

УДК 60  
ББК 30-1  
В 38

В 38 Вестник технологического университета : Т. 18. № 19; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2015. – 294 с.

ISSN 1998-7072

Журнал зарегистрирован в Комитете Российской Федерации по печати 14.11.97 № 016789, размещен в открытом, бесплатном доступе в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ). Договор № 11-12/08а от 11.12.2008

Адрес в сети Интернет: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).

Подписной индекс № 20812. Информация размещена в каталоге «Газеты. Журналы» ОАО «Роспечать».

Журнал входит в перечень ВАК Российской Федерации для публикации научных исследований.

Главный редактор Г.С. Дьяконов  
Заместитель главного редактора И.А. Абдуллин  
Редакционный совет

В.П. Барабанов – д.х.н., проф. КНИТУ; Р.Я. Дебердеев – д.т.н., проф. КНИТУ; С.Г. Дьяконов – д.т.н., проф. КНИТУ; В.И. Елизаров – д.т.н., проф. КНИТУ; В.Г. Иванов – д.п.н., проф. КНИТУ; И.И. Пони́каров – д.т.н., проф. КНИТУ; А.В. Фафу́рин – д.т.н., проф. КНИТУ; Х.Э. Харла́миди – д.х.н., проф. КНИТУ.

Редакционная коллегия

И.А. Абдуллин – д.т.н., проф. КНИТУ; И.Ш. Абдуллин – д.т.н., проф. КНИТУ; В.В. Авилова – д.э.н., проф. КНИТУ; А.А. Берлин – акад. РАН, Институт химической физики им. Н.Н.Семенова; D. Balkose – проф., Технологический Институт Измира, Турция; Н.Ю. Башкирцева – д.т.н., проф. КНИТУ; А.В. Бурмистров – д.т.н., проф. КНИТУ; С.И. Вольфсон – д.т.н., проф. КНИТУ; Артур Валенте – проф., Университет Коимбры, Португалия; Ю.Г. Галяметдинов – д.х.н., проф. КНИТУ; Ф.М. Гумеров – д.т.н., проф. КНИТУ; А.Ф. Дресвянников – д.х.н., проф. КНИТУ; Г.С. Дьяконов – д.х.н., проф. КНИТУ; В.Г. Дебабов – член-корр. РАН, Институт молекулярной генетики РАН; Л.А. Зенитова – д.т.н., проф. КНИТУ; Р.И. Зинурова – д.с.н., проф. КНИТУ; И.Н. Зия́тдинов – д.т.н., проф. КНИТУ; Р.А. Кай́дриков – д.х.н., проф. КНИТУ; А.В. Канаев – проф., Университет Париж-Норд, Франция; Chefi Ketata – проф., Далласский университет; А.В. Клинов – д.т.н., проф. КНИТУ; В.В. Кондратьев – д.п.н., проф. КНИТУ; А.В. Косточко – д.т.н., проф. КНИТУ; А.М. Кузнецов – д.х.н., проф. КНИТУ; О.В. Михайлов – д.х.н., проф. КНИТУ; И.А. Новаков – акад. РАН, Волгоградский государственный технический университет; А.С. Носков – д.т.н., проф., Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск; В.Н. Пармон – акад. РАН, КНИТУ; Е.А. Петров – д.т.н., проф., Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Бийск; Ричард А. Петрик – Emeritus Professor of Physical Chemistry; С.И. Пони́каров – д.т.н., проф. КНИТУ; А.С. Сироткин – д.т.н., проф. КНИТУ; О.Г. Синяшин – акад. РАН, КНИТУ; О.В. Стоянов – д.т.н., проф. КНИТУ; В.А. Сысоев – д.т.н., проф. КНИТУ; А.Р. Тузиков – д.с.н., проф. КНИТУ; А.К. Хаджи – проф., Канада; Bob A. Howell – проф., Мичиганский ун-т; А.Р. Черкасов – проф., Ун-т Британской Колумбии, Ванкувер, Канада; Charles A. Wilkie – проф., Marquette University.

Ответственный секретарь С.М. Горюнова

Editor-in-Chief: G.S. D'yakonov  
Deputy editor-in-Chief: I.A. Abdullin  
Editorial Advisory Panel:

V.P. Barabanov, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; R.Ya. Deberdeyev, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; S.G. Diakonov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; V.I. Elizarov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; V.G. Ivanov, Dr. Sci. (Pedag.), Prof., KNRTU; I.I. Ponikarov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; A.V. Fafurin, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; Kh.E. Kharlampidi, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU.

