

УДК 630\*114.26

**А. В. Юрениа, Н. И. Якимов, О. А. Селищева, А. М. Граник, Е. Г. Юрениа**  
Белорусский государственный технологический университет

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ  
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИЛОВОГО  
ПРУДА УП «МИНСКВОДОКАНАЛ»**

В статье изложены результаты исследований почвогрунта илового пруда, который представляет собой смесь органических веществ с минеральной породой в виде песка и характеризуется неоднородным составом. Во взятых образцах почвогрунта определялись следующие показатели: актуальная кислотность, гумус, содержание обменных оснований кальция и магния, подвижная фосфорная кислота и железо, обменный калий. Для изучения изменений почвенно-грунтовых условий под влиянием древесной растительности грунт отбирался в весенний и осенний периоды с 2018 по 2021 г. В результате установлено, что в процессе роста растения оказывают положительное влияние на кислотность грунта и содержание гумуса, оптимизируя условия произрастания. Содержание основных элементов питания растений в грунте находится на достаточном уровне, что не требует применения минеральных удобрений. Для создания оптимальной реакции среды для роста древесных растений рекомендуется внесение регуляторов кислотности почвы.

**Ключевые слова:** почвогрунт, свойства агрохимические, гумус, кислотность, регулятор кислотности, растительность древесная, элементы питания.

**Для цитирования:** Юрениа А. В., Якимов Н. И., Селищева О. А., Граник А. М., Юрениа Е. Г. Изменение почвенно-грунтовых условий под влиянием различных видов древесной растительности илового пруда УП «Минскводоканал» // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 79–85.

**A. V. Yurenya, N. I. Yakimov, O. A. Selishcheva, A. M. Granik, E. G. Yurenya**  
Belarusian State Technological University

**CHANGES IN SOIL AND GROUND CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE  
VARIOUS TYPES OF WOODY VEGETATION POND  
UE “MINSKVODOKANAL”**

The article presents the results of studies of the soil of the silt pond, which is a mixture of organic substances with mineral rock in the form of sand and is characterized by a heterogeneous composition. In the soil samples taken, the following indicators were determined: actual acidity, humus, content of exchangeable bases of calcium and magnesium, mobile phosphoric acid and iron, exchangeable potassium. To study changes in soil and ground conditions under the influence of woody vegetation, the soil was sampled in the spring and autumn period from 2018 to 2021. As a result, it was found that during the growth process, plants have a positive effect on soil acidity and humus content, optimizing the reaction of the environment. The content of the main plant nutrients in the soil is at a sufficient level, which does not require the use of mineral fertilizers. To create an optimal reaction of the environment for the growth of woody plants, the introduction of soil acidity regulators is recommended.

**Key words:** ground, agrochemical properties, humus, acidity, acidity regulator, woody vegetation, batteries.

**For citation:** Yurenya A. V., Yakimov N. I., Selishcheva O. A., Granik A. M., Yurenya E. G. Changes in soil and ground conditions under the influence various types of woody vegetation pond UE “Minskvodokanal”. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 79–85 (In Russian).

**Введение.** Увеличение количества осадков сточных вод и других отходов обостряет проблемы, связанные с их экономически эффективной и экологически безопасной утилизацией. Экологически безопасное захоронение или сжигание отходов – дорогостоящее мероприятие. Одним из наиболее приемлемых по экономическим и экологическим соображениям методом

утилизации отходов является использование их в качестве удобрений при выращивании посадочного материала в лесных питомниках [1–5].

При использовании в качестве нетрадиционных удобрений смеси осадка первичных отстаивающих и активного ила с аэрационных станций в дозе 500–1000 кг/га было зафиксировано положительное влияние на показатель средней

высоты для посадочного материала сосны обыкновенной [6].

В настоящее время большинство иловых осадков промышленных и коммунальных стоков ликвидируют путем их захоронения на полигонах, сброса в накопители, несанкционированного вывоза на свалки. Например, в Москве и Московской области распространено использование илового осадка для рекультивации нарушенных земель, например после разработки песчаных карьеров и торфяных выработок [7].

Особое место в настоящее время отводится поиску альтернативных способов и средств переработки и утилизации иловых осадков, донных отложений водоемов, жидких отходов. Среди них предпочтение отдается, прежде всего, наиболее экологически безопасным. Исследования показывают, что добавка осадка сточных вод в определенных количествах в грунт оказывает положительное влияние на рост растений. При определенных условиях возможно их применение в зеленом строительстве [8]. Другие экспериментальные разработки обосновывают возможность использования иловых осадков в дорожном строительстве [9].

