



GREEN TECHNOLOGIES "IN WASTE WATER PURIFICATION IN UZBEKISTAN

Timofeeva S. S.

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Irkutsk National Research Technical University
sstimofeeva@mail.ru 83952405671

Boboev A. A.

Assistant of the Department of Automation and Control,
Postgraduate Student Navoi State Mining Institute
e-mail: azizjon.boboyev@bk.ru

Abstract

In the context of the current model of the "brown economy". Many environmental problems have accumulated in Uzbekistan, such as climate change, land desertification, loss of biodiversity, depletion of water resources and degradation of land quality due to unsustainable use of them, depletion of energy resources and insufficient use of renewable energy sources. If current trends and volumes of resource consumption continue, then environmental risks for future generations will constantly increase, so it is necessary to take measures aimed at introducing modern green technologies. The strategy of transition of Uzbekistan to the "green economy" is considered.

The results of research on the development of phytotechnologies for wastewater treatment are presented. The types of phytoengineering structures are characterized and data on the use of macrophytes in the wastewater treatment of gold recovery plants are presented on the example of the Angren gold processing plant and the Navoi mining and metallurgical plant. A list of hydrophytes that can be used in phyto-purification systems in Uzbekistan is given.

Keywords: green economy, phytotechnology, phytoengineering facilities, metabolic potential, gold recovery factories, waste water

Аннотация.

В условиях действующей модели «коричневой экономики». в Узбекистане накопилось множество экологических проблем, таких как изменение климата, опустынивание земель, утрата биоразнообразия, истощение водных ресурсов и деградация качества земли из-за нерационального их использования, истощение запасов энергоресурсов и недостаточное использование возобновляемых



источников энергии. Если будут сохраняться сегодняшние тенденции и объемы потребления ресурсов, то экологические риски для будущих поколений будут постоянно нарастать, поэтому необходимо предпринимать меры, направленные на внедрение современных зеленых технологий. Рассмотрена стратегия перехода Узбекистана к «зеленой экономике».

Представлены результаты исследования по разработке фитотехнологий очистки сточных вод. Охарактеризованы типы фитоинженерных сооружений и приведены данные по использованию макрофитов в очистке сточных вод золотоизвлекательных фабрик на примере Ангренской ЗИФ и Навойского ГМК. Приведен перечень гидрофитов, которые могут быть использованы в фитоочистных системах в Узбекистане.

Ключевые слова: зеленая экономика, фитотехнологии, фитоинженерные сооружения, метаболический потенциал, золотоизвлекательные фабрики, сточные воды

Введение. Современное общество в решении острых экологических проблем (в том числе и ресурсных) надеется на технологические прорывы. Сегодня, когда в странах бывшего Советского Союза сформирована база для развития основных секторов экономики и созданы предпосылки для устойчивого развития, необходимо предпринимать усилия, направленные на переход к «зеленой экономике».

Согласно определению ЮНЕП, «зеленая экономика» – это экономическая система, которая позволяет обеспечить рост благосостояния людей и социальную справедливость, уменьшая при этом экологические риски и сокращая дефицит природных ресурсов. Иначе «зеленая» экономика – это экономика с низкими выбросами углеродных соединений, эффективно использующая ресурсы и отвечающая интересам всего общества.

В условиях действующей модели «коричневой экономики». в Узбекистане накопилось множество экологических проблем, таких как изменение климата, опустынивание земель, утрата биоразнообразия, истощение водных ресурсов и деградация качества земли из-за нерационального их использования, истощение запасов энергоресурсов и недостаточное использование возобновляемых источников энергии. Если будут сохраняться сегодняшние тенденции и объемы потребления ресурсов, то экологические риски для будущих поколений будут постоянно нарастать, поэтому необходимо предпринимать меры, направленные



на внедрение современных технологий экологического управления (управление отходами, борьба с загрязнением воды, воздуха, восстановление земель и пр.); производство энергии из возобновляемых источников (солнечная энергия, биотопливо и пр.), смягчение последствий изменения климата, снижение вредных выбросов в атмосферу, повышение эффективности использования топлива, а также энергоэффективности в зданиях и осветительных приборах.

