела необходимость в разработке эффективных технологий очистки этих вод от различных загрязнителей.

В настоящее время для очистки воды апробированы и применяются многие физико-технические, механические и биологические методы. Одним из наиболее эффективных методов очистки сельскохозяйственных стоков и коллекторно-дренажных вод от многих видов пестицидов и биогенных элементов является использование биологических методов, основанных на применении высших водных растений в биоплато (в биологических прудах) и биоинженерных сооружениях. Этот метод привлекает внимание исследователей и практических работников очистных служб своей дешевизной в сравнении с другими существующими методами физико-химической очистки. Так, если стоимость очистки существующими методами варьирует в пределах 1,6... 5,0 коп./м<sup>3</sup>, то ориентировочная стоимость проведения биологической очистки коллекторно-дренажных вод от загрязнения веществ составит по данным ВНИИВО 300...500 руб/км<sup>3</sup>. [5]

Современные методы биологической очистки сточных вод, основанные на применении бактерий, водорослей и высших водных растений пока еще не нашли какого-либо применения в народном хозяйстве, что связано в первую очередь с недостаточной изученностью роли растений и водных культур в биологической очистке сточных вод. К тому же плохо изучены экологические способности и методы культивирования этих культур в условиях загрязненных вод.

Роль высших водных и прибрежных растений в очистке сельскохозяйственных стоков как и их влияние на режим водотоков в

различных водоемах неодинаковы. В оросительных каналах эти растения укрепляют берега и препятствуют их размыванию, тогда как в открытых дренах и коллекторах они способствуют заилению и заболачиванию. В рыбоводных прудах и водохранилищах многие из видов водных растений являются прекрасным кормом для многих водных животных и рыб. За рубежом в основном занимался институт Гидробиология АН (Мережко А.И. и др.) Украины.

В Узбекистане биологическими методами очистки сточных вод с применением водных культур занимаются многие научно-исследовательские организации, среди которых необходимо в первую очередь отметить институт ботаники АН УзССР, институт микробиологии АН УзССР, САНИИРИ, Ташкентский филиал ВОДГЕО и ВНПО "Прогресс".

Следует отметить, что все вышперечисленные исследователи проводили свои эксперименты в лабораторных условиях, рассчитанные лишь на малые расходы воды. Широкого распространения на производстве эти методы пока еще не получили.

Для изучения активности очистки коллекторно-дренажных вод от пестицидов и других химических загрязнений с использованием макрофитов нами проводились исследования по определению содержания ХОП (ДДТ и его метаболитов,  $\alpha$ - и  $\beta$ -ГХЦГ) в воде, донных отложениях, гидробионтах, высших водных растениях крупных магистральных коллекторов среднего течения Сырдарьи (ГПК-420, ЦГК, Восточный и др.) и среднего и нижнего течения Амударьи: Южного (Каршинская степь), Главного Бухарского, Озерного коллекторов, КС-1, КС-3, КС-4, ГКК (ККАССР). Систематически изучались вопросы самоочищения коллекторно-дренажных вод от персистентных пестицидов при прохождении этих вод транзитом через мелководные озера Акчакуль

(юг ККАССР), Шоркуль (Хорезмская область), Соленое (Бухарская область) и другие водоемы.(5)

Последние годы проводились исследования (в лабораторных и полевых условиях) по детоксикации пестицидов с использованием различных макрофитов, микроводорослей и микроорганизмов, развивающихся в биоценозе водоема.

Исследуемый способ очистки КДВ от пестицидов основан на способности некоторых видов макрофитов интенсифицировать в водоемах процесс биохимического окисления веществ.

Эксперименты по разработке технологии гидрботанической очистке и определению степени детоксикации ГХЦГ с использованием высших водных растений проводили в лабораторных условиях.

Для опытов использовали сосуды - круглые аквариумы емкостью 20 л.