Содержание тяжелых металлов в осадках на единицу сухого вещества может быть снижено при добавлении в осадки сточных вод опилок, торфа и других материалов при компостировании [10, 11].

С санитарной точки зрения в качестве удобрения могут использоваться только те осадки, которые подвергались обработке, обеспечивающей уничтожение патогенных микроорганизмов. К биологическим методам обеззараживания относится компостирование. Компостирование отличается простотой и доступностью и является одним из способов уменьшения влажности осадков и обеззараживания их от патогенной микрофлоры и яиц гельминтов [12].

При использовании осадков сточных вод и компостов на их основе в качестве удобрения в грунтах увеличивается содержание органического вещества, азота, фосфора, других макро- и микроэлементов. Под действием осадков, как правило, снижается кислотность, увеличивается их влагоемкость, что особенно важно для почвогрунтов легкого гранулометрического состава. Улучшаются тепловой, водный и воздушный режимы грунта, возрастает их биологическая активность [13].

Компостирование можно признать «медленным» способом утилизации осадков сточных вод. Однако такой прием, как выдерживание осадков сточных вод на иловых площадках для обезвреживания и обеззараживания, по современным требованиям предусматривает более длинные сроки. Установлено, что осадки сточных

вод должны находиться на иловых площадках не менее трех лет [14].

**Основная часть.** Исследования проводились на иловом пруду с осадками сточных вод УП «Минскводоканал» площадью 0,92 га, на поверхность которого для создания твердой основы наносился грунт из песколовок, где сточные воды очищаются от песка и других минеральных примесей.

Для улучшения экологической обстановки после нанесения отходов песколовок слоем в среднем 50–60 см производилась посадка различных древесных и кустарниковых пород. Изучение почвенно-грунтовых условий на территории илового пруда проводилось в течение четырех лет с 2018 по 2021 г.

Агрохимические свойства почвогрунтов определялись в смешанных образцах, отобранных в разные периоды в определенных точках участка в количестве 20 шт. При этом учитывалось влияние высаженных древесных и кустарниковых растений, сочетание минеральной и органической части грунта, изменения микрорельефа.

В отобранных почвенных образцах определялись следующие показатели: актуальная кислотность (рН в КС1) потенциометрическим методом; гумус по методу Н. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова; содержание кальция и магния трилонометрическим методом; подвижная фосфорная кислота и железо на ФЭЖе по методике А. Т. Кирсанова; обменный калий на пламенном фотометре по методу А. Д. Масловой [15].

Результаты по основным показателям обеспеченности элементами питания и актуальной кислотности образцов почвогрунта за время исследований представлены в табл. 1.

В почвогрунте в 2018 г. содержание гумуса составляло 2,9–3,1%. В дальнейшем за счет формирования напочвенного покрова отмечалось некоторое увеличение содержания гумуса, которое варьирует от 2,9 до 5,2%. В 2020 г. было отмечено его наибольшее количество, которое колебалось от 4,6% весной до 5,2% осенью. В 2021 г. наблюдалась стабилизация накопления органического вещества на уровне 4,3–4,8%, что характерно для довольно плодородных земель. Это объясняется наличием сформированного напочвенного покрова, интенсивным ростом травянистой растительности, накоплением древесного опада, а также обусловлено формированием устойчивого микробиологического процесса в верхнем корнеобитаемом слое. Сочетание этих факторов, обеспечивает благоприятный воздушный и температурный режимы для более интенсивного протекания процессов гумификации и минерализации органического вещества.

