

10. Ramos R. G., Olden K. Gene-environment interactions in the development of complex disease phenotypes // Int. J. Environ. Res. Public. 2008. Vol. 5. P. 4-11.

11. Shannon C. E. A mathematical theory of communication // The Bell System Technical Journal. 1948. N. Y., 1993. P. 8-111.

Сведения об авторах

Арефьев Юрий Фёдорович – профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор биологических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: arefjev@voronezh.net.

НгуенТхи Лан Хыонг – кандидат биологических наук, Институт биотехнологий и пищевых технологий, Индустриальный университет Хошимина, г. Хошимин, Вьетнам; e-mail: nguyenthilanhuong@iuh.edu.vn.

Information about authors

Arefiev Yuriy Fedorovich – Professor, FBEI HE “Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov”, Voronezh, Russian Federation; e-mail: arefjev@voronezh.net.

Nguen Thi Lan Huong – PhD (Biology), Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam; e-mail: nguyenthilanhuong@iuh.edu.vn.

DOI: 10.12737/article_5c92016be32837.67261757

УДК 628.3

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ ОЧИЩЕННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Л.В. Брындина**¹

аспирант **О.В. Бакланова**¹

¹ – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

Разработан способ переработки осадка сточных вод в органическое удобрение. Осадок был получен в результате очистки сточных вод актиномицетом *Str. chromogeness.g 0832*. Этот микроорганизм проявляет высокую специфичность к белковым загрязнениям сточных вод. Установлено, что ведущую роль в очистке стоков играют ферментные системы микроорганизма. На первом этапе очистка сточных вод в большей степени протекает за счет электростатических сил, а уже затем за счет образования мостиков между дисперсными частицами через клетки актиномицета. Степень очистки сточных вод составила от 91,2 до 98,8 %. Полученный после очистки стоков осадок является ценным белковым продуктом. Содержание органического вещества составило 67,4 %. Внесение такого осадка в почву положительно влияло на скорость роста растений. Растения, растущие в грунте с добавлением осадка сточных вод, были выше контрольных образцов: сальвия на 40-70 %, альтернантера на 60-88 %, лобелия на 50-75 %, цинерария на 26-50 %, циния на 40-87 %, бархатцы на 30-70 %. Скорость роста растений на опытных почвах коррелировала с дозой вносимого в грунт осадка сточных вод. Эта зависимость сохранялась на протяжении всего эксперимента. Наилучший эффект соответствовал дозе вносимого осадка сточных вод 30 г/м². У всех опытных растений увеличивалось количество листьев, их площадь, окраска была более темной, насыщенной. Максимальная скорость роста приходится на 20-30-е сутки. Полученный осадок сточных вод после биосорбционной очистки микроорганизмом *Str. chromogeness.g. 0832* может эффективно применяться в качестве биоудобрения в ландшафтном озеленении.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, актиномицеты, осадок сточных вод, органическое удобрение, ландшафтное озеленение.

INFLUENCE OF BIOLOGICALLY PURIFIED DRAINAGE OF WASTEWATER ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF DECORATIVE PLANTS

DSc (Agriculture), Professor **L. V. Bryndina**¹

Post-graduate student **O. V. Baklanova**¹

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»,
Voronezh, Russian Federation

