

первая свободноживущая личиночная стадия трематод – мирацидии, где обычно локализуются в печени. Там они сначала превращаются в спороцисту, в которой образуются партеногенетические яйца, дающие начало редиям. Внутри последних развивается новое партеногенетическое поколение – церкарии. Размеры церкарий трематод достаточно велики – от 0,5 мм у видов семейства Echinostomatidae и до 1–1,3 мм у видов родов *Trichobilharzia* и *Bilharziella* семейства Schistosomatidae, а их продукция составляет от нескольких сотен до тысяч в сутки. Для поддержания такой высокой интенсивности образования церкарий редиям необходимы значительные пищевые и энергетические ресурсы. Ими являются запасы гликогена, которые концентрируются преимущественно в печени моллюсков. Поэтому спороцисты и редии трематод при интенсивном партеногенетическом размножении приводят к разрушению печени и нарушению нормального пищеварения моллюсков, что оказывает значительный негативный эффект на их биохимические параметры и физиологическое состояние. В итоге замедляется рост гонады, а также женских и мужских придаточных органов, следовательно – снижается плодовитость. При широком развитии инвазии происходит прямое поражение гермафродитной железы и полная блокада процесса размножения [5]. Таким образом наличие у pulmonat паразитов может исказить результаты исследований на особях из естественных водоемов, либо усложнить получение от них потомства для создания чистой лабораторной культуры.

Перечисленные в статье средовые факторы не единственные, оказывающие влияние на легочных моллюсков, но по сути являются «обязательными», то есть присутствуют в любых местах обитания и не могут быть проигнорированы при проведении научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Golubev, A.P. Alternative modes of reproduction in populations of *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda, Pulmonata) as a factor of temperature adaptation / A.P. Golubev, O.A. Bodilovskaya, L.E. Slesareva // *Doklady Biological Sciences*. – 2011. – Vol. 438. – P. 1–4.
2. Круглов, Н. Д. Моллюски семейства прудовиков (Lymnaeidae Gastropoda Pulmonata) Европы и Северной Азии / Н. Д. Круглов // Смоленск, 2005. – 507 с/
3. Березкина, Г.В. Экология размножения и кладки яиц пресноводных легочных моллюсков / Г.В. Березкина, Я.И. Старобогатов // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1988. – Т. 174. – С. 306.
4. Koene, J.M. Energy budgets in the simultaneously hermaphroditic pond snail, *Lymnaea stagnalis*: a trade-off between growth and reproduction during development / J.M. Koene, A.Ter Maat // *Belg. J. Zool.* – 2004. – Vol. 134, № 2/1. – P. 41–45.
5. Fryer, S.E. The effect of *Schistosoma haematobium* infection on the growth and fecundity of three sympatric species of bulinid snails / S.E. Fryer // *J. Parasitol.* – 1990. – Vol. 76, № 4. – P. 557–563.

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЯ

PROBLEMS ASSOCIATED WITH SEWAGE SLUDGE DISPOSAL AND PROMISING DIRECTIONS FOR THEIR SOLUTION

Н. В. Емельяненко, О. И. Родькин
N. V. Emelianenko, A. I. Rodzkin

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
info@iseu.by, attractive675@mail.ru

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Процессы урбанизации и индустриализации во всем мире привели к резкому увеличению объемов сточных вод и их осадков, образующихся на очистных сооружениях. Основным методом их утилизации является хранение на специальных полигонах, что требует отчуждения земель и негативно влияет на окружающую среду. Поэтому, вопросы, связанные с поиском новых направлений утилизации осадков сточных вод, являются актуальными для исследований. Эффективный, экономически и экологически обоснованный менеджмент в сфере утилизации осадков сточных вод является одной из важнейших задач в сфере охраны окружающей среды для Республики Беларусь [1].

The processes of urbanization and industrialization throughout the world have led to a sharp increase in the volume of wastewater and its sludge generated at wastewater treatment plants. The main method of their disposal is

storage in special landfills, which requires the alienation of land and negatively affects the environment. Therefore, issues related to the search for new directions for recycling sewage sludge are relevant for research. Effective, economically and environmentally sound management in the field of wastewater sludge disposal is one of the most important tasks in the field of environmental protection for the Republic of Belarus

Ключевые слова: осадки сточных вод, утилизация, иловые площадки, очистные сооружения.