Таблица 1

## Агрохимические свойства исследуемых образцов грунтов

| Год  | Сроки отбора образцов грунта | Гумус, % | рН КСl | Сумма обменных оснований мг-экв. на 100 г субстрата | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Fe <sup>3+</sup> | K <sub>2</sub> O |
|------|------------------------------|----------|--------|---|-------------------------------|------------------|------------------|
|      |                              |          |        |   | мг на 100 г субстрата         |                  |                  |
| 2018 | Апрель                       | 3,1      | 7,5    | 21,0  | 16,5                          | 16,5             | 6,4              |
|      | Октябрь                      | 2,9      | 7,3    | 23,2  | 14,4                          | 11,4             | 7,2              |
| 2019 | Апрель                       | 2,9      | 7,3    | 23,3  | 15,8                          | 14,5             | 7,8              |
|      | Июль                         | 3,3      | 7,2    | 22,3  | 59,3                          | 14,1             | 14,1             |
| 2020 | Октябрь                      | 3,5      | 7,3    | 22,1  | 57,1                          | 14,3             | 27,5             |
|      | Апрель                       | 4,6      | 6,6    | 19,1  | 15,0                          | 20,4             | 20,8             |
| 2021 | Октябрь                      | 5,2      | 6,2    | 11,2  | 52,0                          | 28,3             | 25,6             |
|      | Апрель                       | 4,8      | 6,5    | 18,4  | 41,3                          | 25,7             | 15,7             |
|      | Октябрь                      | 4,3      | 6,2    | 19,1  | 50,2                          | 31,6             | 21,7             |

За период исследований можно отметить некоторое увеличение кислотности грунта. Так, в 2018 и 2019 г. кислотность почвогрунта была слабощелочной (7,2–7,5 рН), весной 2021 г. она снижается до уровня 6,5 рН, а в октябре в среднем она составляет 6,2 рН. По сравнению с 2019 г. величина рН уменьшилась более чем на единицу.

Кислотность почвогрунта для листовенных пород приблизилась к верхней границе оптимальных значений. Для хвойных видов требуется снижение кислотности, как минимум, еще на единицу. Кроме того, необходимо учитывать, что при интенсивных осадках, таянии снега на кислотность почвенного раствора могут повлиять водорастворимые соединения, находящиеся в грунте, а также высвобождающиеся вследствие минерализации и разложения органического вещества.

Содержание обменных оснований кальция и магния к концу наблюдений составило 19,1 мг-экв. на 100 г почвогрунта и варьировало по срокам отбора образцов, при этом количество его ниже, чем в 2018–2019 гг. Кальций играет важную роль в процессе фотосинтеза и передвижения углеводов, в процессах усвоения азота растениями. Он участвует в формировании клеточных оболочек, обуславливает обводненность и поддержание структуры клеточных органелл. Наличие кальция в почве улучшает ее свойства. Однако этот элемент потребляется растениями в небольшом количестве. Кальций вносят в почву с целью оптимизации ее кислотности. Снижение количества кальция может быть обусловлено протеканием химических процессов в почве, а также использованием его произрастающими на территории растениями.

Магний входит в состав хлорофилла, участвует в передвижении фосфора в растениях и углеводном обмене, влияет на активность окислительно-восстановительных процессов. Магний участвует в составе основного фосфорсодержащего запасного органического соединения –

фитина. Он создает нейтральную реакцию почв, а также помогает устранить вредное действие избыточного количества извести.

Отмечается довольно высокое содержание подвижных форм фосфора – в среднем 50,2 мг на 100 г почвы. Изменение его содержания за три года подвержено колебаниям. Снижение содержания фосфора весной объясняется уменьшением концентрации ионов в почвенном растворе за счет разбавления водой в условиях повышенной влажности. Потребность растений в данном питательном элементе обеспечена в полной мере.

Содержание обменного калия в исследуемых образцах имеет определенные различия как по годам, так и по территории участка (от 6,4 до 27,5 мг на 100 г почвы). Происходит снижение обеспеченности калием в весенние месяцы вследствие высокой растворимости его соединений. Калий требуется растениям для разнообразных физиологических процессов, в том числе для развития корневой системы, ее морозостойчивости, одревеснения побегов. Он участвует в процессах синтеза и оттока углеводов в растениях, обуславливает водоудерживающую способность клеток и тканей, влияет на устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды и поражаемость растений болезнями. При калийном голодании верхние листья растений по краям желтеют, а зелеными остаются только участки листа, окружающие сосуды. Обеспеченность калием остается высокой, недостатка в данном элементе растения не испытывают.

Железо входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений и участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ, является важным элементом в фотосинтезе растений. Содержание подвижного железа также довольно высокое и составляет к концу наблюдений 31,6 мг на 100 г почвы. При этом наблюдается устойчивая динамика увеличения содержания железа по годам, что

обуславливается особенностью происходящих биохимических и почвообразовательных процессов.