Editorial Board:

I.A. Abdullin, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; I.Sh. Abdullin, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; V.V. Avilova, Dr. Sci. (Econ.), Prof., KNRTU; N. Yu. Bashkirtseva, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; A.A. Berlin, Academician of RAS, N.N. Semenov Institute of Chemical Physics; D. Balkose – Prof., Izmir Institute of Technology; A. V. Burmistrov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; S.I. Volfson, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; Artur Valente, Prof., University of Coimbra, Portugal; Yu.G. Galyametdinov, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; F.M. Gumerov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; A.F. Dresvyannikov, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; G.S. Diakonov, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; V.G. Debabov, Corresponding Member of RAS, Institute of Molecular Genetics, RAS; R.I. Zinurova, Dr. Sci. (Sociol.), Prof., KNRTU; L.A. Zenitova, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; R.A. Kaidrikov, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; N.N. Ziyadinov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; A. V. Kanaev, Prof., University of Paris Nord, France; Chefi Ketata, Prof., Dalhousie University; A. V. Klinov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; V. V. Kondratiev, Dr. Sci. (Pedagog.), Prof., KNRTU; A. V. Kostochko, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; A. M. Kuznetsov, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; O. V. Mikhailov, Dr. Sci. (Chem.), Prof., KNRTU; I. A. Novakov, Academician of RAS, Volgograd State Technical University; A.S. Noskov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., G.K. Boretskov Institute of Catalysis, Siberian Division of RAS, Novosibirsk; V.N. Parmon, Academician of RAS, G.K. Boretskov Institute of Catalysis, Siberian Division of RAS, Novosibirsk; E.A. Petrov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., I.I. Polzunov Altai State Technical University, Biysk; Richard A. Pethrick, Emeritus Professor of Physical Chemistry; S.I. Pjnikarov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; A.S. Sirotkin, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; O.G. Sinyashin, Academician of RAS, KNRTU; O.V. Stoyanov, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; V.A. Sysoev, Dr. Sci. (Tech.), Prof., KNRTU; A.R. Tuzikov, Dr. Sci. (Sociol.), Prof., KNRTU; A.K. Haghi, Prof., Canada; Bob A. Howell, Prof., Michigan University; A.R. Cherkasov, Prof., University of British Columbia, Vancouver, Canada; Charles A. Wilkie, Prof., Marquette University

Executive Secretary: S.M. Goryunova

УДК 60  
ББК 30-1

ISSN 1998-7072

© Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015

Тунакова Ю.А., Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Белозёрова Е.А., Кузнецова О.Н. Разработка методики определения самоочищающей способности рек на основе фрактальной геометрии для установления допустимого антропогенного воздействия	249
Клещевников Л.И., Харина М.В., Логинова И.В., Емельянов В.М. Высокотемпературный гидролиз плодовых оболочек овса сернистой кислотой	254
Насыров И.А., Маврин Г.В., Шайхиев И.Г. Проблемы утилизации иловых осадков очистных сооружений	257
Ефремов И.Б., Кишнякин М.Ю., Кишнякина С.А., Ефремов Б.А., Герасимов М.К., Шарфутдинова А.В. Экологически безопасная ресурсосберегающая технология в производстве дубителя из отходов древесины	260
Клещевников Л.И., Логинова И.В., Харина М.В., Емельянов В.М. Идентификация параметров гидролиза березового опила сернистой кислотой	262
Харина М.В., Логинова И.В. Ресурсы лигноцеллюлозосодержащей биомассы на территории Российской Федерации	265
Харитоновна Е.А., Фазуллин Д.Д., Маврин Г.В., Шайхиев И.Г. Модификация гидрохлоридом анилина рулонных обратноосмотических мембран «ЭМО-Н 45-300» и их свойства	270
Наумов И.А., Куприна Е.Э., Канарская З.А., Буркова Е.А. Применение углеводно-минеральных отходов производства альгината натрия в качестве питательной среды для культивирования <i>Bacillus thuringiensis var. darmstadiensis</i> (BtH <sub>10</sub> )	273
Югина Н.А., Хабибрахманова А.И., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. Протеолитическая активность микроорганизмов, выделенных из активного ила очистных сооружений МУП «Водоканал» г. Казани	279
Медведева Г.А., Ахметова Р.Т., Строганов В.Ф., Шайхутдинова Р.Р., Ахметова А.Ю., Аглиуллина А.Р. Технология утилизации отходов химического производства хлорида бария и золошлаковых отходов ТЭЦ в радиационно-защитные силикатные бетоны	282
<b>Правила для авторов</b>	286

УДК 544.723

И. А. Насыров, Г. В. Маврин, И. Г. Шайхиев

## ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Ключевые слова:* иловые осадки, иловые карты, очистные сооружения, загрязнение, утилизация.

