

В основу технологии переработки активного ила заложены процессы анаэробного сбраживания, формирование топливных гранул с последующей газификацией. Установка, реализующая данную технологию, представляет собой современное практическое решение [8].

Литература.

1. Нуркеев С.С., Нуркеев А.С., Джамалова Г.А., Кораблев В.В. [и др.] Использование биореакторов для моделирования процессов разложения свалочных масс и определения эмиссий загрязняющих веществ на полигонах твердых коммунальных отходов // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Архитектура и строительство в новом тысячелетии». г. Алматы, 7-8 ноября, 2008 г. Алматы: КазНТУ, 2009, С. 471-474.
2. Дубровский В.С., Виестур У.Э. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. Рига: Знание, 1988. 204 с.
3. Крупский К.Н., Андреев Е.Н., Ютина А.С. Использование биогаза в качестве источника энергии: обзорн. информ. М.: ЦБНТИ Минжилкомхоз РСФСР, 1988. 43 с.
4. Одноступенчатая очистка активным илом сточных вод от фенолов и роданидов / Я. А. Карелин, Н.А. Харитоновна / МГЦНТИ. М., 1987 (Экспресс-информ. Сер. Современное состояние и тенденции развития больших городов в СССР и за рубежом. Вып. 7).
5. Сабирова Т.М. Биологическая дезазотизация сточных вод коксохимического производства // Кокс и химия. 1999. № 11. С. 28 – 30.
6. Сабирова Т.М. О проблемах самопроизвольного развития нитрификаторов в сточных водах коксохимического производства / И.В. Неволлина, Т.М. Сабирова // Экологические проблемы промышленных регионов: Тез. докладов научно-техн. конф. Екатеринбург. 2004.
7. Сабирова Т.М. По итогам семинара биохимиков / Сабирова Т.М., Пименов И.В., Харитоновна Н.Д., Рязанцева Н.А., Конторович // «Кокс и химия» 2001 г. № 10. С.24.
8. Бернштейн Л.А., Френкель, М.Б. Гранулирование цементных сырьевых смесей при сухом и мокром способах изготовления. Госстройиздат, 1959.

#### ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Л.Г. Деменкова, ст. преп., Мартынюк Т.В., студент гр. 17Г61*

*Юргинский технологический институт Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская область, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (382-51)-777-64.*

*E-mail: lar-dem@mail.ru*

**Аннотация:** Дан обзор применения растений-ремедиаторов для очистки сточных вод, в т.ч. рыбохозяйственного комплекса. Обоснованы преимущества применения ряски малой (*Lemna minor*) для доочистки сточных вод, в соответствии потребностями производственных условий. Предлагается утилизировать отработанный растительный материал с получением кормовых добавок. Сделан вывод о перспективности использования ряски малой в качестве ремедиатора для очистки и доочистки сточных вод промышленных производств.

**Abstract:** The review of the application of plant-remediators for wastewater treatment, incl. fisheries complex. The advantages of using duckweed (*Lemna minor*) for post-treatment of waste water, in accordance with the requirements of production conditions, are substantiated. It is proposed to utilize the waste plant material with the production of feed additives. The conclusion is made about the prospects of using duckweed as a small remedy for cleaning and post-treatment of industrial wastewater.

Под фиторемедиацией понимают совокупность методов очистки и доочистки сточных вод, почв и атмосферы, использующих зеленые растения, являющихся разновидностью общего метода биологической ремедиации. В процессе фиторемедиации могут быть использованы как наземные, так и водные растения, аккумулирующие загрязняющие вещества из окружающей среды, к примеру, ива пепельная (*Salix cinerea*), ива пятитычинковая, или чернотал (*Salix repens*), тростник обыкновенный (*Phragmites communis*), пистия телорезовидная (*Pistia stratiotes*), ряска малая (*Lemna minor*) и др. В последние годы проводятся интенсивные исследования так называемых растений-гипераккумуляторов, в частности, водяного гиацинта, или эйхорнии отличной (*Eichhornia crassipes*). Кроме того, перспективно использование для фиторемедиации генно-модифицированных растений, трансформированных с помощью бактериальных генов. По данным Phytotech, Inc., разработанный в этой корпорации генно-модифицированный подсолнечник масличный (*Helianthus annuus*) способен аккумулировать более 90 % загрязняющих веществ из почвы в течение полугода [1].