В аналитическом докладе «Концептуальные подходы к формированию Green Economy в Узбекистане» [1], подготовленном Центром экономических исследований (ЦЭИ) при содействии Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) отмечается, что основными направлениями зеленой экономики являются:

- Развитие возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная энергия, биогаз);
 - «Озеленение» сектора ЖКХ («зеленые» здания с эффективным энерго- и водоснабжением, использование «зеленых» материалов в строительстве и др.);
 - Развитие «чистого» транспорта (планирование и расширение общественного транспорта, применение альтернативных видов топлива, широкое использование электромобилей и других «чистых» транспортных средств, разработка и реализация специальных программ по поочередному использованию автомобилей);
 - Совершенствование управления отходами (рециклинг, переработка муниципальных твердых отходов, восстановление участков с заброшенными объектами промышленной застройки, использование «чистых» упаковочных материалов);
 - «Озеленение» в сфере управления водными ресурсами (очистка воды, система повторного использования воды, система использования дождевой воды);
 - «Озеленение» в сфере управления земельными ресурсами («чистое» сельское хозяйство (например, ограничение использования удобрений и пестицидов), сохранение и восстановление среды обитания, сохранение и восстановление городских парков, посадка леса, сохранение и повышение качества почвы).
- Постановлением Президента республики Узбекистан № ПП 4477 от 04.10.2019 утверждена «Стратегия по переходу республики Узбекистан на «зеленую экономику» на период 2019-2030 годов». Приоритетными направлениями реализации стратегии являются
- повышение энергоэффективности базовых отраслей экономики;



диверсификация потребления энергоресурсов и развитие использования возобновляемых источников энергии

адаптация и смягчение последствий изменения климата, повышение эффективности использования природных ресурсов и сохранение природных экосистем;

разработку финансовых и нефинансовых механизмов поддержки «зеленой» экономики.

Основными задачами стратегии являются:

повышение энергоэффективности экономики и рациональное потребление природных ресурсов путем технологической модернизации и развития финансовых механизмов;

включение в приоритетные направления государственных инвестиций и расходов «зеленых» критериев, основанных на передовых международных стандартах;

содействие в реализации пилотных проектов по направлениям перехода к «зеленой» экономике посредством развития механизмов государственного стимулирования, государственно-частного партнерства и активизации сотрудничества с международными финансовыми институтами;

развитие системы подготовки и переквалификации кадров, связанной с рынком труда в «зеленой» экономике, за счет стимулирования инвестиционных вложений в образование, укрепления сотрудничества с ведущими зарубежными образовательными учреждениями и научно-исследовательскими центрами;

принятие мер по смягчению негативного воздействия экологического кризиса в Приаралье;

укрепление международного сотрудничества в сфере «зеленой» экономики, в том числе путем заключения двусторонних и многосторонних договоров.

В рамках договора между Навоийским горным институтом и Иркутским национальным исследовательским техническим университетом реализуются совместные проекты, направленные на подготовку высококвалифицированных специалистов для «зеленой экономики» страны, и выполнению исследований стратегической целей в сфере водного хозяйства, а именно:

строительство и реконструкция гидротехнических сооружений, насосных станций и водохранилищ

широкое использование информационно-коммуникационных технологий и инноваций в водном хозяйстве;

обновление, модернизация и автоматизация водохозяйственных сооружений;



широкое применение энергоэффективных и водосберегающих технологий полива сельхозкультур, совершенствование механизмов стимулирования водосбережения;

разработка механизмов устойчивого управления водными ресурсами.

В настоящее время все большее внимание уделяется разработке и внедрению технологий экологической реабилитации загрязненной природной среды с участием растений и сформировалось направление фиторемедиация и фитотехнологии Термин фитотехнологии появился в обиходе относительно недавно. Этим термином обозначают защитно-восстановительные мероприятия для окружающей среды с использованием растительности. Они используются для охраны атмосферного воздуха жилых массивов от пылегазовых выбросов промышленных предприятий путем высаживания древесно-кустарниковых насаждений определенной ширины вдоль автомагистралей и железных дорог и создания санитарно-защитной зоны. Эти посадки дорог локализуют и очищают отработанные транспортные выбросы, при этом в качестве растений используют именно, те, что обладают высокой поглотительной способностью по отношению к пыли и токсичным газам.