В качестве поглотителей применяли типичные водные растения: гиацинт, пистию, тростник и ежеголовник. Рабочую среду готовили следующим образом: в аквариум наливали по 9 л водопроводной воды с добавкой 1 л вытяжки из овечьего фекалия (из расчета 3 д/л). В результате получили жидкость густокоричневого цвета. В последующем, согласно варианта опыта, в эту жидкость добавляли растворенный ГХЦГ обеих модификаций, содержащий примеси ДДЕ и ДДТ. Заложили следующие варианты опыта:

1. 0,5 мг/л ГХЦГ + растения;
2. то же, без растений;
3. 1,0 мг/л ГХЦГ + растения;
4. то же, без растений;
5. 2,0 мг/л ГХЦГ + растения;
6. то же, без растений;
7. 3,0 мг/л ГХЦГ + растения;

8. то же, без растений;

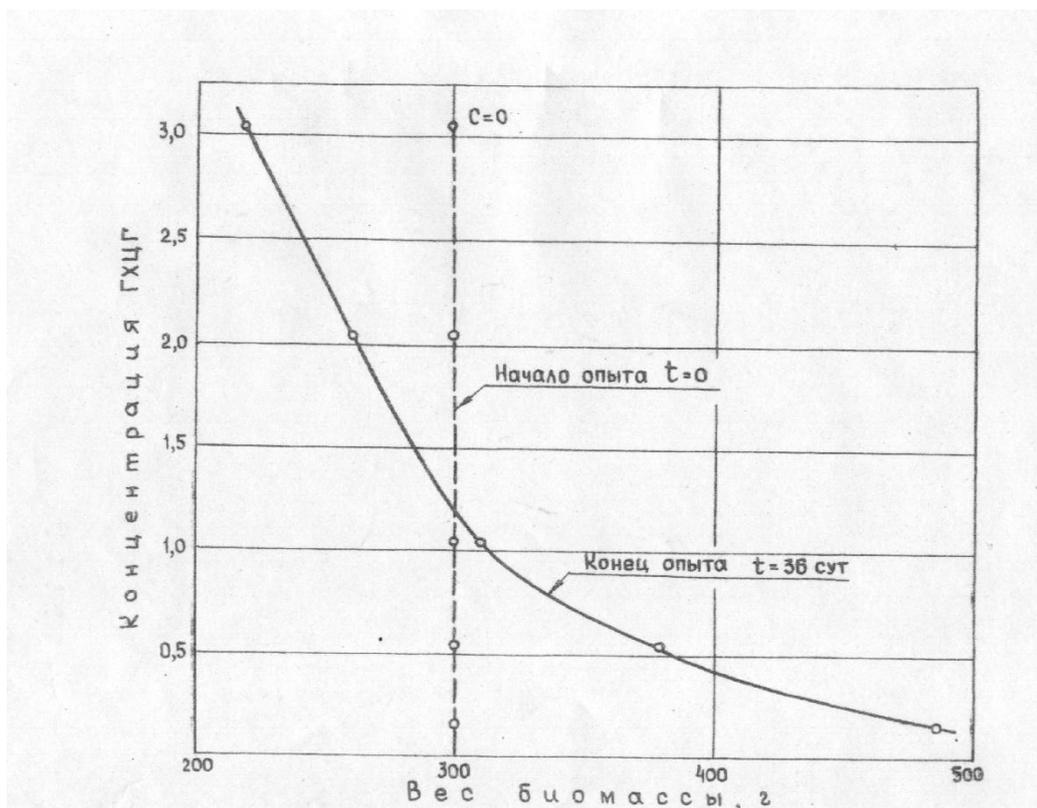
9. исходная для всех вариантов питательная среда из овечьего навоза (3 г/л) без пестицидов - для контроля за приростом биомассы.

Все опытные аквариумы помещали в тепличные условия, где освещенность в дневное время колебалась в пределах 6,5...8,0 тыс.лк. В течение всего опыта регулярно осуществляли фенологические наблюдения за ростом и развитием растений и отбирали пробы на анализ, по следующей схеме: вода - растения.

В зависимости от концентрации гексахлорциклогексана в рабочих растворах визуально наблюдали определенные морфологические изменения в развитии растений. Так, в варианте с концентрацией 3 мг/л ГХЦГ уже через 36 часов на листьях растений появился желтый налет, что указывало на их заведение и общее ухудшение состояния растений. В то же время, уменьшение концентрации ГХЦГ в рабочих растворах до 6,5...1 мг/л не оказало на растения столь губительного воздействия: даже после 240 часов все растения, несмотря на некоторые появившиеся отрицательные признаки, сохранили жизнеспособность.