Выращивание древесных растений проводилось с внесением регулятора кислотности на основе серы и гранулированной серы, применение которых повышает кислотность почвогрунта. Сера постепенно разлагается в грунте и имеет медленное и длительное воздействие на реакцию среды. Действие препаратов на основе серы имеет пролонгированный характер для верхнего корнеобитаемого слоя грунта.

В 2019–2021 гг. они вносились в апреле в приствольные круги вокруг деревьев с открытой и закрытой корневой системой под породы, наиболее требовательные к повышенной кислотности грунта: ель европейская, сосна обыкновенная, клен остролистный и береза повислая. Дозировка серных препаратов составляла 100 г на 1 дерево с внесением в приствольный круг диаметром 0,4–0,5 м. Предварительно до внесения серных препаратов также отобраны образцы грунта для анализа величины рН (табл. 2).

Так как препараты на основе серы имеют довольно длительное и медленное воздействие, то анализ почвогрунта на кислотность проводился в апреле и октябре ежегодно.

Результаты анализа грунта до внесения регуляторов кислотности показывают, что величина рН в 2019 г. составляла в среднем 7,17 и изменялась от 7,08 до 7,28. За вегетационный период 2019 г. на контрольном участке величина рН к октябрю не изменилась. А при применении гранулированной серы снизилась в октябре на 0,24 по сравнению с контролем. Более интенсивное воздействие оказывает регулятор кислотности на основе серы, при использовании которого значение рН снижается в среднем на 0,59. За 2019 г. на участке произошло интенсивное развитие травянистой растительности. Также регулированию кислотности грунта способствует

органическая масса, которая образуется при разложении листьев деревьев и травянистой растительности.

В 2020 г. был продолжен эксперимент по внесению серосодержащих препаратов. В октябре на контрольном участке величина рН снизилась на 0,43 за период вегетации. При применении гранулированной серы она уменьшилась на 0,26 по сравнению с контролем, при использовании регулятора кислотности – на 0,42.

В 2021 г. в октябре на контрольном участке величина рН снизилась на 0,32, а при внесении гранулированной серы – на 0,26. В этом году регулятор кислотности на основе серы в почвогрунт не вносился.

Полученные результаты согласуются с данными литературных источников, которые указывают на то, что под влиянием растительности слабощелочная реакция среды смещается в сторону кислотной [1, 2].

**Заключение.** На основании проведенных исследований можно отметить, что в почвогрунте наблюдается устойчивое накопление органического вещества. При этом содержание гумуса за четыре года увеличилось в среднем от 3,0 до 4,5%. Это обуславливается формированием сплошного травянистого покрова и разложением древесного опада. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в почвогрунте является достаточным для роста древесных и кустарниковых пород.

Учитывая кислотность среды почвогрунта и биологические особенности некоторых древесных и кустарниковых пород, можно сделать вывод, что не все древесные породы будут испытывать благоприятные условия для роста и развития. Однако реакция среды постепенно оптимизируется за счет активизации микробиологических процессов и выделения в почву растениями органических соединений, что способствует лучшему росту древесных и кустарниковых пород.

Таблица 2

### Изменение кислотности почвогрунта при внесении гранулированной серы и регулятора кислотности

| Варианты опыта                                  | Кислотность грунта (рН) |         |         |         |                                     |         |
|---|-------------------------|---------|---------|---------|-------------------------------------|---------|
|   | 2019 г.                 |         | 2020 г. |         | 2021 г.                             |         |
|   | апрель                  | октябрь | апрель  | октябрь | апрель                              | октябрь |
| Контроль (без внесения)                         | 7,22                    | 7,23    | 6,72    | 6,29    | 6,50                                | 6,18    |
| Внесение гранулированной серы                   |                         |         |         |         |                                     |         |
| Ель европейская с закрытой корневой системой    | 7,18                    | 7,07    | 6,54    | 6,02    | 6,44                                | 5,89    |
| Сосна обыкновенная с закрытой корневой системой | 7,21                    | 7,02    | 6,58    | 5,99    | 6,51                                | 5,95    |
| Береза повислая с открытой корневой системой    | 7,28                    | 6,97    | 6,63    | 6,07    | 6,39                                | 5,90    |
| Средние значения                                | 7,17                    | 6,99    | 6,58    | 6,03    | 6,45                                | 5,92    |
| Внесение регулятора кислотности на основе серы  |                         |         |         |         |                                     |         |
| Ель европейская с закрытой корневой системой    | 7,14                    | 6,72    | 6,69    | 5,86    | Регулятор кислотности не применялся |         |
| Сосна обыкновенная с закрытой корневой системой | 7,13                    | 6,57    | 6,47    | 5,77    |                                     |         |
| Береза повислая с открытой корневой системой    | 7,08                    | 6,63    | 6,71    | 5,98    |                                     |         |
| Средние значения                                | 7,17                    | 6,64    | 6,63    | 5,87    |                                     |         |