Keywords: sewage sludge, recycling, sludge beds, treatment facilities.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-115-116>

В Республике Беларусь эксплуатируется 261 очистное сооружение, из которых 200 сооружений биологической очистки сточных вод различной производительности (рис.1) [3]. Количество осадков, образующихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10 % от объема поступающих вод.



Рисунок 1 – Количество очистных сооружений и полей фильтрации

Суммарная мощность очистных сооружений по областям и г. Минску на 2019 г. составляет 2579 млн м³/год (таблица 1). В то же время фактический объем нормативно-очищенных и недостаточно очищенных сточных вод не превышает 857 млн м³.

Таблица 1

Статистика по суммарной мощности очистных сооружений по областям и г. Минску за 2013–2019 гг., млн м³/год

Регион Беларуси	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Брестская область	305,9	313,7	318,2	332,0	325,8	360,7	384,4
Витебская область	211,9	215,6	215,7	202,1	203,5	360,6	376,1
Гомельская область	238,2	240,0	239,5	241,1	266,7	425,4	442,6
Гродненская область	215,7	215,4	215,2	212,3	210,4	236,7	235,2
г. Минск	334,1	348,1	348,3	378,7	393,9	398,7	414,4
Минская область	271,4	273,5	271,4	227,3	224,6	309,3	432,9
Могилевская область	256,8	264,6	264,6	251,8	259,8	273,5	294,4
Республика Беларусь	1834,0	1871,71	1872,9	1845,4	1884,8	2365,1	2579,9

Степень загрузки очистных сооружений по крупным городам в условиях сохраняющегося неполного использования производственных мощностей крупных предприятий остается на среднем уровне – 76 %, в том числе: Слуцк (94 %), Брест (89 %), Минск (86 %), Витебск (83 %), Гомель (78 %), Солигорск (78 %), Жлобин (77 %), Жодино (77 %), Молодечно (76 %), Дзержинск (76 %) [3].

По средним и малым городам этот показатель снижается в среднем до 50 %.

В результате очистки сточных вод в Республике Беларусь ежегодно образуется около 180–197 тысяч тонн осадков по сухому веществу. Наибольший удельный вес в общей структуре осадков сточных вод имеют избыточный активный ил и сырой осадок, причем объем избыточного активного ила в 1,5–2 раза больше, чем объем сырого осадка [5].

В настоящее время в Республике Беларусь накоплено более 4 млн т осадков, которые размещаются на иловых площадках [3]. Площадь иловых площадок (полигонов) в Республике Беларусь, на которых захораниваются

осадки коммунальных очистных сооружений, в 3–5 раз превышает площадь полигонов твердых коммунальных отходов и составляет более 2000 га.

Однако многие очистные сооружения принимают сточные воды с концентрацией, по отдельным ингредиентам превышающей нормируемые значения. Кроме того, имеются случаи перегрузки некоторых, требующих реконструкции или находящихся в процессе реконструкции очистных сооружений по объему принимаемых стоков (например, г. Гродно). В результате в водные объекты поступают недостаточно очищенные сточные воды, содержащие различные загрязняющие вещества. В осадке сточных вод содержатся не только биогенные элементы, такие как фосфор, азот и углерод, но и загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы (кадмий, ртуть) и органические загрязнители. Их концентрации в осадках сточных вод зависят от характера поступающих на очистку хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. Высокие концентрации меди и цинка часто поступают с хозяйственно-бытовыми сточными водами, кадмий, хром, ртуть и свинец – с производственными.

В процессах биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях образуется значительное количество отработанного активного ила, которое накапливается на иловых полях. Воздействие атмосферных осадков на расположенный на иловых картах отработанный активный ил приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод. Складирование активного ила на иловых площадках приводит к накоплению в почве солей тяжелых металлов, они, в свою очередь, загрязняют почвенный покров и, как следствие, оказывают негативное влияние на атмосферный воздух. Все это отрицательно сказывается на состоянии окружающей среды, здоровье человека и животных [3].