В вариантах с концентрацией 2 и 3 мг/л ГХЦГ к концу опыта практически половина всех листьев растений пожелтела и высохла.

Изменение биомассы гиацинта в зависимости от концентрации ГХЦГ во времени представлено на рис.3.3.1.1, откуда следует, что с уменьшением концентрации ГХЦГ в питательной среде с 3,0 до 0,5 мг/л вес биомассы растений увеличивается в 2,0...2,5 раза (Рис 1).



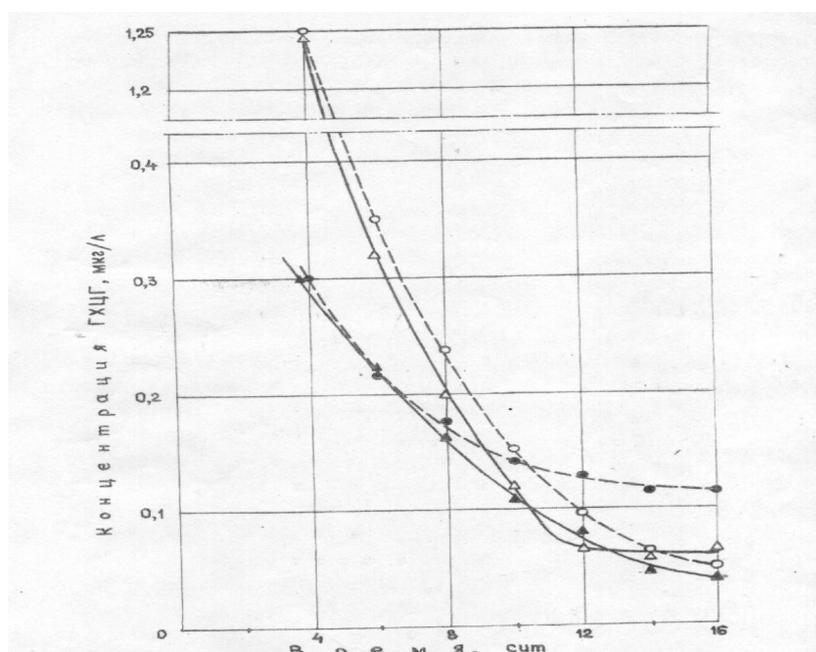
При концентрации 0,5 мг/л к концу опыта (через 10 сут.) содержание  $\alpha$ -ГХЦГ в воде уменьшилось до 0,90 мкг/л, а при 1 и 2 мг/л - соответственно, до 0,28 и 0,70 мкг/л. Максимальное накопление пестицида в растениях в опыте происходило через 7 суток, после внесения препарата и составило при концентрациях 0,5 и 2 мг/л, соответственно, 139 и 143 мг/кг для сухой массы растений 73, 75.

С целью приближения опытов к природным условиям лабораторный эксперимент по технологии гидрботанической очистки провели с коллекторно-дренажными водами коллектора Шурузяк. В исходном состоянии загрязнение воды из коллектора характеризуется следующими показателями (отбор воды выполнен по методике): количество  $\alpha$ -ГХЦГ составило 0,316, а -ГХЦГ - 1,246 мкг/л.

Опыты проводили в прямоугольных аквариумах емкостью 60 л. Исходный вес культуры составлял 400 г на каждый сосуд. В качестве контроля для сравнения очистного эффекта водного гиацинта каждому

опытному варианту соответствовал контрольный, также заполненный коллекторно-дренажной водой, но без растений.

После пяти дней эксперимента концентрация хлорорганических пестицидов в присутствии водного гиацинта и пистии понизилась для  $\alpha$ -ГХЦГ до 0,138 мкг/л (в 2,3 раза в сравнении с исходной) и для -ГХЦГ до 0,066 мкг/л (в 18,9 раз), а через 10 дней со дня начала эксперимента эти показатели составили для  $\alpha$ -ГХЦГ - 0,002 и для ГХЦГ - 0,041 мкг/л (уменьшение в 68 и 30 раз, соответственно) (рис.2).