Фитотехнологии применяют для рекультивации земельных участков, нарушенных вследствие естественного или техногенного повреждения. Высев определенных видов трав и посадка кустарников защищает почвы от водной и ветровой эрозии. В водоохраных зонах создают фитофильтрационные полосы, препятствующие поступлению в водоемы загрязнений с поверхностным стоком, несущими в реки продукты эрозии почв, остатки ядохимикатов и минеральных удобрений.

Фитотехнология внедряется при глубокой или дополнительной очистке (доочистке) сточных вод с применением высшей водной растительности, которая успешно используется во многих странах мира на протяжении последних 50 лет. В настоящей работе обобщены результаты 40-летних исследований, выполненных профессором С.С. Тимофеевой и ее учениками по разработке и внедрению фитотехнологий, адаптированных к разным климатическим условиям, в том числе для Узбекистана.

Объекты и методы исследования. Исследования, касающиеся Узбекистана были начаты в 80-е годы XX века совместно с институтом микробиологии АН Узбекистан и возобновлены в настоящее время непосредственно с участием преподавателя Навоийского горного института аспиранта Бобоева А.А.



Результаты и их обсуждение. Основную очистительную функцию в водных экосистемах выполняют фитоценозы, которые по биомассе живого вещества в водоемах занимают лидирующее положение и выполняют двойную роль:

- являются стимуляторами жизнедеятельности микроорганизмов;
- поглощают загрязняющие вещества, регулируют солевое равновесие.

Водные растения (гидрофиты) в водоемах выполняют следующие основные функции:

- фильтрационную (способствуют осаждению взвешенных веществ);
- поглощательную (поглощают биогенные элементы, некоторые органические вещества);
- накопительную (способны накапливать некоторые металлы и трудно разлагаемые органические соединения);
- санитарную (обладают бактерицидными свойствами);
- окислительную (в процессе фотосинтеза обогащают воду кислородом);
- детоксикационную (способные накапливать токсичные вещества и превращать их в нетоксичные);

Доминирование у растений той или иной функции зависит от вида растения, его принадлежности к той или иной экологической группе, стадии вегетации, характера загрязнения и т. д. [2-13].

Сооружения фиторемедиации – искусственные или природные заболоченные участки, ботанические площадки, фильтрационные устройства, пруды с посадками водных растений (биолато) - используются в схемах очистки загрязненных вод и грунтов. В англоязычных странах такие сооружения имеют название Constructed Wetlands (искусственные болота) и нашли широкое применение для очистки бытовых, ливневых, шахтных, карьерных и других сточных вод.

Очистное искусственное болото имеет четыре основных части: водоупорный слой, фильтрующий слой, болотные растения и устройства для равномерного распределения стоков по площади болота и регулирования уровня воды в нем. Наличие плотных зарослей растительности на этом сооружении позволяет рассматривать строительство такого очистного комплекса как озеленение территории. Искусственное болото представляет собой идеальной местообитание не только для болотных растений, но и животных. Территория очищающего болота запрещена для посещения населением, поэтому является своеобразным заповедником водно-болотной флоры и фауны, в том числе редких и исчезающих видов. В Северной Америке и в Европе, где в результате мелиорации



природных болот практически не осталось их приходится создавать заново. Биоплато – это созданная человеком система очистки стоков, которая напоминает биопруды. Располагается она каскадом, и возводится с учетом химических и биологических способов очистки. Если классифицировать биоплато с точки зрения инженерного проектирования, и при этом учитывать гидравлические распределения потоков воды то получим следующие категории: поверхностные, горизонтальные и вертикальные инфильтрационные, а также биоплато смешанного типа. Каждый вид имеет свои особенности и может очищать разные категории сточных вод. Поверхностное биоплато похоже на созданный природой «заболоченный ландшафт», когда стоки направляются на поверхность сооружения. Отличием от природного очистительного сооружения является то, что биоплато имеют системы управления, с помощью которых достигается высокая результативность очищения стоков.