Abstract

A method for processing sewage sludge into organic fertilizer has been developed. The sludge was obtained as a result of wastewater treatment with *Str. chromogeness.g 0832* actinomycete. This microorganism exhibits high specificity to wastewater protein contaminants. It has been established that the enzyme systems of the microorganism play a leading role in wastewater treatment. At the first stage, wastewater treatment largely proceeds due to electrostatic forces, and only then due to the formation of bridges between dispersed particles through actinomycete cells. The degree of wastewater treatment ranged from 91.2 to 98.8 %. The sludge obtained after sewage treatment is a valuable protein product. The organic matter content was 67.4%. The introduction of such sediment into the soil had a positive effect on the growth rate of plants. Plants growing in the ground with the addition of sewage sludge were higher than the growing rate in control samples: salvia – by 40-70 %, alternanthera – by 60-88 %, lobelia – by 50-75 %, cineraria – by 26-50 %, zinnia – by 40-87 %, marigolds – by 30-70 %. The plant growth rate on the experimental soils correlated with the dose of sewage sludge applied to the soil. This dependence persisted throughout the experiment. The best effect corresponded to a dose of applied sewage sludge of 30 g/m². All experimental plants increased the number of leaves, their area; the color was darker and deeper. The maximum growth rate falls on the 20-30th day. The resulting sewage sludge (after biosorption purification by *Str. chromogeness.g 0832* microorganism) can be effectively used as a bio-fertilizer in landscape gardening.

Keywords: biological wastewater treatment, actinomycetes, sewage sludge, organic fertilizer, landscape gardening.

Введение

Ежегодно в России при биохимической очистке 15 млрд м³ сточных вод на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства образуется около 1 млрд м³ осадков сточных вод (ОСВ) влажностью 98 %, которые содержат 70-90 % органических и 30-10 % минеральных веществ.

Основным способом утилизации осадков сточных вод в настоящее время является механическое обезвоживание, складирование и накопление обезвоженных осадков на иловых картах или илонакопителях [1, 9, 11, 13]. С увеличением объемов осадков сточных вод, не пригодных к утилизации, требуется все больше площадей для их размещения, а увеличение стоимости земель приводит к неуклонному росту средств на эксплуатацию и обслуживание мест складирования. Хранение осадков сточных вод на иловых площадках сопровождается экологическими рисками загрязнения поверхностных и подземных вод, почв, растительности. То есть существующие традиционные технологии не отвечают современным экологическим и техниче-

ским требованиям, не позволяют использовать энергетический и ресурсный потенциал отходов [16].

Таким образом, переработка осадков сточных вод является одной из актуальных, приоритетных задач, направленной на снижение и предотвращение негативного воздействия на объекты окружающей среды.

Анализ публикаций по использованию осадков сточных вод (ОСВ) подтвердил, что одним из перспективных направлений их переработки является возможность их утилизации в качестве органических удобрений [17].

В настоящее время, несмотря на острый дефицит органических удобрений, обеспеченность которыми составляет не более 12-15 %, сельскохозяйственное использование прошедших обработку осадков сточных вод в России не превышает 7 %, в то время как за рубежом, в европейских странах, оно достигает 40 % и более. Отечественной и зарубежной наукой и практикой доказана целесообразность эффективного и экологически безопасного

использования осадков сточных вод в агроценозах сельскохозяйственных культур в качестве ценных удобрений [16].

Осадки относятся к IV классу опасности (малоопасные отходы). Их опасность для окружающей среды связана с содержанием токсичных компонентов (Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn, Hg, As, Mn), уровень которых превышает фоновое содержание в природных объектах [12]. Это препятствует их утилизации в сельском хозяйстве и затрудняет применение таких осадков в качестве рекультивантов нарушенных земель. Следовательно, в зависимости от способа очистки стоков решается вопрос о том, может ли полученный после очистки осадок использоваться в качестве удобрения или нет. В последнее время получили развитие биосорбционные способы очистки стоков. При этом следует обратить внимание на то, что данный способ обеспечивает не только высокий процент очистки, но и такой уровень воздействия на экосистемы, при котором последние сохраняют свой потенциал. Поэтому применение биосорбционной очистки сточных вод позволит стабилизировать природное равновесие в экосистеме. Согласно литературным данным, наибольшее применение в качестве биофлоулянтов нашли бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, а также микроскопические грибы *Penicillium*, *Aspergillus* [14, 15]. Несмотря на то что в состав активного ила входят актиномицеты, их сорбционные свойства, а также возможность использования в качестве самостоятельного флокулирующего агента остаются до настоящего времени практически не исследованными. При этом особая роль в микробном водном сообществе отводится роду *Streptomyces*. Благодаря лабильности ферментативного аппарата, представители рода *Streptomyces* легко приспособляются к изменяющимся условиям среды обитания, а высокая антагонистическая активность позволяет им подавлять или полностью угнетать жизнедеятельность других бактерий [8].