*Рассмотрена особенность утилизации иловых осадков, изучен состав, проведены измерения загрязненности иловых осадков тяжелыми металлами и нефтепродуктами.*

*Keywords:* sludge, silt card, sewage treatment, pollution, recycling.

*Consider the features of sludge, studied composition, measured the contamination of sludge with heavy metals and oil products.*

Актуальным вопросом в настоящее время является охрана окружающей среды от загрязнений, увеличение мощности систем оборотного и повторного использования вод, разработка ресурсосберегающих и безотходных технологий [1].

Процессы самоочищения природы из-за больших концентраций ксенобиотиков и высокой их устойчивости к разложению идут очень медленно. Поэтому актуальной экологической задачей является восстановление окружающей среды: рациональная переработка промышленных и сельскохозяйственных отходов; санация и восстановление плодородия земель, загрязненных токсичными химическими веществами; утилизация осадков сточных вод очистных сооружений; очистка водных источников и т. д. Одной из многочисленных экологических проблем современной цивилизации является утилизация отходов производства и потребления, в том числе отходов канализационных очистных сооружений.

В результате хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека образуются жидкие отходы в виде сточных вод, которые, преимущественно, сбрасываются в канализацию. В процессе прохождения сточными водами стадий очистки на очистных сооружениях образуется иловый осадок, в большинстве своем, не поддающийся какой-либо переработке, кроме как обезвоживанию на иловых площадях в естественных условиях. Этот процесс длителен и занимает огромные площади под иловые карты. Кроме того, складирование иловых осадков приводит к распространению неблагоприятного газопылевоздушного фона, загрязнения почв и подземных вод токсичными компонентами, входящими в состав осадков [2].

Отметим, что за год в России образуется порядка 10 млн. тонн осадков по сухому весу (при исходной влажности 98 % их масса составляет порядка 100 млн. тонн) [4].

Осадки городских очистных сооружений представляют собой органические (до 80 %) и минеральные (около 20 %) примеси, выделенные из воды в результате механической, биологической и физико-химической очистки [5]. В их состав входят вещества, обладающие общетоксическим, токсикогенетическим, эмбриотоксическим, канцерогенным и другими негативными свойствами. В них могут содержаться тяжелые металлы, патогенные организмы, значительное количество нитратов, токсические вещества, пестициды, полихлорированные бифенилы,

алифатические соединения, эфиры, моно- и полициклические ароматические вещества, фенолы, пирозамины. Выделяемые осадками сточных вод вредные газы могут превышать предельно допустимые концентрации в несколько раз, дурно пахнут.

Распространенные способы обработки осадков в метантенках или выброс их на иловые площадки являются несовершенными, малопродуктивными и требуют отчуждения значительных земельных участков вблизи источников загрязнения [3]. Территории, предусмотренные для хранения иловых осадков, в большинстве случаев переполнены и уже не справляются с непрерывными иловыми потоками. Кроме того, хранилища для иловых осадков представляют угрозу для объектов окружающей среды из-за высокого содержания опасных вирусов, бактерий, вредных газов, опасных химических соединений. Помимо этого, в процессе сбраживания в естественных условиях образуются неприятные запахи, что доставляет большие неудобства населению.

Благодаря наличию высокой концентрации фосфора и азота, осадок сточных вод является хорошим удобрением. Но, в то же время, он может представлять собой источник загрязнения, так как, кроме различных органических веществ, в нем могут содержаться тяжелые металлы, которые загрязняют окружающую среду. Данное обстоятельство — одна из причин того, почему в последние годы все большее распространение получает сжигание осадка. Названный процесс также дает возможность получить положительный баланс энергии и эффективно использовать теплотворную способность осадка [4]. Основным фактором, побуждающим к использованию данного метода, является тот факт, что количество образующегося на городских очистных сооружениях осадка несоизмеримо велико по сравнению со свободными площадями, на которых осадок может подвергаться утилизации или другой обработке (например, компостированию).