Достоинствами фиторемедиации являются низкие финансовые затраты на проводимые работы по сравнению с традиционными технологиями; возможность последующей экстракции загрязнителей из растений-ремедиаторов для дальнейшего использования; безопасность для очищаемых объектов и окружающей среды в целом. К недостаткам данного метода очистки относятся: относительная длительность процесса и ограниченность глубины очистки. Тем не менее в последние годы возрастает популярность фиторемедиационных технологий очистки и доочистки сточных вод, основанных на использовании растений, представляющих в экологическом отношении альтернативу традиционным методам очистки. В данной работе изучены возможности ремедиации с помощью водных растений сточных вод рыбохозяйственного производства.

В исследовании Е.Э. Нефедьевой и др. [2] не только показана возможность ремедиации вод рыбоводных водоемов, но и доказано повышение эффективности производства продукции с использованием фиторемедиаторов. Растением-ремедиантом послужила уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum* L.).

Н.О. Сиволобовой проведёна экспериментальная работа по разработке модели доочистки сточных вод с использованием процессов фиторемедиации. Процесс осуществляется в горизонтальном отстойнике, в котором размещены в виде плавучего биоплата. Отработанные растения подвергаются термической утилизации, сжигаются в электропечах при 600°C. Предварительно из растений удаляется свободная влага при помощи центрифуги или пресса, а также связанная влага при помощи барабанной сушилки, рекуперирующей тепло отходящих газов. После сжигания в печи зола брикетуруется и применяется как удобрение. На наш взгляд, следует продумать и другие способы утилизации растений после ремедиации.

Г.А. Сорокиной и др. изучены возможности использования ряски малой и пистии телорезовидной в качестве биоремедиаторов [3]. Среда для изучения поведения пистии телорезовидной в работе данных авторов содержала отстоянную водопроводную воду с добавлением питательной среды Штейнберга с массовой концентрацией 2 % при естественном освещении и комнатной температуре. Среда Штейнберга была приготовлена в соответствии с требованиями ГОСТ 32426-2013 [4]. В отличие от этого, ряска малая выращивалась при круглосуточном освещении (3500–4000 лк) и термостатировании при 22°C в чистой среде Штейнберга. Авторы показали, что использование пистии телорезовидной как биоремедиатора целесообразно при очистке от ионов никеля при их концентрации в очищаемой воде не более 125 ПДК. Более интенсивно растение поглощает ионы меди и цинка, при этом остаточное содержание этих ионов меньше ПДК, установленного для рыбохозяйственных водоемов [5]. Использование ряски малой в качестве биоремедиатора, по мнению данных авторов, гораздо менее эффективно.

В работе Б.А. Каримова и А.М. Исмаиловой, напротив, отмечено значение ряски малой для использования в прудах-отстойниках, служащих для доочистки сточных вод после аэротенков [6]. Авторами установлено, что роль ряски малой заключается в обогащении сточной воды кислородом, интенсификации очистки от минеральных и органических загрязнителей. Авторы подчёркивают перспективность культивирования ряски малой не только как ремедиатора, но и предлагают пути дальнейшего использования её в качестве кормовой добавки в птицеводстве, животноводстве и рыболовстве. Питательной средой для культивирования ряски малой в данном исследовании являлась смесь водопроводной воды и сточных вод в разбавлении 1:1.

А.А. Аль-Хассаб и др. изучили возможность применения ряски малой для очистки сточных вод, полученных из метантенка [7]. Авторы подчёркивают, что важным преимуществом применения ряски является скорость её роста (биомасса удваивается в среднем за 2 дня), а также быстрое поглощение ионов аммония из сточных вод. Авторы исследовали скорость роста ряски и поглощение растением загрязняющих веществ (ионов аммония и полифосфатов) из сточных вод и пришли к выводу о перспективности применения ряски малой в качестве ремедиатора.

Г.Г. Борисова и др. [8], рассматривая возможность использования водного гиацинта (эйхорнии отличной) для очистки сточных вод, отметили, что, несмотря на опыт его применения на урбанизированных территориях, способность данного растения к быстрой акклиматизации и ещё более быстрому вегетативному размножению в летний сезон могут привести к неконтролируемому приросту фитомассы и требует выращивания с использованием ограничителей – биопонтонов.