У поверхностных биоплато есть такие преимущества: небольшие финансовые затраты на возведение очистного сооружения; легкость в управлении и низкое энергопотребление. Кислород в поверхностные биополя подается за счет диффузных процессов (через корневые системы растений). Но такой способ подачи кислорода не может в полной мере обеспечить им нужды биоплато. Кроме этого на качество очистки сточных вод влияет изменения климата. В летний период требуется проведение санитарных мероприятий по уничтожению комаров.

Горизонтальные инфильтрационные биоплато носят свое название потому, что стоки в устройстве движутся сквозь слои загрузки практически горизонтально. Все устройство состоит из одной или нескольких секций. В секциях имеется водонепроницаемое покрытие, слои загрузки а также живые растения и микроорганизмы.

Преимущества горизонтальных инфильтрационных биоплато: в них создаются высокие гидравлические нагрузки; большая эффективность очистки сточных вод по БПК и ХПК, взвешенным веществам, а также тяжелым металлам; отсутствие неприятного запаха на территории биоплато; отсутствие насекомых. Биоплато горизонтального типа широко применяются в европейских странах, а также в США, Австралии и Японии.

В биоплато вертикального типа стоки с поверхности биоплато попадают на дно вертикально. Данное сооружение снабжается кислородом за счет диффузии воздуха из атмосферы, а также через корневые системы растений. В вертикальных инфильтрационных биоплато процессы нитрификации протекают интенсивнее,



чем в горизонтальных. Поэтому для очистки стоков с высоким уровнем содержания азота лучше применять биоплато вертикального типа. Для достижения максимальной эффективности на практике часто комбинируют различные типы биоплато. При этом в одном сооружении комбинируются разные потоки сточных вод.

Одним из существенных преимуществ очистных сооружений с использованием фиторемедиации является их долговечность. Почти полное отсутствие металлических частей, которые подвержены коррозии, а также насосного оборудования, благодаря самотечному движению очищаемой воды обеспечивает очистным сооружениям на основе фитотехнологии почти неограниченный период эксплуатации, о чем свидетельствует опыт многих государств. В разных странах они получили такие названия: Constructed wetland, Reed bed, Artificial wetland, биоплато, биоинженерные сооружения, ботанические площадки и т. п.

При очистке сточных вод чаще всего используют такие виды высшей водной растительности, как камыш, тростник озерный, рогоз узколистный и широколистный, рдест гребенчатый и курчавый, спироделла многокоренная, элодея, водный гиацинт (эйхорния), касатик желтый, сусак, стрелолист обычный, гречиха земноводная, резуха морская, уруть, хара, ирис и пр.

Сооружения на основе фитотехнологий работают как самонастраивающаяся и саморегулируемая система. Для их надежной работы необходимо поддерживать оптимальный режим эксплуатации, соблюдая сравнительно простые правила:

- подача воды на сооружения должна быть постоянной, перерывы не должны превышать 1-2 суток;
- следует регулярно удалять из блока механической очистки осажденные и плавающие примеси;
- своевременно заменять проржавевшие металлические детали блока механической очистки (решетки, шиберы и др.) и регулирующей аппаратуры (задвижки, патрубки и др.), устранять оседание колодцев и трубопроводов;
- при отрицательных температурах обеспечивать условия прохождения очистки под ледяной "крышей";
- при необходимости производить дополнительную посадку высшей водной растительности на поверхности блоков биоплато;
- через 5-7 лет эксплуатации при необходимости производить замену или разрыхление поверхностного слоя фильтрующего материала инфильтрационных блоков на глубину 5-10 см;
- при необходимости делать обратную промывку дренажных трубопроводов.