Вокруг городов и крупных поселений России, за исключением мегалополисов, скопилось огромное количество некондиционных осадков — отходов производства после биологической очистки канализационных сточных вод. Возле мегалополисов такие осадки (их первоначальная влажность составляет 98-99 %) сушат и сжигают в специальных весьма энергоемких и экологически небезупречных печах, затем депонируют. В ряде городов, обезвоженные сырые осадки собирают и сбрасывают на городские

полигоны, усугубляя и без этого напряженную экологическую обстановку.

В рамках данной работы по изучению иловых осадков определено, что в иловых осадках содержится значительное количество органического вещества, то есть жиров, белков, углеводов и т.д. Проведенными анализами сухого вещества иловых осадков очистных сооружений г. Набережные Челны, определено среднее содержание минеральной части, которое составило 34,5 %. Соответственно, содержание органической составляющей осадка – 65,5 %.

Водная фаза иловых осадков характеризуется нейтральной средой, при этом повышенное содержание растворенных солей определяется значением минерализации в пределах  $1,7 \div 2,5 \text{ г/дм}^3$ . Показатели образцов водной фазы, отобранные из трех различных иловых площадок очистных сооружений ООО «Челныводоканал», приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели водной фазы иловых осадков

№ п/п	УЭП, мСм/см	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	рН	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	С, мг/дм <sup>3</sup>		
					F <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>
1	4,84	2541	6,92	685	0,36	558	485
2	4,32	2229	6,87	681	0,31	785	371
3	3,33	1705	6,61	698	1,22	75,9	41,7
ПДК р.х.	не нормируется	не нормируется	6,5-8,5	3	0,05	40	180

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, во всех иловых картах наблюдается превышение ПДКр.х. по фторид-ионам более чем в 7 раз; на двух иловых площадках (№ 1 и 2) наблюдается превышение по нитрат-ионам более чем в 13 раз, по ионам кальция - в 2 раза. Оценка коэффициента превышения концентраций рассчитывалась относительно ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения, так как существует риск попадания иловых вод в поверхностные и грунтовые водные объекты, которые в Республике Татарстан отнесены к объектам рыбохозяйственного значения.

Полученные значения БПК<sub>5</sub>, отражающие суммарное содержание в воде органических веществ, позволяют судить о том, что данные воды относятся к категории очень грязных вод.

В современных условиях охрана почв от загрязнений является важной задачей, так как любые вредные соединения, находящиеся в почве, рано или поздно попадают в организм человека [6].

Одними из главных и масштабных по объемам загрязнителей окружающей среды вредными и опасными веществами, в частности, тяжелыми металлами, являются иловые площадки

Эксплуатация иловых карт подразумевает следующие особенности:

1. Вымывание загрязнений в открытые водоемы и грунтовые воды;

2. Попадание загрязнений по пищевым цепям в организм человека;
3. Многие соединения имеют способность накапливаться в тканях, и, прежде всего в костях.

Среди загрязнителей окружающей среды тяжелые металлы и их соединения образуют значительную группу токсикантов [6].

Наибольший интерес представляют те металлы, которые наиболее широко и в значительных объемах используют в производственной деятельности человека и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. К ним относят свинец, ртуть, кадмий, цинк, висмут, кобальт, никель, медь, олово, сурьму, ванадий, марганец, хром, молибден и мышьяк.

Проведенные измерения массового содержания тяжелых металлов, как в водной фазе иловых осадков (водорастворимая форма), так и в сухом остатке (валовое содержание), показывают, что концентрация тяжелых металлов в сухом осадке значительно выше, чем в водной фазе иловых осадков (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в иловых осадках

№	С (водорастворимая форма), мг/дм <sup>3</sup>				С (сухой остаток), мг/кг			
	Fe	Zn	Pb	Cr	Fe	Zn	Pb	Cr
1	0,26	2,6	0,001	0,01	0,66	101	49	12
2	0,17	0,3	0,002	0,01	0,67	59	20	7,3
3	0,16	2,2	0,001	0,01	-	-	-	-
ПДК по чвы	0,1	0,01	0,01	0,07	не норм.	23	30	6

Результаты определения токсичности иловых осадков с использованием стандартных тест-объектов *Daphnia magna* показали, что иловые осадки оказывают острое токсическое действие и относятся к 4 классу опасности [7].