На контроле до конца опыта концентрация различных модификации гексахлорциклогексана изменилась значительно меньше и составила, соответственно, 0,172 (уменьшение в 1,8) и 0,112 мкг/л (11,1 раза). Одновременно, с участием в очистительном процессе, водный гиацинт накапливает значительную биомассу - 176,2...190,5 г/м<sup>2</sup> в сутки в сыром весе.

В повторном эксперименте с водой коллектора Шурузяк проводили наблюдения за изменениями химического состава и биогенных элементов в присутствии водного гиацинта. В этом эксперименте исходная концентрация хлорорганических пестицидов ( $\alpha$ -ГХЦГ и -ГХЦГ, ДДУ,

ДДТ) и других загрязнений характеризуется следующими показателями (отбор выполнен по методике).

Таким образом, водные культуры гиацинт и пистия показали высокую степень очистки природных КДВ коллектора Шурузяк.

Изменение химического состава КДВ коллектора Шурузяк в течение опыта в присутствии водных культур гиацинта и пистии представлено в табл.

Аналогичные опыты по изучению эффективности водных макрофитов по удалению хлорорганических пестицидов и биогенных веществ были проведены в лотках под открытым небом.

Каждый из лотков длиной 6 м был разделен на 5 частей. Вместительность каждого отсека составила 500 л. В первом отсеке посадили ежеголовник, во втором - тростник и камыш, в третьем - уруть, в четвертом - все водные растения вместе. Пятый отсек - контрольный.

Таблица 1

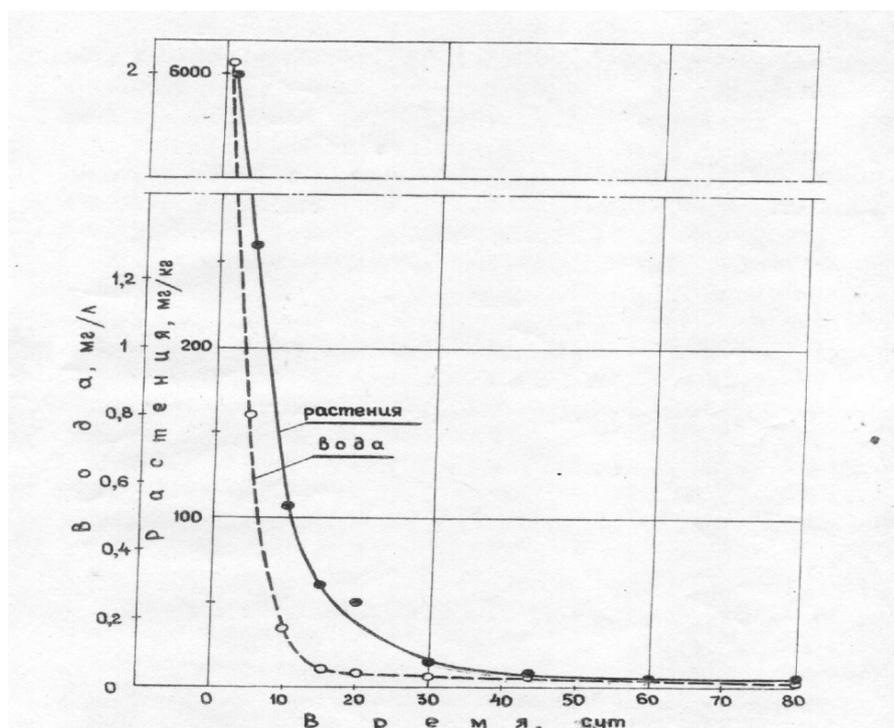
Изменение химического состава и концентрации биогенных элементов (МГ/л) в КДВ коллектора Шурузяк в присутствии водных культур гиацинта и пистии

Наименование	Пистия			Гиацинт		
	начало опыта	через 7 суток	через 14 суток	начало опыта	через 7 суток	через 14 суток
Общая жесткость	12,7	11,9	11,8	13,1	12,5	12,6
Кальций	102,2	86,2	84,1	90,2	88,2	71,4
Магний	92,4	92,4	92,4	109,4	105,8	98,5
Хлориды	207,9	193,2	160,4	198,0	190,1	166,3
Сульфаты	691,3	687,2	681,4	701,2	697,9	676,5