В связи с этим целью исследования было разработать способ переработки осадка, полученного в результате очистки сточных вод актиномицетом *Str. chromogeness.g 0832*.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись осадки сточных вод, полученные после очистки стоков актиномицетом *Str. chromogeness.g 0832* [4]. Характеристика этого осадка подробно представлена в [5, 6].

Результаты и обсуждение

В своих исследованиях мы использовали актиномицет *Str. chromogeness.g. 0832*. Этот микроорганизм обладает специфичной к компонентам стока ферментной системой. Кроме того клетки *Str. chromogeness. g. 0832* имеют вид тонких длинных ветвящихся нитей (рис. 1), которые позволяют увеличить поверхность контакта с загрязняющими веществами. Следует отметить, что клеточные стенки актиномицетов, как и всех грамположительных бактерий, состоят в основном из гликопептидов, полисахаридов, которые усиливают флокулирующий эффект (первый флокулянт природного происхождения – крахмал), т. е. образование крупных агрегатов, которые быстрее, чем при коагуляции, оседают под действием силы тяжести.

Экспериментально было установлено, что значительная роль в процессе биофлокуляции принадлежит ферментным системам актиномицета.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что на первом этапе очистки сточных вод в большей степени протекает за счет электростатических сил, а уже затем за счет образования мостиков между дисперсными частицами через клетки актиномицета. Это подтверждают также данные, представленные на рис. 2. Обработку стока проводили:

- 1) культуральной жидкостью *Str. chromogeness. g. 0832*, содержащей ферменты (протеазу и кератиназу) и живые клетки микроорганизма (КЖ);
- 2) фильтратом, содержащим только ферменты (протеиназу и кератиназу) (Ф);
- 3) биомассой микроорганизма *Str. chromogeness. g. 0832* (Б).

Из рисунка видно, что лучше всего процесс очистки проходил при внесении в сточную воду живой культуры микроорганизма, т. е. ферменты, выделяемые актиномицетом в окружающую среду (сточную воду), играют ведущую роль на первом этапе очистки, а затем в очистку включается и сама биомасса. Степень очистки составила 98,8 %. Био-

масса по эффективности очистки в данном эксперименте занимает второе место. Разрушенные клетки микроорганизма не дают дополнительного количества ферментов для очистки стока, но за счет накопившихся ферментов и самого мицелия эффективность очистки выше, чем при очистке стока фильтратом культуральной жидкости, содержащей только ферменты, успевшие выделиться на этапе биосинтеза *Str. chromogeness. g. 0832*. Очистка сточных вод биомассой достигла 94,4 %. Фильтрат культуральной жидкости обеспечил степень очистки на уровне 91,2 %. Специфичный состав сточных вод с высоким содержанием белковых примесей обеспечил также высокое содержание органической составляющей в ОСВ (67,4 %). Проведенные исследования показали отсутствие фитотоксичности у данного ОСВ [6].

Анализ состава осадков сточных вод [2, 7, 10] показывает, что по органическому веществу они существенно превышают требуемое значение. Соответственно, и содержание общего азота намного больше, чем предусмотрено ГОСТ Р. 17.4.3.07 – 2001 «Охрана природы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений».

Физико-химические показатели полученного продукта представлены в табл. 1. Как видно из данных, представленных в табл. 1, предлагаемый осадок удовлетворяет нормативным требованиям и может быть рекомендован как ценный белковый продукт.

