

УДК 628.38

**Н. И. Шепелева, В. Н. Марцунь, И. В. Войтов****ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД  
ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ ИХ ОБРАБОТКИ**

*Рассматриваются результаты исследования токсичности продуктов термообработки осадков сточных вод методами биотестирования и исследования влияния катионного флокулянта, используемого при обезвоживании осадков сточных вод на их токсичность. Показано, что термообработка осадков сточных вод приводит к снижению показателей токсичности. Установлено, что присутствие катионного флокулянта не оказывает существенного влияния на токсичность обезвоженных осадков сточных вод.*

Развитие химической промышленности сопровождается появлением множества новых веществ органической и неорганической природы, что приводит к неизбежному поступлению значительного количества различных соединений в состав городских сточных вод.

Несмотря на сложный состав городских сточных вод, санитарно-гигиенический контроль на очистных сооружениях канализации проводится по ограниченному перечню загрязнителей, как правило, это ионы тяжелых металлов (Cr, Ni, Fe, Cu, Zn, Co, Cd, Pb, Mn), взвешенные вещества, различные формы соединений азота, хлориды, сульфаты, нефтепродукты, фосфаты и фосфор общий, поверхностно-активные вещества и др. Однако, даже в случае, когда значения ПДК по указанным веществам не превышаются, нельзя однозначно сказать, что очищенные воды будут являться нетоксичными.

Осадки сточных вод являются неизбежным побочным продуктом процессов очистки городских сточных вод. Их состав также разнообразен и зависит от условий и особенностей конкретной местности, но в большей степени определяется составом сточных вод, поступающих на очистку.

В связи с отсутствием альтернативных направлений использования, осадки сточных вод, образующиеся на очистных сооружениях канализации Республики Беларусь, направляются для длительного хранения на иловые площадки. В настоящее время на таких площадках накоплено более 9 млн т осадков, что позволяет говорить о них как о неиспользуемых многотоннажных отходах биологической очистки городских сточных вод. Количество осадков в ближайшие десятилетия будет неизбежно увеличиваться, учитывая рост населения, главным образом в городах.

Депонирование осадков на иловых площадках не является рациональным вариантом обращения с ними, поскольку существует множество альтернативных способов использования. Осадки характеризуются уникальным составом и высоким энергетическим потенциалом, поэтому

при проведении соответствующей обработки они могут использоваться в качестве как почвоулучшающих добавок, так и местного топливно-энергетического ресурса.

В Республике Беларусь не контролируется содержание в осадках преобладающей части опасных для окружающей среды и здоровья человека загрязнителей. В первую очередь это связано с их многокомпонентным составом, который часто не позволяет однозначно определить вещества, требующие специальных мер санитарно-гигиенического контроля. Поэтому в настоящее время не все вещества, содержащиеся в осадке, идентифицированы, и не для всех установлены нормативы ПДК.

Однако использование сельскохозяйственного и энергетического потенциала осадков сточных вод с соблюдением принципов устойчивого развития, возможно только в случае получения экологически безопасных продуктов на их основе.

Загрязнители, обуславливающие токсичность осадков сточных вод и, следовательно, продуктов на их основе (зола, кокс, сброженный остаток и др.) можно условно разделить на следующие группы: потенциально токсичные элементы и органические загрязнители.

В группу потенциально токсичных элементов входят тяжелые металлы, такие как кадмий, хром (в виде  $Cr^{3+}$  и  $Cr^{6+}$ ), медь, ртуть, никель, свинец и цинк. Тяжелые металлы, присутствующие в городских сточных водах как в составе взвешенных веществ, так и в растворенном виде, в процессе биологической очистки преимущественно переходят в осадки сточных вод. Тем не менее более 20 % от первоначального количества металлов может покидать очистные сооружения в составе очищенных сточных вод. Например, с очищенными сточными водами может сбрасываться до 40–60 % никеля, поступающего на очистные сооружения [7].