Таким образом, анализируя возможности использования различных растений-ремедиаторов, следует признать, что наиболее перспективным является использование ряски малой. Потенциальными преимуществами данного растения является быстрый рост, богатый аминокислотный и мине-

ральный состав, что позволяет использовать её в качестве эффективной кормовой добавки. Ряска не требует глубоких прудов для культивирования. Ю.Н. Насонов утверждает, что продуктивность ряски довольно высока и составляет 44 тонны/га/год в теплом климате [9]. Однако в условиях Сибири это значение, конечно, будет гораздо ниже. При отрицательных температурах ряска образует зимующие почки, опускающиеся на дно водоёма для зимовки, поэтому культивирование ряски в зимний период возможно в закрытых отапливаемых помещениях. Лимитирующим фактором разрастания ряски может стать количество вносимых удобрений, но эта проблема успешно решается при использовании сточных вод промышленных производств, в т.ч. рыбохозяйственного комплекса. Ряска проявляет высокую чувствительность к ветру, порывы которого сбивают ряску к берегам пруда-отстойника, вызывая её накопление и гибель. Ряска должна культивироваться в стоячих водоёмах со скоростью течения не более 0,1 см/сек [10].

В Юргинском технологическом институте Томского политехнического университета в настоящее время проводятся исследования, целью которых является выявление оптимальных условий культивирования ряски малой, её способностей по аккумуляции органических и неорганических веществ из окружающей среды, а также путей и способов её дальнейшего использования. Полученные результаты позволяют характеризовать ряску малую как перспективный ремедиатор для очистки сточных вод промышленных производств, в т.ч. и рыбохозяйственного комплекса.

#### Литература.

1. Phytotech Laboratories [Электронный ресурс] / Phytotech. – Режим доступа: <http://www.phytotech.fr/>. Дата обращения: 10.10.2017 г.
2. Нефедьева, Е.Э. Доочистка сточных вод с помощью фиторемедиации [Текст] / Е.Э. Нефедьева // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – № 10. – Т. 20. – С. 145–148.
3. Сорокина, Г.А. Оценка возможности использования пистии телорезовидной (*Pistia stratiotes*) и ряски малой (*Lemna minor*) для фиторемедиации водной среды [Текст] / Г.А. Сорокина, Е.В. Злобина, Л.Г. Бондарева, М.А. Субботин // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №11. – С.182–186.
4. ГОСТ 32426-2013 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Испытание ряски на угнетение роста [Электронный ресурс] / Кодекс. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200107387>. Дата обращения: 10.10.2017 г.
5. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 [Текст] // Российская газета. – 2010. – № 5125.
6. Каримов, Б.А. Культивирование *Lemna minor* L. на сточных водах городской канализации [Электронный ресурс] / Б.А. Каримов, А.М. Исмаилова // Universum: химия и биология. – 2017. – № 1 (31). – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kultivirovanie-lemna-minor-l-na-stochnyh-vodah-gorodskoy-kanalizatsii>. Дата обращения: 07.10.2017.
7. Аль Кассаб, А.А. Применение ряски (*Lemna minor*) для очистки сточных вод из метантенка [Электронный ресурс] / А.А. Аль Кассаб, Г.А. Шевченко; науч. рук. В.В. Тихонов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, 29 мая–1 июня 2017 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); Институт природных ресурсов (ИПР); Институт физики высоких технологий (ИФВТ); Физико-технический институт (ФТИ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – [С. 401–402]. – Заглавие с экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. –Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/41636>. Дата обращения: 08.10.2017.
8. Борисова, Г.Г. Адаптивный потенциал высших водных растений с разной аккумулятивной способностью [Текст] / Г.Г. Борисова, Н.В. Чукина, М.Г. Малева // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2013. – № 3. – С. 104–114.
9. Насонов, Ю.Н. Фиторемедиация. Растения, очищающие среду [Электронный ресурс] / Archi. Place/ –Режим доступа: <http://archi.place/technologies/fitoremediatsiya-rasteniya-oshhishhayushhie-sredu/>. Дата обращения: 08.10.2017.
10. Mohedano R.A. et al. High nutrient removal rate from swine wastes and protein biomass production by full-scale duckweed ponds // Bioresource Technology, 2012.– Т.112. – С.98–104.