Проведенные исследования по использованию ОСВ, полученного в результате очистки сточных вод *Streptomyceschromogeness. g. 0832*, в качестве удобрения показали реальную возможность его применения в данном качестве. Наиболее приемлемым в этом случае было бы использование его в озеленении и благоустройстве городских территорий.

Результаты экспериментальных данных показали, что внесение в основной грунт ОСВ значительно увеличивало скорость роста растений. Все они превышали контрольные образцы в течение всего периода наблюдения. На завершающей

стадии опыта растения, растущие в грунте с ОСВ, были выше контрольных образцов: сальвия на 40-70 %, альтернантера на 60-88 %, лобелия на 50-75 %, циненария на 26-50 %, циния на 40-87 %, бархатцы на 30-70 % в зависимости от дозы внесения ОСВ. У всех опытных растений увеличивалось количество листьев, их площадь, окраска была более темной, насыщенной.

Следует отметить также, что на грунте с добавлением осадка сточных вод растения достигали 50 % размера контрольных образцов уже на 20-е сутки, в то время как сами контрольные образцы достигали этого размера только на 30-40-е сутки. Максимального размера контрольных образцов опытные растения достигали на 30-40-е сутки, что в 2 раза опережало развитие контрольных.

Результаты экспериментальных данных, представленных в табл. 2-4, показывают, что максимальная скорость роста приходится на 20-30-е сутки. Скорость роста растений на опытных почвах коррелировала с дозой вносимого в грунт осадка сточных вод. Эта зависимость сохранялась на протяжении всего эксперимента. Наилучший эффект соответствовал дозе вносимого осадка сточных вод 30 г/м² (табл. 4).

Выводы

Таким образом, полученный осадок сточных вод после биосорбционной очистки микроорганизмом *Str. chromogeness.g. 0832* может эффективно применяться в качестве биоудобрения в ландшафтном озеленении.

Несбалансированность химического состава ОСВ может быть устранена дополнительным внесением минеральных удобрений, четким подбором дозы вносимых ОСВ. При этом следует учитывать, что качество осадков имеет меньшее значение, если они применяются под технические культуры. Использование ОСВ в качестве биоудобрения позволит обеспечить рынок органических удобрений России современным и эффективным продуктом.



Рис. 1. Микрофотографии воздушного мицелия актиномицета *Streptomyces chromogenes*, g.0832 (увеличение 15x 90)

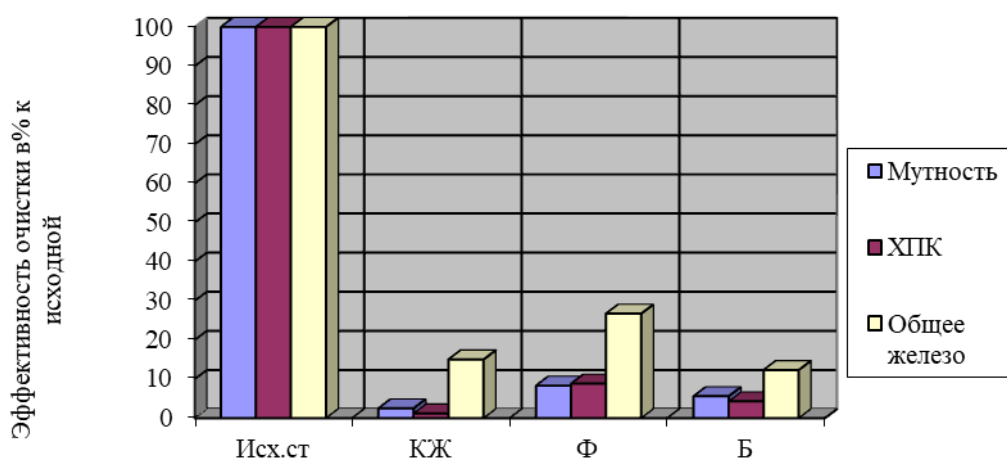


Рис. 2. Влияние условий проведения флокуляции на эффективность очистки отработанных технологических жидкостей