Также иловые осадки были исследованы на содержание в них нефтепродуктов. Учитывая то, что ПДК по содержанию нефтепродуктов в почве в Татарстане составляет 1,5 г/кг, можно сделать вывод о том, что в иловых осадках наблюдается многократное превышение по данному показателю (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание нефтепродуктов в иловых осадках

№ пробы	Концентрация нефтепродуктов, г/кг
1	11,65
2	27,95
3	67,33
4	11,035

Основная масса осадков складывается на иловых площадках и отвалах, создавая технологические проблемы в процессе очистки стоков. Условия их хранения, как правило, приводят к загрязнению поверхностных и подземных вод, почв, растительно-

сти. Поступая в подземные и грунтовые воды, водная вытяжка осадков сточных вод придаст им цветность, привкусы, что негативно отражается на качестве таких вод. Эта проблема с каждым годом обостряется и требует безотлагательного решения. В России иловые осадки практически полностью хранятся на территориях очистных сооружений, что превращает их в очаг бактериологической и токсикологической опасности.

Управление осадком сточных вод в настоящее время является одной из наиболее острых экологических проблем. В то же время, использование осадка сточных вод позволит решить существующую в настоящее время необходимость поиска альтернативных источников энергии, которыми может стать осадок сточных вод.

Существует множество методов рекуперации и утилизации осадков биологической очистки сточных вод. В частности, предлагается последние использовать в качестве источника для получения активированных углей [8-10], для получения комплексных сорбционных материалов, предназначенных для удаления ионов тяжелых металлов [11, 12], биоремедиации нефтезагрязненных почв [13, 14] и т.д. Выбор способа рекуперации определяется, как правило, наличием соответствующего оборудования.

### Литература

1. Е.А. Седова, *Научный поиск. Технические науки : материалы третьей науч. конф. аспирантов и докторантов*, Юж.-Урал. гос. ун-т, 2011. Т. 1. С. 74-78.

2. Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев, *Водоотведение и очистка сточных вод: Учебное пособие*, Москва, 2006. 704 с.
3. Е. П. Пахненко *Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения*, БИНОМ:Лаборатория знаний, Москва, 2007. 311 с.
4. *Обезвреживание осадков сточных вод* [Электронный ресурс] URL: <http://www.green-pik.ru/sections/96.html&article=17>.
5. А.М. Благоразумова, *Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод*, 2-е изд., испр. и доп., Издательство «Лань», СПб., 2014. 208 с.
6. Ю.А. Щелкова *Исследование влияния тяжелых металлов на рост растений и микрофлору почвы*. Успехи в химии и химической технологии, Москва, 2011. 75 с.
7. ФР.1.39.2007.03222 *Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний*.
8. Yu Lan-lan, Zhang Qin, Feng Lan-lan, *J. Safety and Environ.*, 5, 4, 39-42 (2005).
9. M. J. Martin, *Carbon*, 42, 7, 1389-1394 (2004).
10. М. А. Пирогова, В. А. Левдина, *Переработка избыточного ила*, Экология, Москва, 2005. 50 с.
11. А.Б. Солодкова, Н.А. Собгайда, И.Г. Шайхиев, *Вестник Казанского технологического университета*, 20, 179-182 (2012).
12. С.В. Свергузова, В.С. Севастьянов, Ж.А. Сапронова, М.Н. Спиринов, И.Г. Шайхиев, *Вестник Казанского технологического университета*, 4, 199-202 (2013).
13. Л.В. Рудакова, Е.С. Белик, *Вестник Казанского технологического университета*, 21, 330-332 (2014).
14. Л.В. Рудакова, Е.С. Белик, *Экология и промышленность России*, 11, 48-52 (2013).

© **И. А. Насыров** – м.н.с. кафедрой химии и экологии Набережночелнинского Института Казанского (Приволжского) Федерального университета, E-mail: alsinis@mail.ru; **Г. В. Маврин** – к.х.н., заведующий кафедрой химии и экологии того же ВУЗа, E-mail: mavrin-g@rambler.ru, **И. Г. Шайхиев** – д.т.н., заведующий кафедрой инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета.

© **I. A. Nasyrov** - junior researcher Department of Chemistry and Environment from Institute of Naberezhnye Chelny Kazan (Volga) Federal University, E-mail: alsinis@mail.ru; **G. V. Mavrin** - Ph.D., head of the department of chemistry and ecology of the same University, E-mail: mavrin-g@rambler.ru, **I. G. Shaikhiev** - Ph.D., Head of the Department of Environmental Engineering, Kazan national research technological university.