К группе органических загрязнителей относят полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, полихлорирован-

ные дибензо-*p*-диоксины и дибензо-*p*-фураны, ди-(2-этилгексил)-фталат, линейные алкилбензосульфونات, нонилфенол и нонилфенол этоксилат [10].

В городских сточных водах и осадках обнаружено уже более 6000 органических соединений преимущественно антропогенного происхождения. Большая часть органических соединений, присутствующих в сточных водах, подвергается биодegradации на очистных сооружениях и не представляет опасности. Однако соединения, входящие в группу органических загрязнителей, практически не подвергаются биодegradации и способны накапливаться в осадках сточных вод и объектах окружающей среды [8].

Все большее внимание уделяется влиянию флокулянтов на токсичность обезвоженных осадков сточных вод и безопасному использованию таких осадков в сельском хозяйстве [13, 9]. В Республике Беларусь на некоторых очистных сооружениях канализации осадки подвергают механическому обезвоживанию, для интенсификации которого в них чаще всего вводят высокомолекулярные синтетические водорастворимые полимеры – флокулянты. Наиболее эффективными при обезвоживании осадков являются катионные флокулянты на основе полиакриламида, однако в ряде исследований, связанных с определением их токсичности [12–14], сообщается об ингибирующем влиянии флокулянтов на рост некоторых видов водорослей (*Closterium ehrenbergii*), высших растений (*Brassica rapa L.*, *Sesamum indicum L.*, *Triticum aestivum L.* и др.), а также об угнетении процессов размножения почвенных бактерий (*Bacillus subtilis*), что ставит вопрос об экологической безопасности использования данных флокулянтов под сомнение.

Обобщая вышеизложенное, необходимо отметить, что в связи с наличием в составе осадков сточных вод широкого спектра опасных загрязнителей, подход к определению токсичности осадков на основе результатов аналитического контроля содержания всей совокупности загрязнителей является дорогостоящей и трудоемкой процедурой, которая затрудняет выбор экологически безопасных способов обращения с ними, а в ряде случаев и вовсе препятствует использованию осадков из-за высоких экономических затрат.

В качестве альтернативы такому подходу, которая позволит однозначно определить степень токсичности осадков и не будет сопровождаться высокими экономическими затратами, можно предложить проведение аналитического контроля по ограниченному списку приоритетных загрязнителей (потенциально-токсичные элементы и органические загрязнители) в сочетании с использованием методов биотестирования.

*Биотестированием* называют процедуру установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности, независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения у них жизненно важных функций [5]. Таким образом, биотестирование позволяет определить интегральную токсичность, обусловленную совокупностью всех присутствующих в пробе опасных загрязнителей и их метаболитов.

Благодаря своей надежности, относительной дешевизне проведения и скорости получения результатов, методы биотестирования получили широкое распространение при определении токсичности образцов, обладающих сложным составом (сточные, грунтовые и поверхностные воды, загрязненные почвогрунты, отходы производства). Методики биотестирования не только позволяют получить информацию о величине интегрального загрязнения, но и более полно отражают сами последствия загрязнения. Говорить об универсальности таких методик было бы неверно из-за наличия у некоторых видов тест-организмов особой (избирательной) чувствительности к одним группам загрязнителей по сравнению с другими.

Цель работы – определить токсичность продуктов, полученных при различных видах обработки осадков сточных вод, методами биотестирования. О токсичности продуктов обработки осадков сточных вод судили по результатам тестирования полученных из них водных вытяжек.

В ходе исследований также определяли влияние флокулянта марки «Зетаг 8185», используемого на Минской очистной станции, на токсичность водных вытяжек, полученных из обезвоженных осадков сточных вод. Согласно технологическому регламенту Минской очистной станции, расход флокулянта составляет до 3 кг/т сухого вещества осадка.