Таблица 1

Физико-химические показатели кормовых добавок и ОСВ

Наименование показателей, массовая доля, %	Мука мясокостная (ГОСТ 17536-82)	Мука костная (ГОСТ 17536-82)	Дрожжи кормовые (ГОСТ 20083-74)	Подсолнечный шрот (ГОСТ 11246-96)	ОСВ
Влага	10	9	7-10	7-10	12-15
Протеин	30-50	20	38-51	39	67,4
Жир	13-20	10	2,2-3,1	1,5	7,6
Зола	26-38	61	3,9-7,1	6,5	10

Таблица 2

Влияние 10 г/м² ОСВ на рост декоративных растений, применяемых в озеленении г. Воронежа

Об-раз-цы*	Длина растения, % от контрольного максимального																	
	10 сут.		20 сут.		30 сут.		40 сут.		50 сут.		60 сут.		70 сут.		80 сут.		90 сут.	
	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К
1	32	28	56	48	92	60	108	68	120	80	140	92	156	100	160	100	160	100
2	27	19	62	31	89	58	104	65	115	89	129	96	140	98	144	100	144	100
3	40	35	95	55	115	70	125	70	135	75	145	90	150	100	150	100	150	100
4	24	20	50	40	76	60	102	80	110	86	120	94	126	100	126	100	126	100
5	29	27	44	38	77	47	96	58	109	71	127	82	140	100	140	100	140	100
6	18	14	34	22	56	46	72	68	106	94	120	100	130	100	130	100	130	100

*1 – альтернантера, 2 – сальвия, 3 – лобелия, 4 – цинерария, 5 – циния, 6 – бархатцы.

Таблица 3

Влияние 20 г/м² ОСВ на рост декоративных растений, применяемых в озеленении г. Воронежа

Об-раз-цы*	Длина растения, % от контрольного максимального																	
	10 сут.		20 сут.		30 сут.		40 сут.		50 сут.		60 сут.		70 сут.		80 сут.		90 сут.	
	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К
1	32	28	76	48	108	60	136	68	164	80	180	92	188	100	188	100	188	100
2	29	19	75	31	92	58	110	65	125	89	142	96	152	98	154	100	154	100
3	45	35	110	55	115	70	135	70	150	75	160	90	165	100	165	100	165	100
4	26	20	54	40	90	60	116	80	126	86	134	94	140	100	140	100	140	100
5	31	27	53	38	84	47	113	58	142	71	156	82	156	100	156	100	156	100
6	22	14	48	22	92	46	106	68	128	94	144	100	152	100	152	100	152	100

*1 – альтернантера, 2 – сальвия, 3 – лобелия, 4 – цинерария, 5 – циния, 6 – бархатцы.

Таблица 4

Влияние 30 г/м² ОСВ на рост декоративных растений, применяемых в озеленении г. Воронежа

Об-раз-цы*	Длина растения, % от контрольного максимального																	
	10сут.		20сут.		30сут.		40сут.		50сут.		60сут.		70сут.		80сут.		90сут.	
	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К	О С В	К
1	32	28	76	48	108	60	136	68	164	80	180	92	188	100	188	100	188	100
2	29	19	77	31	104	58	115	65	129	89	146	96	169	98	173	100	173	100
3	45	35	125	55	135	70	145	70	155	75	170	90	175	100	175	100	175	100
4	26	20	68	40	94	60	120	80	130	86	140	94	150	100	150	100	150	100
5	31	27	58	38	100	47	127	58	153	71	178	82	187	100	187	100	187	100
6	22	14	54	22	92	46	134	68	146	94	156	100	170	100	170	100	170	100

*1 – альтернантера, 2 – сальвия, 3 – лобелия, 4 – цинерария, 5 – циния, 6 – бархатцы.