Оптимизацию реакции среды можно осуществить мероприятиями по ее регулированию. При величине кислотности почвогрунта от 7,0 до 7,5 рекомендуется вносить регулятор кислотности и гранулированную серу после посадки

растений в приствольные круги диаметром 0,4–0,5 м. Доза внесения препаратов серы составляет 100 г/м<sup>2</sup>. Это позволяет увеличить значение рН за три периода вегетации на 1,3, что создает лучшие условия среды для роста древесных видов.

### Список литературы

1. Кан В. М., Рахимжанов А. Н., Залесов С. В. Повышение плодородия почв лесного питомника «Ак кайын» Республики Казахстан // Аграрн. вестн. Урала. 2013. № 8 (114). С. 39–43.
2. Залесов С. В., Магасумова А. Г., Фролова Е. А. Эффективность внесения нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Аграрн. вестн. Урала. 2015. № 2 (132). С. 45–48.
3. Кан В. М., Залесов С. В., Рахимжанов А. Н. Мелиоративные приемы борьбы с коркообразованием на лесном питомнике «Аккайын» в Республике Казахстан // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 35–42. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (дата обращения 25.02.2022).
4. Залесов С. В., Магасумова А. Г., Фролова Е. А. Перспективы использования осадка сточных вод при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы IV междунар. науч. экол. конф.: в 2 ч., Краснодар, 24–25 марта 2015 г. Краснодар, 2015. Ч. 1. С. 151–155.
5. Фролова Е. А., Залесов С. В. Применение нетрадиционных удобрений в лесном хозяйстве // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2017. С. 245–246.
6. Фролова Е. А., Кряжевских Н. А., Глухова Е. И. Использование осадков сточных вод г. Екатеринбурга в качестве нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Леса России и хозяйство в них. 2017. № 2 (61). С. 41–46.
7. Щербина Е. В., Ковальская А. И. Основы концепции комплексного управления обращением с иловыми осадками для обеспечения экологической безопасности в городском хозяйстве // Науковедение. 2012. № 4. С. 1–8.
8. Боровков В. С., Курочкина В. А. Миграция тяжёлых металлов в растения при их выращивании с использованием сточных вод и загрязнённых илов в качестве удобрений // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 2. С. 51–54.
9. Беннаби А., Ковальская А. И. Обоснование использования илового осадка прибрежных акваторий портовых сооружений города Гавра (Франция) для целей дорожного строительства // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 2. С. 62–68. URL: [www.science-education.ru/102-6005](http://www.science-education.ru/102-6005) (дата обращения: 23.09.2012).
10. Чертеc К. Л. Установка для компостирования осадка сточных вод в Петрозаводске // Водоснабжение и сантехника. 1984. № 1. С. 4–7.
11. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96. М.: Стандартинформ, 1996. 54 с.
12. Пахненко Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. М.: Лаборатория знаний, 2007. 311 с.
13. Анализ состояния обработки осадков бытовых сточных вод малых населенных пунктов // Электронная библиотека диссертаций – Веда. URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/176858.html> (дата обращения: 23.02.2022).
14. Горбань Н. С., Фомина И. Г. Утилизация осадков сточных вод с возможностью использования их в качестве удобрений // Труды Украин. науч.-исслед. ин-та эколог. проблем, 2014. С. 142–144.
15. Соколовский И. В., Домасевич А. А., Юрениа А. В. Практикум по почвоведению с основами земледелия. Минск: БГТУ, 2016. 184 с.

### References

1. Kan V. M., Rahimzhanov A. N., Zalesov S. V. Improving soil fertility in the forest nursery “Ak Kaiyn” of the Republic of Kazakhstan. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2013, no. 8 (114), pp. 39–43 (In Russian).
2. Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A. Efficiency of application of non-traditional fertilizers in the cultivation of Scots pine planting material (*Pinus sylvestris* L.). *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2015, no. 2 (132), pp. 45–48 (In Russian).