Флокулянт марки «Зетаг 8185» относится к катионным полиэлектролитам, является сополимером акриламида и четвертичного катионного мономера. Данные о термической устойчивости флокулянта в настоящее время отсутствуют, однако можно сделать предположение о сходстве его физических свойств с полиакриламидом, который является устойчивым в диапазоне температур 25–100 °С. Токсичность водных растворов флокулянта для различных видов рыб и дафний составляет ЛК<sub>50–96</sub> = 1–10 мг/л и ЭК<sub>50–48</sub> = 10–100 мг/л соответственно. Флокулянт слабо подвергается биологической деградации [11].

Объектом исследования являлась обезвоженная и не обезвоженная смесь осадка сточных вод и избыточного активного ила (далее – осадок сточных вод). Пробоотбор осуществляли на Минской очистной станции в период с 01.02.2015 г. по 01.02.2016 г.

Для получения данных о токсичности продуктов обработки осадков сточных вод проводили серию опытов в количестве не менее 20 испытаний для каждого из исследуемых продуктов с использованием трех видов тест-объектов, результаты определений подвергали статистической обработке. В качестве тест-объектов использовали оборотный активный ил из аэротенков Минской очистной станции, культуру микроводоросли *E. gracilis* и популяцию зоопланктона *Daphnia Magna Str.*

Образцы осадков сточных вод обрабатывали при следующих температурных режимах:

- выдержка при температуре  $20 \pm 5$  °С (имитация сушки осадка на иловых площадках в естественных условиях окружающей среды);
- сушка при температуре 105 °С до удаления гигроскопической влаги;
- обработка при температуре 270 °С (неполное озоление);
- прокаливание при температуре 570 °С (полное озоление).

Водные вытяжки из продуктов обработки осадков сточных вод получали по методике [6]. Вытяжки готовили при соотношении твердая фаза : жидкость, равном 1 : 10. В качестве жидкой фазы использовали дистиллированную воду. Твердую фазу суспензии в течение 8 ч поддерживали во взвешенном состоянии при помощи перемешивающего устройства LS-110 (ЛАБ ПУ-01) при частоте колебаний платформы 100 об/мин. Затем проводили отстаивание суспензии в течение 12 ч. После этого отделяли надосадочную жидкость от взвешенных частиц фильтрованием через фильтр «белая лента». Полученный фильтрат использовали для проведения биотестирования.

Биотестирование методом определения дегидрогеназной активности ила (ДАИ) осуществляли по методике [3]. Микроорганизмы активного ила, используемые на очистных сооружениях канализации, очищают сточные воды от загрязнений за счет выработки катализаторов белковой природы и ферментов, активность которых определяет скорость и глубину процессов биологического окисления. Суммарная активность ферментов дегидрогеназ является показателем общей биологической активности ила. ДАИ обуславливается активностью самих микроорганизмов, а также количеством и степенью загрязненности среды.

Принцип метода заключается в восстановлении бесцветной окисленной формы трифенилтетразолия хлористого в красный формазан, не растворимый в воде, но растворимый в этаноле, ацетоне, бензоле и других веществах. Количество образованного формазана (судят по интенсивности окраски спиртовой вытяжки) пропорционально активности дегидрогеназ.

В качестве показателя токсичности водных вытяжек, полученных из продуктов термообработки осадков сточных вод, использовали значение относительной ДАИ  $D_{отн.}$ , которое определяли как отношение оптической плотности спиртового экстракта опытной пробы (оборотного активного ила, к которому добавляли водную вытяжку) к оптической плотности спиртового экстракта холостой пробы (оборотный активный ил без добавления вытяжки):

$$D_{отн.} = \frac{D_0 - D_i}{D_0}, \quad (1)$$

где  $D_0$  – оптическая плотность спиртового экстракта холостой пробы;  $D_i$  – оптическая плотность спиртового экстракта  $i$ -й опытной пробы.