Библиографический список

1. Аграноник, Р. Я. Технология обработки осадков сточных вод с применением центрифуг и ленточных фильтр-прессов / Р. Я. Аграноник. – М. : Стройиздат, 1985. – 144 с.

2. Архипченко, И. А. Полифункциональные микробные удобрения / И. А. Архипченко // Наука в России. – 1999. – № 6. – С. 62-64.
3. Барболина, И. И. Использование триптофана органических удобрений для биосинтеза индолил-3-уксусной кислоты почвенными микроорганизмами / И. И. Барболина, Л. В. Кравченко, И. А. Архипченко // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – № 3. – С. 87-90.
4. Брындина, Л. В. Современные возможности утилизации осадков сточных вод / Л. В. Брындина, К. К. Полянский, Д. С. Лазарев // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21. – Вып. 1. – С. 297-301.
5. Брындина, Л. В. Применение осадка сточных вод в качестве биоудобрения [Текст] / Л. В. Брындина, К. К. Полянский, Н. В. Стазаева // Аграрная наука. – 2016. – № 4. – С. 2-3.
6. Брындина, Л. В. Применение ОСВ в сельскохозяйственном производстве / Л. В. Брындина, К. К. Полянский // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2017. – № 4. – С. 31-34.
7. Захаров, Н. Г. Эффективность использования осадков сточных вод в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в зернопропашном севообороте: дис.... канд. с/х. наук: 06.01.01., 03.00.16: защищена 27.02.04 / Н. Г. Захаров. – Ульяновск, 2004. – 194 с.
8. Зенова, Г. М. Разнообразие актиномицетов в наземных экосистемах / Г. М. Зенова, Д. Г. Звягинцева. – М., 2002. – 132 с.
9. Медведев, Г. П. Канализация городов ФРГ / Г. П. Медведев. – Л. : Стройиздат, 1982. – 168 с.
10. Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: учеб. пособие / Е. П. Пахненко. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 311 с.
11. Риц, В. А. Методы обработки и утилизации осадков сточных вод предприятий гидролизной промышленности: обзорная информация. Серия II. Гидролиз растительного сырья. Вып. 3 / В. А. Риц, А. Н. Ильин. – М., 1983. – 40 с.
12. Титова, Т. С. Методология комплексной оценки влияния новых технологий на геоэкологическую обстановку / Т. С. Титова // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – С. 1-6.
13. Туровский, И. С. Технология и оборудование для биотермической обработки осадков сточных вод / И. С. Туровский. – М. : ЦБНТИ Министерство водного хозяйства, 1988. – 600 с.
14. Oleskin, A. V. Social behavior of microbial populations / A. V. Oleskin // J. Basic Microbiol. – 1994. – V. 34. – No 6. – P. 425-439.
15. Olofsson, A. C. Floc stability and adhesion of green-fluorescent-protein-marked bacteria to flocs in activated sludge / A. C. Olofsson, A. Zita, M. Hermansson // Microbiology. – 1998. – V. 144. – P. 519-528.
16. Совещание «О практических аспектах утилизации прошедших обработку осадков сточных вод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other_activities/79450/ – Загл. с экрана.
17. Переработка осадков сточных вод и их утилизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vodakanazer.ru/kanalizaciya/osadok-stochnyx-vod-eto.html>. – Загл. с экрана.

References

1. Agranonik R. Ja. *Tehnologija obrabotki osadkov stochnyh vod s primeneniem centrifug i lentochnyh fil'tr-pressov*. М.: Strojizdat, 1985. 144 p. (In Russian).
2. Arhipchenko I. A. *Polifunkcional'nye mikrobnye udobrenija* [Nauka v Rossii]. 1999. no. 6. pp. 62-64 (In Russian).
3. Barbolina I. I., Kravchenko L. V., Arhipchenko I. A. *Ispol'zovanie triptofanaorganicheskikh udobrenij dlja biosinteza indolil-3-uksusnoj kisloty pochvennymi mikroorganizmami* [Sel'skohozjajstvennaja biologija]. 1999. no. 3. pp. 87-90 (In Russian).