Сухой остаток	1532	1480	1426	1506	1504	1460
<u>Биогены</u>						
Аммиак	0,19	0,11	0,08	0,77	0,19	0,068
Нитраты	3,0	1,5	0,9	2,3	0,00	0,00
Фосфаты	0,572	0,228	0,064	0,15	0,68	0,068

Перед посадкой растений на дно лотка слоем 15 см уложили глинистую почву. При посадке ежеголовник имел высоту 58-60 см, остальные растения (кроме урути) - 60-65 см. После посадки растения ежедневно поливали. На 20 день отмечена хорошая приживаемость всех растений. К этому моменту высота растений ежеголовника увеличилась на 15-20 см, а камыша и тростника - на 50-60 см.

Через 20 дней после посадки растений все отсеки были залиты водой (по 500 л). Концентрация внесенного  $\alpha$ -ГХЦГ в воде составила 0,1 мг/л. Пробы воды, донных отложений и растений (корневая и надводная части) отбирали через 1, 168, 648 и 1248 часов после внесения препарат. Изменение содержания  $\alpha$ -ГХЦГ в растениях и в воде во времени показано на рис.3.



Поглощение  $\alpha$ -ГХЦГ из рабочего раствора началось сразу же после внесения препарата. По истечению 52 суток концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в воде снизилась с 100,0 мкг/л до 0,300 мкг/л, в то же время в корнях растений она составила 43 мкг/л, а в стеблях - значительно меньше - 34 мкг/л.

В дальнейшем активность этого процесса несколько снизилась.

**Методика проведения опытов в полевых условиях.** При проведении опытов по очистке коллекторно-дренажных вод на экспериментальном канале в качестве загрязнителя использовали препарат гексахлорциклогексан (ГХЦГ) обеих модификаций, содержащий примеси ДДЕ и ДДТ, а в качестве фильтра-очистителя применили водные макрофиты: тростник, рогоз узколистный и широколистный, гиацинт, пистию и харовые водоросли.

Канал длиной 100 м был построен рядом с коллектором Шурузяк с тем, чтобы проводимые эксперименты в наибольшей степени соответствовали естественным природным условиям. Воду из коллектора Шурузяк подавали насосной установкой в специальный отстойник, находящийся в головной части экспериментального канала. Назначение отстойника - поддержание определенного уровня воды в экспериментальном канале и создание постоянного течения воды в последнем. Кроме того, в отстойник из цистерны емкостью 100 л подавали раствор хлорорганических пестицидов с различной концентрацией.

Весь канал был разделен по своей длине на пять секторов, в каждом из которых посадили по одному из видов водных макрофитов, призванных служить фильтрами-очистителями искусственно загрязненных коллекторно-дренажных вод. В первом секторе длиной 30 м был посажен тростник обыкновенный, во втором секторе в углубленной части посадили пистию и гиацинт, третий сектор заняли под рогоз малый, далее, в четвертом и пятом секторах посадили, соответственно, роголистник, уруть и рогоз широколистный. Все растения принялись хорошо и к началу опыта

была достигнута следующая плотность растений: тростник обыкновенный - 80 шт. на 1 м<sup>2</sup>, рогоз - 60 шт. на 1 м<sup>2</sup>. По длине канала были установлены 3 створа для наблюдения за степенью очистки КДВ от хлорорганических пестицидов.

Одновременно по этим створам проводили наблюдения за изменением гидрохимических параметров коллекторно-дренажных вод с помощью прибора "HORIBA", который предназначен для одновременного определения рН, температуры, концентрации растворенного кислорода, электропроводности и мутности исследуемой воды.

Отбор проб воды на лабораторный анализ по створам экспериментального канала с учетом скорости течения воды и времени добега проводили по схеме: вода - растения - донные отложения: в нулевом створе через 3 с, в первом, втором и третьем створах - через 3 мин, 7 мин.30 сек и 13 мин., соответственно.