Биотестирование методом определения относительной подвижности клеток тест-культуры микроводоросли *E. gracilis* проводили согласно работе [2]. Микроводоросль широко распространена в природных водоемах и проявляет достаточно высокую чувствительность к загрязнению воды. Для экспериментов использовали трехсуточную культуру. В качестве контрольной среды использовали питательную среду Лозино-Лозинского. О токсичности водных вытяжек из продуктов термообработки осадков сточных вод судили по изменению скорости движения клеток *E. gracilis*, для чего измеряли время пробега отдельными клетками фиксированного расстояния (60 мкм) в контрольной и анализируемой средах.

Токсичность водных вытяжек, полученных из продуктов термообработки осадков сточных вод, ( $T$ , %), рассчитывали следующим образом:

$$T = \left(1 - \frac{V}{V_k}\right) \cdot 100, \quad (2)$$

где  $V$  – средняя скорость движения клеток в анализируемой водной вытяжке, мкм/с;  $V_k$  – средняя скорость движения клеток в среде Лозина-Лозинского, мкм/с.

Биотестирование по гибели популяции зоопланктона *Daphnia Magna Str.* осуществляли согласно методике [6]. В ходе исследований водных вытяжек, полученных из продуктов термообработки осадков сточных вод, определяли среднюю летальную концентрацию вытяжек, вызывающую гибель 50 % тест-объектов за 96-часовую экспозицию ( $ЛК_{50-96}$ ). Критерием острой летальной токсичности вытяжек считали гибель 50 % дафний и более в опыте в течение 96 ч при условии, что в ходе контрольного эксперимента с использованием культивируемой воды их гибель не превышала 10 %.

Для определения острой летальной токсичности водных вытяжек рассчитывали процент

погибших в тестируемой вытяжке дафний ( $A$ , %) по сравнению с контролем (культивационной водой) следующим образом:

$$A = \frac{X_k - X_t}{X_k} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $X_k$  – количество выживших дафний в контроле, шт.;  $X_t$  – количество выживших дафний в исследуемой водной вытяжке из продуктов обработки осадков сточных вод, шт.

При  $A \leq 50$  % водная вытяжка, полученная из продуктов обработки осадков сточных вод, не оказывает острого токсического действия (безвредная концентрация), а при  $A \geq 50$  % она оказывает острое токсическое действие (средняя летальная концентрация).

Количество флокулянта, переходящее из обезвоженного осадка в водную вытяжку, определяли согласно методике [1]. Для этого из обезвоженного осадка в день пробоотбора готовили водные вытяжки согласно методике [6] и определяли в них концентрацию флокулянта марки «Зетаг 8185» фотометрическим методом. К 10 мл водной вытяжки приливали 10 мл цитратного буфера ( $pH = 3,5$ ) и 1 мл 0,05 %-го водного раствора эозина. Через 5 мин проводили фотометрирование при длине волны 535 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Раствором сравнения служила водная вытяжка без добавления эозина. Концентрацию флокулянта в исследуемой пробе рассчитывали по градуировочному графику.

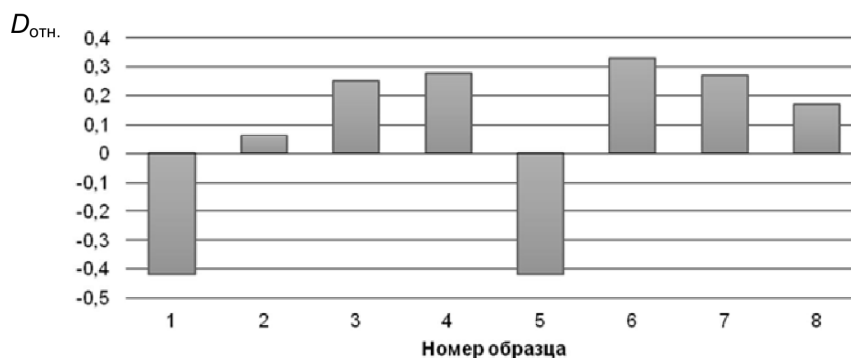
При определении количества флокулянта, переходящего в водную вытяжку, проводили серию экспериментов, состоящую из 10 определений для каждого вида исследуемых продуктов обработки обезвоженных осадков сточных вод. Результаты определений подвергали статистической обработке. Усредненные результаты определения количества флокулянта марки «Зетаг 8185», переходящего в водную вытяжку из продуктов обработки осадков сточных вод, представлены в табл. 1.