В настоящее время в зарубежной практике используется ряд методов утилизации и переработки осадков сточных вод. В частности, перспективным направлением является производство биогаза посредством анаэробного сбраживания. Для стимулирования переработки осадков сточных вод во многих странах Европы предоставляются налоговые льготы. Так, в Дании на этих условиях действует 18 биогазовых заводов [2].

В странах Азии также прослеживается популярность различных способов утилизации в зависимости от региона. Так, в Японии чаще всего ОСВ используют для получения биогаза, в стране более 15 % станций канализационной очистки снабжены резервуарами для сбраживания.

Практический интерес имеет другой пример использования осадков сточных вод в Японии. Так, в центре Сунатами осадки сточных вод трансформируются в топливо из биомассы, после чего оно транспортируется на электростанцию, где смешивается с углем. Полученная смесь сжигается в генераторной установке. Теплотворная способность твердого топлива, изготовленного из осадков сточных вод, сравнима с теплотворной способностью низкокачественного угля. Ежегодно на шламовом заводе перерабатывается до 99000 т обезвоженного осадка, в результате чего получается 8700 т твердого топлива.

В Южной Корее наиболее активно развивается направление использования осадков сточных вод в целях получения бионефти и биогаза. Для этих целей используют более 22 % осадков сточных вод. Порядка 16 % осадков сточных вод сжигается на специализированных заводах. Тем не менее до настоящего времени большая часть (около 37 %) осадков передается для хранения [2].

В КНР около 30 % осадков сточных вод используется в качестве удобрений, 26,7 % сжигается в специальных установках, остальное складывается в отвалы. В США около 55 % образующегося осадка вносят в почву для агротехнических целей и рекультивации земель, оставшиеся 45 % частично размещаются на полигонах твердых бытовых отходов и частично утилизируются на мусоросжигательных заводах или компостируются в специальных установках для получения грунтов.

В России в качестве удобрений из общего объема осадков сточных вод используется не более 5–7 %, большая часть складывается на иловых площадках и в шламонакопителях, где происходит их стабилизация в естественных климатических условиях.

Сжигание осадков сточных вод имеет высокую популярность, так как позволяет избежать отчуждения большого количества площадей для их размещения, а также уменьшить экологическую нагрузку на близлежащих территориях. Однако этот метод также отрицательно воздействует на окружающую среду, так как при сжигании происходит выделение в атмосферу продуктов горения, эмиссия загрязняющих веществ из осадков сточных вод в отходящие газы, а такие химические элементы, как ртуть, мышьяк и селен, могут проходить через систему очистки продуктов сгорания без задержки в достаточно большом количестве, что предполагает дополнительные затраты на доочистку продуктов горения. Образовавшиеся зольные остатки имеют более высокие концентрации некоторых веществ, определяемых в составе осадков сточных вод, например тяжелых металлов, что необходимо учитывать при их дальнейшем размещении или использовании. Помимо этого, требуется предварительная подготовка осадков перед процессом подачи на сжигание, которая определяется типом печи и применяемой технологией сжигания [2].

Кроме того, анаэробное сбраживание осадков сточных вод требует специального крупногабаритного оборудования и энергозатрат на поддержание рабочих характеристик процесса.

Особый интерес для многих стран Европы и Азии вызывает разработка технологий извлечения фосфора из золы осадков сточных вод из-за высокого спроса на него в сельскохозяйственном производстве. Страны ЕС практически полностью зависимы от импорта фосфорных удобрений (91 %). Однако извлечение фосфора из золы осадков сточных вод является дорогостоящим процессом.

В Республике Беларусь, на данный момент, основной способ обработки осадков сточных вод заключается в их обезвоживании и складировании обезвоженных осадков на иловых картах и в илонакопителях. Иловые площадки также имеют существенные недостатки:

- опасность попадания иловой воды, содержащей значительные концентрации загрязняющих веществ, в водонесные горизонты при использовании иловых площадок без искусственного асфальтобетонного основания;
- эмиссия газов, приводящих к распространению запахов на прилегающие территории [2].

Наиболее предпочтительной технологией утилизации осадка сточных вод как с точки зрения экономической эффективности, так и охраны окружающей среды является его переработка в гранулированные органоминеральные удобрения методом известкования. В Республике Беларусь при поддержке правительства РБ совместно с российскими партнерами ведется работа по внедрению указанной технологии на оборудовании, спроектированном и изготовленном с использованием производственных возможностей местной промышленности. Это позволит значительно снизить стоимость установки и в конечном счете решить триединую задачу в республиканском масштабе: утилизацию осадка сточных вод, отходов животноводства и птицеводства, насыщение обедненных почв органикой объемом не менее 10–15 млн. тонн в год и известкование кислых почв [5].