Сооружения биоплато вместе с сооружениями механической очистки обслуживает один человек. Срок службы фильтрационных блоков между капитальными ремонтами составляет не менее 20-25 лет. Поверхностные блоки в ремонте не нуждаются.

Перед авторами была поставлена задача найти из местной флоры Узбекистана растения, которые можно рекомендовать для использования в фиторемедиации сточных вод золотоизвлекательных фабрик, в частности Ангренской ЗИФ и ЗИФ Навойского горно-металлургического комбината, сбрасывающего сточные воды в реку Заравшан.

Исследования по выбору растений для фиторемедиации Ангренской ЗИФ выполнялись в 80-е годы. На способность метаболизировать цианиды, роданиды и накапливать благородные металлы испытаны следующие водные растения, произрастающие в водотоках вблизи Ангренской ЗИФ: сальвиния плавающая, наяда морская, наяда злаковая, водный гиацинт, цицания широколистная, тростник южный, рис посевной, рогоз широколистный, рогоз узколистный, аир, ирный корень, пистия телорезовидная, ряска малая, харовые водоросли[4,5,13].

Установлено, что наиболее эффективными детосикаторами цианидов и аккумуляторами металлов являются свободно плавающие водные растения: сальвия, пистия, водный гиацинт и рогозы, а также харовые водоросли. Коэффициент накопления золота харовыми водорослями составлял 810, а серебра 620.

Метаболический потенциал 1 га зарослей харовых водорослей с плотностью посадки 5 кг/м² в техногенных прудах при содержании цианидов 0,5-1,5 мг/м³ составляет 3,31 т/га. Площадь зарослей необходимая для детоксикации загрязнений составляет 1,88- 5,65, а для роданидов 4-24 га. Расчет выполнен на расход воды на фабрике 8,3 м³/т, производительности фабрики 3млн т/год.

Исследования, выполненные в настоящее время применительно к Навойскому горно-металлургическому комбинату, включали анализ современного состояния качества реки Заравшан при поступлении сточных вод г. Навои и обследование флоры реки с целью выбора перспективных для создания фитоинженерных очистных сооружений для доочистки от тяжелых металлов, цианидов и роданидов.

Установлено, что река Заравшан практически не подвержена минеральному загрязнению, в среднем и нижнем течении. Самые загрязненным является низовье реки, гидрост 8 после сбросов Навои-азот. Превышение от ПДК минерализации после сбросов Навои-азот за последнее десятилетие: в 1,1-1,8 раз,



в 2012, 2015-2019 относится к умеренной степени загрязнения, в 2010, 2011 и 2013 годах оценивается как высокая степень загрязнения воды минерализацией. Химический состав воды реки Зарафшан претерпел изменения из-за сбросов дренажных стоков сельскохозяйственных коллекторов, а также сточных вод городов Самарканд и Навои.

Флора реки среднего течения реки Заравшан представлена 331 видом водорослей относящихся к 5 отделам (Cyanophyta, Bacillariophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Chlorophyta).

Макрофиты, произрастающие в реке Заравшан, относятся к

- *гигрофитам* (растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы) . Их определено 22 вида из родов *Imperata, Erianthus, Ceteraria, Digraphis, Juncus, Epiactis, Polygonum, Potentilla, Trifolium, Epilobium, Calystegia, Mentha, Plantago, Bidens, Taraxacum*;

- гидрофитам (водные растения, погруженные в воду только нижними своими частями) . Их 12 видов из родов *Salvinia, Typha, Sparganium, Alisma, Sagittaria, Butomus, Phragmites, Cyperus, Acorus, Batrachium, Nasturtium*

Гидатофитам (полностью или большей частью погруженные в воду растения) 16 видов – *Chara, Nitellopsis, Potamogeton, Najas, Lemna, Ceratophyllum, Myriophyllum*..

В прибрежье и в мелководной части водоемов из макрофитов были отмечены: тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рогозы (*Typha angustifolia* L., *T. latifolia* L.), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), рдесты (*Potamogeton pectinatus* L., *P. natans* L., *P. perfoliatus* L.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) и харовые водоросли (*Chara vulgaris* L., *Ch. fragilis* Desv., *Ch. dominii* Vilh.) и др.[13]

Именно у этих макрофитов рассчитан метаболический потенциал, который можно использовать при создании фитоинженерных очистных сооружений для Навоийского ГМК.