Как видно из представленных данных, концентрация флокулянта марки «Зетаг 8185» в водных вытяжках с увеличением длительности и температуры выдержки образцов снижается. При повышении температуры сушки до 105 °С, концентрация флокулянта в вытяжке была ниже предела обнаружения (менее 1 мкг/л), что также свидетельствует о его низкой термической устойчивости и склонности к биodeградации в аэробных условиях.

Усредненные результаты исследования токсичности водных вытяжек (полученных из продуктов термической обработки осадков сточных вод) методом определения ДАИ представлены на рис. 1, из которого видно, что значения относительной дегидрогеназной активности водных вытяжек, полученных из продуктов термической обработки осадков сточных вод, преимущественно находятся в области положительных значений, что указывает на слабую степень угнетения тест-объекта (биоценоза активного ила). Значения относительной дегидрогеназной активности большинства образцов находятся в пределах 0,06–0,32.

**Таблица 1. Результаты определения содержания флокулянта марки «Зетаг 8185» в водных вытяжках**

Номер образца	Наименование	Продолжительность и условия выдержки образца до начала анализа	Концентрация флокулянта в вытяжке, мг/л
1	Обезвоженный сырой осадок	Менее 24 ч, 4±1 °С, анаэробные условия	5,46±0,27
2		7 сут., 4±1 °С, анаэробные условия	2,74±0,14
3	Высушенный обезвоженный осадок	7 сут., 20±5 °С, аэробные условия	2,1±0,11
4		3 сут., 105 °С, аэробные условия	> 0,001



**Рис. 1. Результаты исследования токсичности водных вытяжек методом определения ДАИ для образцов осадков до (1–4) и после (5–8) обезвоживания, обработанных при температуре, °С: 1, 5 – 20±5; 2, 6 – 105; 3, 7 – 270; 4, 8 – 570**

Существенные различия в значении относительной дегидрогеназной активности наблюдаются для вытяжек, полученных из осадков сточных вод, которые были высушены при температуре 20±5 °С. Как видно из представленных данных, эти образцы обладают наибольшей токсичностью. Значения относительной дегидрогеназной активности данных водных вытяжек в целом сопоставимы и составляют -0,415 и -0,413 соответственно. Таким образом, можно сделать вывод о том, что наличие флокулянта марки «Зетаг 8185» в обезвоженном осадке не оказывает существенного влияния на показатели токсичности продуктов его термообработки.

Усредненные результаты исследования токсичности водных вытяжек (полученных из продуктов термообработки осадков сточных вод) методом определения относительной подвижности клеток микроводоросли *E. gracilis* представлены на рис. 2. Из диаграммы видно, что показатели токсичности водных вытяжек лежат в широком диапазоне значений (от 7 до 73 %). В целом прослеживается тенденция к снижению токсичности водных вытяжек с увеличением температуры обработки осадков сточных вод. Причем наибольшей токсичностью обладают водные вы-

тяжки, полученные из образцов необезвоженного осадка, обработанных при температуре 20±5 и 105 °С, а также вытяжка из обезвоженного осадка, высушенного при 20±5 °С, что сопоставимо с результатами, полученными при использовании метода определения ДАИ.