Повторные наблюдения за изменением концентраций хлорорганических пестицидов проводили через 1 час и через 2 суток.

Искусственно загрязненная хлорорганическими пестицидами коллекторно-дренажная вода, пройдя по экспериментальному каналу через фильтр-очиститель из водных макрофитов, сбрасывалась затем в коллектор Шурузяк.

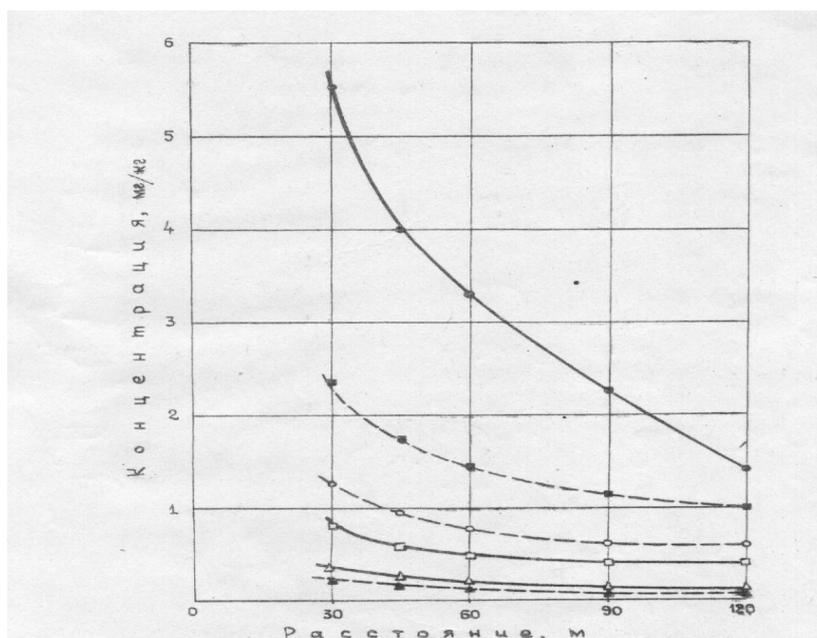
Аналогичные эксперименты проводили также на коллекторах Среднечирчикского района Ташкентской области. При этом выбирали участок коллектора длиной 140-150 м, который разбивали на три равных участка. По всей длине коллектора должны были произрастать водные макрофиты (заросли тростника, рогоза и др. растений) с необходимой густотой стояния (150-350 шт./м<sup>2</sup>) растений.

Пробы коллекторно-дренажных вод отбирали сначала для определения фоновой концентрации ГХЦГ, а затем в определенные моменты времени с начала опыта (после внесения препарата) с учетом

скорости добегания воды до каждого створа. Последующий отбор производили через 4 суток и через месяц.

Анализ отобранных проб показал, что по длине участка по мере прохождения через заросли растений, концентрация пестицидов в воде уменьшается в первом створе с 0,4102 мкг/л до 0,043 мкг/л, во втором и третьем, соответственно, с 0,800 мкг/л до 0,1292 мкг/л и с 0,900 мкг/л до 0,121 мкг/л. В начальном створе концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в растениях составила 5,5 мкг/кг, во втором (через 60 м) - 3,4 мкг/кг, в третьем - 1,5 мкг/кг. К концу опыта, через месяц, концентрация пестицида в растениях снизилась по створам, соответственно, до 0,2 мкг/кг, 0,12 мкг/кг и 0,07 мкг/кг.

Изменение концентрации  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\delta$ -ГХЦГ по длине коллектора в растениях отражено (Рис 4).



Аналитические данные коллекторно-дренажных вод, искусственно загрязненных хлорорганическими пестицидами, показывают на высокую степень очистки в процессе прохождения их через фильтр из водных макрофитов: тростник обыкновенный (*Phragmites communis*), пистию с гиацинтом, рогоз малый (*Typhum minima*), харовые водоросли, рогоз широколистный и др. виды растений. Уже в первых порциях КДВ

концентрации всех испытуемых пестицидов к концу канала уменьшается более, чем на 90 % ( $\alpha$ -ГХЦГ - на 93,9 %,  $\rho$ -ГХЦГ - на 97,3 %, ДДЕ - на 90,1 % и ДДТ - на 97,8 %). Через час наблюдений концентрация ХОП в коллекторно-дренажной воде уменьшилась для модификации гексахлорциклогексана до долей процента к исходному количеству, а через двое суток стала не более фонового содержания.