4. Bryndina L. V., Poljanskij K. K., Lazarev D. S. *Sovremennye vozmozhnosti utilizacii osadkov stochnyh vod* [Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser. Estestvennye i tehnicheckie nauki]. 2016. vol. 21. no. 1. pp. 297-301 (In Russian).
5. Bryndina L. V., Poljanskij K. K., Stazaeva N. V. *Primenenie osadka stochnyh vod v kachestve bioudobrenija* [Agrarnaja nauka]. 2016. no. 4. pp. 2-3 (In Russian).
6. Bryndina L. V., Poljanskij K. K. *Primenenie OSV v sel'skohozjajstvennom proizvodstve* [Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa]. 2017. no. 4. pp. 31-34 (In Russian).
7. Zaharov N. G. *Jeffektivnost' ispol'zovanija osadkov stochnyh vod v kachestve udobrenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur v zernopropashnom sevooborote: dis. ... kand. s/h. nauk: 06.01.01., 03.00.16: zashhishhena 27.02.04* / N. G. Zaharov. Ul'janovsk, 2004. 194 p. (In Russian)
8. Zenova G. M., Zvjaginceva D. G. *Raznoobrazie aktinomicetov v nazemnyh jekosistemah*. Moscow, 2002. 132 p. (In Russian).
9. Medvedev G. P. *Kanalizacija gorodov FRG*. Leningrad: Strojizdat, 1982. 168 p. (In Russian)
10. Pahnenko E. P. *Osadki stochnyh vod i drugie netradicionnye organicheskie udobrenija: ucheb. posobie*. Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy, 2009. 311 p. (In Russian)
11. Ric V. A., Il'in A. N. *Metody obrabotki i utilizacii osadkov stochnyh vod predpriyatij gidroliznoj promyshlennosti* [obzornaja informacija. Gidroliz rastitel'nogo syr'ja]. Moscow, 1983. Vol. II. No. 3. 40 p. (In Russian)
12. Titova T. S. *Metodologija kompleksnoj ocenki vlijanija novyh tehnologij na geojekologicheskiju obstanovku* [Vestnik VNIIZhT]. 2005. pp. 1-6 (In Russian)
13. Turovskij I. S. *Tehnologija i oborudovanie dlja biotermicheskoj obrabotki osadkov stochnyh vod*. Moscow: CBNTI Ministerstvo vodnogo hozjajstva, 1988. 600 p.
14. Oleskin A. V. Social behavior of microbial populations [J. Basic Microbiol.]. 1994. vol. 34. no. 6. pp. 425-439.
15. Olofsson A. C., Zita A., Hermansson M. Floc stability and adhesion of green-fluorescent-protein-marked bacteria to flocs in activated sludge [Microbiology]. 1998. vol. 144. pp. 519-528.
16. Soveshhanie «O prakticheskikh aspektah utilizacii proshedshih obrabotku osadkov stochnyh vod». URL: http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other_activities/79450/.
17. Pererabotka osadkov stochnyh vod i ih utilizacija. URL: <https://vodakanazer.ru/kanalizaciya/osadok-stochnyx-vod-eto.html>.

Сведения об авторах

Брындина Лариса Васильевна – профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор сельскохозяйственных наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: bryndinv@mail.ru.

Бакланова Ольга Васильевна – старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», аспирант, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: baklanova.olga.72.

Information about authors

Larisa V. Bryndina – Professor of the Department of life safety and legal relations, FBEI HE “Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov”, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: bryndinv@mail.ru.

Olga V. Baklanova – senior lecturer, Department of life safety and legal relations, FBEI HE “Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov”, post-graduate student, Voronezh, Russian Federation; e-mail: baklanova.olga.72.