При исследовании токсичности продуктов термообработки осадков сточных вод методом определения гибели зоопланктона *Daphnia Magna Str.* анализировали водные вытяжки в 1, 3, 9, 30 и 100 %-ных концентрациях, согласно работе [6], в которых затем рассчитывали долю дафний (А, %), погибших в течение 96 ч. Для приготовления разбавлений водных вытяжек использовали культивационную воду, которую получали путем отстаивания и аэрирования водопроводной воды в течение 3 сут. в бутылках из бесцветного стекла. Результаты эксперимента представлены в табл. 2, из которой видно, что в водных вытяжках, полученных из обезвоженных и необезвоженных осадков сточных вод, обработанных при 270 и 570 °С, доля выживших дафний составила 100 %. Этот факт указывает на то, что данные водные вытяжки не оказывают острого токсического действия на особей *Daphnia Magna Str.* даже при 100 %-ных концентрациях.

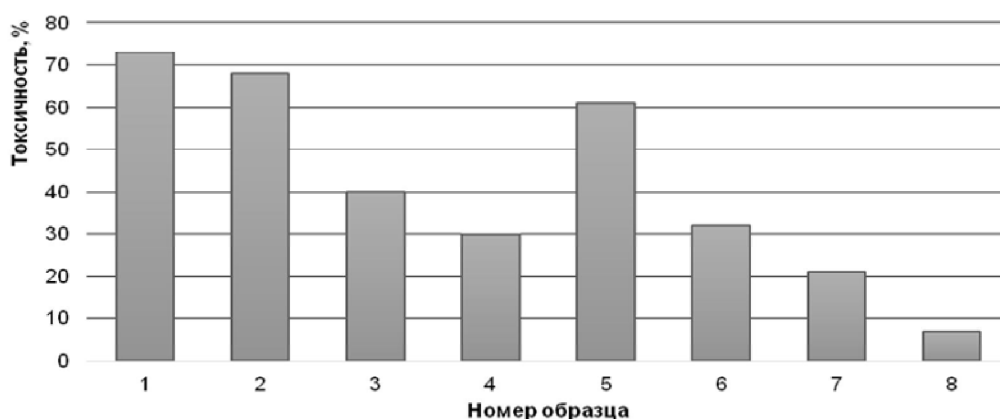


Рис. 2. Результаты определения токсичности водных вытяжек с использованием тест-культуры *E. gracilis* для образцов осадков до (1–4) и после (5–8) обезвоживания, обработанных при температуре, °С: 1, 5 – 20±5; 2, 6 – 105; 3, 7 – 270; 4, 8 – 570

Таблица 2. Процент погибших в ходе эксперимента дафний

Осадок сточных вод, обработанный при температуре, °С	Концентрация водной вытяжки, %				
	1	3	9	30	100
	Доля погибших в тестируемой вытяжке дафний (А), %				
<i>До обезвоживания</i>					
20±5	0	0	43	71	100
105	0	14	57	100	100
270	0	0	0	0	0
570	0	0	0	0	0
<i>После обезвоживания</i>					
20±5	0	0	14	86	100
105	0	14	43	100	100
270	0	0	0	0	0
570	0	0	0	0	0

При тестировании прочих водных вытяжек из продуктов термообработки осадков сточных вод ( $20\pm 5$  °С, 105 °С) была зафиксирована смертность особей в ходе эксперимента, поэтому для данных вытяжек рассчитывали среднюю летальную концентрацию (ЛК<sub>50-96</sub>) неграфическим методом согласно работе [6]. Результаты расчета представлены в табл. 3. Из имеющихся в ней данных видно, что значения летальных концентраций вытяжек находятся в достаточно высоком (с точки зрения токсикологии) диапазоне концентраций – 9,7–16,4 %, который по классификации В. В. Метелева [4] соответствует пятой группе токсичности (очень слаботоксичные вещества, ЛК<sub>50-96</sub> > 0,1 %).

Таблица 3. Результаты расчета ЛК<sub>50-96</sub>

Осадок сточных вод, обработанный при температуре, °С	ЛК <sub>50-96</sub> , %
20±5	12,1
105	16,4
270	9,7
570	10,0

**Заключение.** С использованием методов биотестирования исследована токсичность продуктов, полученных при различных режимах термической обработки осадков сточных вод. На основании реакции тест-организмов (оборотного активного ила, микроводоросли *E. gracilis* и зоопланктона *Daphnia Magna Str.*) на состав водных вытяжек, полученных из продуктов термообработки осадков сточных вод, выявлено, что наибольшей токсичностью обладают осадки, высушенные при температуре  $20\pm 5$  и 105 °С.