Последовательное прохождение коллекторно-дренажной воды через фильтр, составленный из различных видов водных макрофитов, позволяет приблизительно оценить селективную способность каждого из них к очистке КДВ от хлорорганических пестицидов (табл. 2).

Параллельно с изучением очистного действия водных макрофитов проводили исследования динамики гидрохимических показателей коллекторно-дренажных вод в экспериментальном канале.

Эти исследования показали, что заросли водных культур выделяют большое количество растворенного кислорода, благодаря чему ускоряются биохимические процессы, ведущие к окислению и деструкции КДВ хлорорганических пестицидов.

Таблица 2

Приближенная оценка селективной эффективности водных макрофитов по очистке коллекторно-дренажных вод от гексахлорциклогексана

Вид водных макрофитов	Количество ГХЦГ, удаленного из КДВ, % к исходному содержанию	
	$\alpha$ -ГХЦГ	-ГХЦГ

Тростник	80,2	80,2
Гиацинт + пистия + рогоз малый	41,3	63,6
Харовые водоросли + рогоз широколистный	47,4	62,7

Количество растворенного в коллекторно-дренажных водах кислорода увеличивается уже от нулевого створа до первого в 3,5 раза и поддерживается затем примерно на этом уровне (9,7-11,5 мг/л). При растворении хлорорганических пестицидов в КДВ щелочность их падает до рН 6,5, однако затем она быстро восстанавливается до нормальных величин рН 7,6-7,9 при прохождении вод через фильтр водных культур. Одновременно с этим происходит резкое осветление КДВ - мутность их уже ко второму створу уменьшается в 45 раз. Оба эти фактора также косвенно указывают на проходящий в экспериментальном канале процесс очистки КДВ от хлорорганических пестицидов.

Температура КДВ и их электропроводность в процессе опыта практически сохранялись на постоянном уровне ( $t = 25,8-26,4^{\circ}\text{C}$ ; электропроводность - 1,5-1,6 см/м).

Для эксперимента в натуральных условиях выбрали коллектор с зарослями высших водных растений (тростник, рогоз узколистный, рогоз широколистный и др. макрофиты). Плотность растений составила 100-350 шт/м<sup>2</sup>. Течение воды в коллекторе осуществлялось с расходом около 1 м<sup>3</sup>/с. Коллектор разделили на три створа, каждый до 30 м длиной. Препарат ГХЦГ 4 %-ной концентрации вносили по всей ширине коллектора. Пробы загрязненной воды отбирали на анализ постворно, учитывая скорость добегания протока. Аналитические данные указывают, что загрязненная гексахлорциклогексаном коллекторно-дренажная вода хорошо очищается при прохождении ее через заросли водных растений, при этом концентрация пестицидов в воде уменьшается в несколько раз.

В первых порциях загрязненной, искусственно внесенными пестицидами воды ко второму створу, через 60 м фильтра из водных макрофитов, содержание ХОП уменьшается во много раз:  $\alpha$ -ГХЦГ - 86, - ГХЦГ - 45, ДДЕ - 21 и ДДТ -2.

Через 6 часов после начала опыта концентрация пестицидов в коллекторно-дренажных водах стабилизируется и становится практически неотличимой от первоначального содержания.

**Заключение.** Как показали исследования, очистка сбросных и коллекторно-дренажных вод должна осуществляться в искусственно создаваемых биопрудах (биолато) или непосредственно в самих коллекторах.

Биопруд (биолато) представляет собой водоохранное сооружение или особый конструктивный элемент гидротехнического сооружения, в котором сообщество высших водных растений как искусственного, так и естественного происхождения используется в качестве биофильтра для очистки воды от загрязняющих веществ, в т.ч. и от хлорорганических пестицидов.