Таким образом, многолетние исследования по изучению механизмов и закономерностей участия растений в процессах очистки сточных вод, применительно к климатическим условиям Узбекистана позволили оценить ассимиляционный потенциал растительности по отношению к основным неорганическим загрязнителям, выбрать наиболее эффективные виды растений, создать и реализовать фитотехнологии. В частности, спроектированы инженерные сооружения фитотехнологической очистки сточных вод,



включающие биоплато в сочетании с габионными конструкциями. Габионы прекрасно вписываются в окружающую среду, нередко почти полностью сливаясь с ней. Они не только не уменьшают эстетической ценности природы (в отличие, например, от сооружений из железобетона), но даже дополняют ее.

Использованная литература

1. Концептуальные подходы к формированию Green Economy в Узбекистане. Центр экономических исследований, 2011-64 с. Электронный ресурс [<http://www.cawater-info.net/green-growth/files/green-economy-uz.pdf>] Дата обращения 28.04.2021.
2. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С. Время биотехнологий. Системы с высшей водной растительностью для очистки сточных вод. // Водомagazine №10 (50), октябрь 2011.-с.56-62
3. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С. Фитотехнологии и возможности их применения в условиях Восточной Сибири//Вестник ИГСХА, 2012, №48, февраль, с. 136-145
4. Тимофеева С.С., Краева В.З., Меньшикова О.А. Роль водорослей и высших водных растений в обезвреживании цианидсодержащих сточных вод //Водные ресурсы .-1985.-№6.-с.111-116.
5. Тимофеева С.С., Меньшикова О.А, Использование макрофитов для интенсификации биологической очистки роданидсодержащих сточных вод//Водные ресурсы .-1985.-№6.-с.80-85.
6. Timofeeva S.S., et al. Treatment of sewage containing aromatic amines with participation of macrophytes //Acta hydrochim. hydrobiol. Part.1 -1987.-Bd.15.-Hf.6.-s.611-622; Part.2.-1988.- Bd.16.- Hf.1; s.73-80.
7. Timofeeva S.S., Stom D.I. Present and perspectives of using hydrobotanic treatment for sewage waters // Acta Hydrochim. Hydrobiol. -1986- v.16- № 3- s.299-312.
8. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С.Биотехнологическая очистка сточных вод объектов нефтедобычи //Безопасность в техносфере, №4, 2010, с. 12-16
9. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С., Медведева С.А.Биотехнологическая утилизация нефтешламов и буровых отходов //Вестник ИрГТУ, № 1, 2010. С. 158-163.
10. Тимофеева С.С., Ульрих Д.В. Инновационные фитотехнологии реабилитации загрязненных горными предприятиями территорий на Южном Урале Новосибирск: Академическое изд-во «Гео» 2018 -192 с.
11. Ульрих Д.В., Тимофеева С.С. Возможности использования фиторемедиационного потенциала и сорбционно-габионных модулей в ревитализации техногенно-нарушенных территорий Южного Урала// Горно-информационный аналитический бюллетень Номер:56, Год: 2020 с. 17-41
12. Timofeeva, S.S. Ulrikh, D.V., Timofeev S.S. Phytomining perspectives in rehabilitation of mining and industrial areas of South Ural// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – № 66. – <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/66/1/012030/pdf>



13. Timofeev S.S. Timofeev S.S. Boboev A.A. Phytoremediation potential of aquatic plants in Uzbekistan for the treatment of cyanide-containing wastewater// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 962 (2020) 042096
Doi:10.1088/1757-899x/962/4/042096
14. Мустафаева З.А., Мирзаев У.Т., Холмурадова Т.Н. Современное состояние водных биоценозов водоемов бассейна реки Зарафшан // East European Scientific Journal//Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – Polska, 2016. – P. 16-21. IF– 0,5.