Установлено, что наличие в составе обезвоженного осадка флокулянта марки «Зетаг 8185» не приводит к существенному увеличению токсичности по сравнению с необезвоженным осадком сточных вод. Выявлено, что флокулянт склонен к разложению в аэробных условиях при длительном хранении осадков сточных вод, а также является термически неустойчивым в диапазоне температур от  $20\pm 5$  до 105 °С.

На основании реакции зоопланктона *Daphnia Magna Str.* выявлено, что водные вытяжки, полученные из осадков, обработанных при температуре  $20\pm 5$  и 105 °С, являются очень слаботоксичными, а значения ЛК<sub>50-96</sub> данных вытяжек находятся в диапазоне 9,7–16,4 %. При исследовании водных вытяжек из осадков сточных вод, обработанных при температуре 270 и 570 °С, не было выявлено острого токсического воздействия на популяцию зоопланктона.

В целом установлено, что термообработка осадков сточных вод позволяет не только сокращать объемы их образования, что особенно важно в условиях дефицита земель для размещения иловых площадок, но и получать из них продукты (золу, шлак), обладающие меньшей токсичностью для окружающей среды и здоровья человека по сравнению с необработанными осадками.

На основании сопоставимости результатов, полученных с использованием трех различных видов тест-организмов, можно сделать вывод о целесообразности применения методов биотестирования при проведении сравнительной оценки токсичности осадков и различных продуктов, полученных в ходе их обработки.

## Литература

1. **Аналитическое** определение остаточных количеств поли-N, N-диметил-N, N-диалиламмоний хлоридов при использовании их как флокулянтов / Ю. А. Клячко [и др.] // ВХО им. Д. И. Менделеева. – 1984. – Т. 29, № 1. – С. 111–113.
2. **Игнатенко, А. В.** Анализ детоксикации водных сред методом биотестирования / А. В. Игнатенко, М. А. Сазановец // Труды БГТУ. – 2014. – № 4. – С. 179–182.
3. **Инструкция** по лабораторному контролю очистных сооружений на животноводческих комплексах. – М., 1984. – Ч. 3 : Определение биогенных веществ, анализ осадков и ила.
4. **Метелев, В. В.** Водная токсикология / В. В. Метелев, А. И. Канаев, Н. Г. Дзасохова. – М., 1971.
5. **Обзор** методов биоиндикации и биотестирования для оценки состояния окружающей среды / А. С. Еремеева [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 11. – С. 537–540.
6. **ФР.1.39.2007.03222.** Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. – М., 2007.
7. **ICON** final report: Pollutants in urban waste water and sewage sludge / I. Thornton [et al.] // Office for official publications of the European Communities. – 2001. – 232 p.
8. **Paxéus, N.** Organic pollutants in the effluents of large waste water treatment plants in Sweden / N. Paxéus // Water research. – 1996. – Vol. 30, № 5. – P. 1115–1122.
9. **Polyacrylamide** in agriculture and environmental land management / R. E. Sojka [et al.] // Advances in Agronomy. – 2007. – Vol. 92. – P. 75–162.
10. **RIWA** report: Municipal waste water treatment plant effluents – a concise overview of the occurrence of organic substances / Ir. Eric [et al.] // Association of River Waterworks. – 2007.
11. **Safety** Data Sheet Zetag® 8185 [Electronic resource]. – BASF Corporation., 2016. – Mode of access : [http://worldaccount.basf.com/wa/NAFTA-en\\_US/Catalog/WaterSolutions/doc4/BASF/PRD/30478204/.pdf](http://worldaccount.basf.com/wa/NAFTA-en_US/Catalog/WaterSolutions/doc4/BASF/PRD/30478204/.pdf). – Date of access : 10.10.2016.