Механизм очистки воды на биолато достаточно сложен и существенно различен для разных загрязняющих примесей. Очистку воды осуществляют не только высшие водные растения, но все сообщество биолато в целом - бактериальное население зарослей, донные, эпифитные и планктонные водоросли, а также беспозвоночные животные.

Разложение взвешенных и растворенных в воде органических веществ в зарослях макрофитов осуществляется, как и при других методах биологической очистки, главным образом, бактериями и частично беспозвоночными животными. Однако, главным отличием является то, что основным агентом на биолато является бактериоперифитон - бактериальная пленка, образующаяся и развивающаяся на подводной части

растений. Именно эта пленка обеспечивает высокую интенсивность деструктивных процессов.

В условиях жаркого климата Средней Азии, благодаря обилию солнечного света и большой продолжительности теплого периода года, наиболее эффективно и экономически выгодно использование всех вышеуказанных водных макрофитов. Вегетационный период этих растений достигает до 9-10 месяцев.

Во всех случаях следует, в основном, ориентироваться на создание в пределах биоплато самовозобновляющегося общества, что наиболее эффективно при очистке и улучшении качества воды. Этим основным требованиям: хорошей очистной способности и самовоспроизводству в конкретных экологических условиях, более всего отвечает и наиболее перспективен при сооружении биоплато тростник обыкновенный, который играет ведущую роль в процессах естественного зарастания искусственных водотоков.

Проблема создания водоохранного сооружения на основе использования сообщества воздушно-водных растений - биоплато - на коллекторах, сбрасывающих воды в реки или озера, прежде всего, связана с определением его количественных параметров, зависящих от очистительной способности сообщества растений, особенно в области низких концентрациях загрязняющих природные воды органических веществ. При разработке методики расчета биоплато в принятии конструктивных решений следует обеспечить выделение достаточных площадей с соблюдением технико-экономических ограничений, учитывающих их специфичность и принятых в технологии строительства и эксплуатации подобных сооружений.

Естественно формирующиеся на берегах и русле коллекторов заросли водных макрофитов могут и должны быть использованы при сооружении биоплато. Однако, их параметры (длина, ширина), как

правило, недостаточны для достижения необходимого эффекта очистки воды. Кроме того, развитие зарослей макрофитов растягивается обычно на длительное время. В полностью сформированном виде, удовлетворяющем условиям очистки, эти заросли возникают на отдельных участках коллекторов лишь через несколько лет их эксплуатации.

Следует иметь в виду, что накопление тяжелых металлов и пестицидов в корневых системах водных культур намного превышает их содержание в надземной фитомассе. Именно это обстоятельство способствует захоронению загрязняющих примесей в донных отложениях и во многом предотвращает поступление их в воду.

Несмотря на это, в технологии эксплуатации биоплато нами предусматриваются вопросы уборки фитомассы. При этом, во – первых, можно избежать вторичного загрязнения воды и, во – вторых, можно использовать убранную фитомассу для животноводческих целей как корма, если содержание загрязняющих веществ не превышает допустимые нормы (ПДК). В другом случае тростник можно использовать как местный строительный материал.

### **Список использованной литературы**

1. Дренаж в бассейне Аральского моря в направлении стратегии устойчивого развития. Под редакцией В.А.Духовного. Ташкент. 2004 г.
2. Якубов Х.Э. и другие. КДС Центральной Азии. 2015 г.
3. Выездное заседание Олий Мажлиса в Джизакской области Республики Узбекистан 2022 г.
4. Орлова А.П., О.С. Дунин-Барковская по современному состоянию и прогнозу изменения качества вод р. Амударьи.
5. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий

и расчету условий выпуска его в водные объекты. ВНИИ ВОДГЕО, Москва 1982 г.

6. Полинов С.А., Пинхасов М.А., Речицкая Л.Р. Водохозяйственно-экономическая оценка ущерба от роста минерализации стока реки Амударьи и меры по его снижению в орошаемом земледелии низовьев //Сб.научных трудов САНИИРИ. 1990. С.3-14.

7. Рузиев И.Б. «Оценка качества и технология гидрботанической очистки коллекторно-дренжных вод». Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ташкент НПО САННИРИ 1990 г.

8. «Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценка экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды». Москва, 1986 г.