Исходя из вышесказанного, стоит отметить, что вопрос об утилизации осадков сточных вод стоит довольно остро, что обусловлено увеличением их объема в связи с ростом численности городского населения и увеличения количества сточных вод. Метод, предлагаемый нами, заключается в использовании осадков сточных вод в качестве органоминерального азотно-фосфорного удобрения для выращивания растений. Поскольку осадки сточных вод, в независимости от вида, оказывают существенное влияние на показатели потенциального плодородия почвы. Под влиянием осадков сточных вод заметно улучшаются пищевой режим почвы, особенно азотный и фосфорный, биологическая активность. Например, в Брестской области, на сельскохозяйственных угодьях вносится только 35 % от требуемой нормы фосфорных удобрений и 62 % – азотных. В то же время, доля почв с низким содержанием фосфора на пашне составляет 25,6 %, на лугах – 56,4 %. В связи с этим, использование осадков сточных вод в качестве органических удобрений является весьма актуальным [3].

Проблемой является экологически обоснованное использование осадков сточных вод в качестве удобрений. Согласно данным, опубликованным в литературных источниках для осадков сточных вод характерно высокое содержание ряда химических элементов, в том числе тяжелых металлов. Поэтому использование полученной растениеводческой продукции должно осуществляться с учетом факторов накопления загрязнителей в биомассе растений.

Согласно литературным данным, применение осадков сточных вод в качестве удобрений, способствовало повышению урожайности ивы, ячменя овса, озимой пшеницы. В кормах, полученных из растений, при выращивании которых в качестве органических удобрений использовались осадки сточных вод в низких дозах внесения накопление токсических элементов не превышало предельно допустимые уровни содержания их в продукции. Более того, древесные растения, к которым относится ранее упомянутая ива, образующие большую биомассу, способны к длительному произрастанию на загрязненных территориях. Многие из них хорошо приспосабливаются в широком интервале pH почвы, являются декоративными, быстрорастущими и успешно накапливающими поллютанты в тканях своих органах, не являясь при этом гипераккумуляторами. Так, по данным, измененные методами инженерии растения ивы (*Salix viminalis*), в перерасчете на 1 га за счет образования большой биомассы, способны накапливать в 6,2 раза выше Cd, чем гипераккумулятор (*Thlaspi caerulescens*) и в 5 раз больше, чем гипераккумулятор (*Alyssium murale*). Загрязненная биомасса древесных в дальнейшем подлежит сжиганию и захоронению, или использованию как вторичное сырье [4].

Таким образом, применение нетрадиционных видов органических удобрений при соблюдении экологически обоснованных доз внесения является эффективным приемом, позволяющим повысить урожайность кормовых культур и качество кормов, значительно сократить дефицит питательных веществ в земледелии [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Валиев В.С. Анализ мирового опыта утилизации осадка городских сточных вод / В.С. Валиев, Д.В. Иванов, Р.Р. Шагидуллин // Российский журнал прикладной экологии, Экологические биотехнологии. – 2020. – С.43–47.
2. Манжина С. А. Российские и зарубежные практики обращения с осадком сточных вод/ С. А. Манжина // Экология и водное хозяйство. – 2023. – Т. 5, № 1. С. 15–31.
3. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод / А. Б. Невзорова. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 109 с.
4. Автухович Е.И. Повышение фитоэкстракции почвенного кадмия посредством применения ЭДТА/ Е.И. Автухович// Лесной вестник / Forestry bulletin, Экологические биотехнологии. – 2003. – С.134.
5. Проблема утилизации осадков сточных вод городской канализации: обзор методов и новые способы решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://watermagazine.ru/analitika/obzori/27886-problema-utilizatsii-osadkov-stochnykh-vod-gorodskoj-kanalizatsii-obzor-metodov-i-novye-sposoby-resheniya.html?ysclid=lt1pafi68839942124>. – Дата доступа: 24.02.2024.