12. **The effect** of suspended solids and naturally occurring dissolved organics in reducing the acute toxicities of cationic polyelectrolytes to aquatic organisms / G. A. Cary [et al.] // *Environmental toxicology and chemistry*. – 1987. – Vol. 6, № 6. – P. 469–474.

13. **Toxicity** of cationic polymer flocculants to higher plants / T. Kuboi [et al.] // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 1984. – Vol. 30, № 3. – P. 311–320.

14. **Transfer** and degradation of polyacrylamide based flocculants in hydrosystems: a review / A. G. Guezennec [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2015. – Vol. 22, № 9. – P. 6390–6406.

**Белорусский государственный  
технологический университет, Минск, Беларусь**

Поступила в редакцию 04.11.2016 г.

**Н. И. Шепелева, В. Н. Марцунь, И. В. Войтов**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ ИХ ОБРАБОТКИ**

Сообщается о результатах исследования токсичности продуктов термообработки осадков сточных вод методами биотестирования и оценке влияния катионного флокулянта марки «Зетаг 8185» на токсичность обезвоженных осадков.

На основании реакции тест-организмов (оборотного активного ила, *E. gracilis* и *Daphnia Magna Str.*) на состав водных вытяжек, полученных из продуктов термообработки осадков, установлено, что увеличение температуры обработки способствует снижению токсичности вытяжек. Выявлено, что водные вытяжки из осадков, обработанных при  $20\pm 5$  и  $105$  °C, являются очень слаботоксичными, а значения ЛК<sub>50-96</sub> данных вытяжек находятся в диапазоне 9,7–16,4 %. При исследовании водных вытяжек из осадков, обработанных при  $270$  и  $570$  °C, не было выявлено острого токсического воздействия на тест-объекты.

Установлено, что присутствие в составе обезвоженного осадка флокулянта марки «Зетаг 8185» не приводит к существенному увеличению токсичности по сравнению с необезвоженным осадком. Сообщается о высокой скорости разложения флокулянта в аэробных условиях, а также о термической неустойчивости в диапазоне температур от  $20\pm 5$  до  $105$  °C.

Отмечается, что термообработка осадков сточных вод позволяет получать продукты, обладающие меньшей токсичностью для окружающей среды и здоровья человека по сравнению с необработанными осадками. Сообщается о целесообразности использования методов биотестирования при проведении сравнительной оценки токсичности осадков и различных продуктов, полученных в ходе их обработки.

**N. I. Shepeleva, V. N. Martsul, I. V. Voytov**

### **THE USE OF BIOTESTING OF SEWAGE SLUDGE SEDIMENTS FOR THE COMPARISON OF VARIANTS OF THEIR PROCESSING**

The results of sewage sludge thermally treated products toxicity investigation and assessment of flocculant “Zetag 8185” influence on dewatered sludge toxicity are reported.

Based on the test-organisms (active sludge, *E. gracilis* and *Daphnia Magna Str.*) on a content of water extracts which are derived from sewage sludge thermally treated products, the toxicity decrease with higher treatment temperatures was determined.

Water extracts derived from  $20\pm 5$  and  $105$  °C treated sewage sludge are detected to be less toxic with LC<sub>50-96</sub> equal to 9,7–16,4 %. No toxic properties were detected due to the analysis of water extracts derived from  $270$  and  $570$  °C treated sewage sludge.

The presence of “Zetag 8185” in dewatered sludge provided no significant toxicity increase in comparison to liquid sludge. Rapid degradation velocity of the flocculant under aerobic conditions and  $20\pm 5$  –  $105$  °C heating range is outlined.

Thermal treatment is reported to be the reason of toxicity reduction for sewage sludge thermally treated products. It is reported about the appropriateness of the biotesting methods for the purposes of comparative toxicity assessment of sewage sludge and sludge-derived products.