3. Kan V. M., Zalesov S. V., Rahimzhanov A. N. Ameliorative methods of combating crusting at the forest nursery “Akkaiyn” in the Republic of Kazakhstan. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, [Modern problems of science and education], 2015, no. 1, pp. 35–42 (In Russian). Available at: <http://www.science-education.ru/121-17592> (accessed 25.02.2022).

4. Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A. Prospects for the use of sewage sludge in the cultivation of Scots pine planting material. *Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy IV mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii* [Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production: materials IV International scientific ecological conference]. Krasnodar, 2015, part 1, pp. 151–155 (In Russian).

5. Frolova E. A., Zalesov S. V. The use of non-traditional fertilizers in forestry. *Lesnaya nauka v realizatsii kontseptsii ural'skoy inzhenernoy shkoly: sotsial'no-ekonomicheskiye i ekologicheskkiye problemy lesnogo sektora ekonomiki: materialy XI mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering school: socio-economic and environmental problems of the forest sector of the economy: materials of the XI International scientific and technical conference]. Ekaterinburg, 2017, pp. 245–246 (In Russian).

6. Frolova E. A., Kryazhevskikh N. A., Gluhova E. I. The use of sewage sludge from the city of Yekaterinburg as non-traditional fertilizers in the cultivation of planting material of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* [Forests of Russia and the economy in them], 2017, no. 2 (61), pp. 41–46 (In Russian).

7. Shherbina E. V., Koval'skaya A. I. Fundamentals of the concept of integrated management of sludge management to ensure environmental safety in the municipal economy. *Naukovedeniye* [Science studies], 2012, no. 4, pp. 1–8 (In Russian).

8. Borovkov V. S., Kurochkina V. A. Migration of heavy metals into plants during their cultivation using sewage and polluted sludge as fertilizers. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of urban areas], 2011, no. 2, pp. 51–54 (In Russian).

9. Bennabi A., Koval'skaya A. I. Justification of the use of silt sediment from the coastal waters of the port facilities of the city of Le Havre (France) for the purposes of road construction. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2011, no. 2, pp. 62–68 (In Russian). Available at: [www.science-education.ru/102-6005](http://www.science-education.ru/102-6005) (accessed 25.02.2022).

10. Chertes K. L. Sewage sludge composting plant in Petrozavodsk. *Vodosnabzheniye i santekhnika* [Water supply and plumbing], 1984, no. 1, pp. 4–7 (In Russian).

11. SanPiN 2.1.7.573-96. Hygienic requirements for the use of wastewater and their sludge for irrigation and fertilization. Moscow, Standartinform Publ., 1996. 54 p. (In Russian).

12. Pahlenko E. P. *Osadki stochnykh vod i drugiye netraditsionnyye organicheskiye udobreniya* [Sewage sludge and other non-traditional organic fertilizers]. Moscow, Laboratoriya znaniy Publ., 2007. 311 p. (In Russian).

13. Analysis of the state of treatment of domestic sewage sludge from small settlements. Available at: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/176858.html> (accessed 23.02.2022).

14. Gorban' N. S., Fomina I. G. Utilization of sewage sludge with the possibility of using them as fertilizers. *Trudy Ukrain'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ekologicheskikh problem* [Proceedings of the Ukrainian Research Institute of Environmental Problems], 2014, pp. 142–144 (In Russian).

15. Sokolovskiy I. V., Domasevitch A. A., Yurenaya A. V. *Praktikum po pochvovedeniyu s osnovami zemledeliya* [Workshop on soil science with the basics of agriculture]. Minsk, BGTU Publ., 2016. 184 p. (In Russian).

#### Информация об авторах

**Юрениа Андрей Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [urenya@belstu.by](mailto:urenya@belstu.by)

**Якимов Николай Игнатьевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [yakimov@belstu.by](mailto:yakimov@belstu.by)

**Селищева Оксана Александровна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [selishcheva@belstu.by](mailto:selishcheva@belstu.by)

**Граник Александр Михайлович** – магистр сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: granik@belstu.by

**Юрeня Елена Геннадьевна** – старший преподаватель кафедры организации производства и экономики недвижимости. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: selishcheva@belstu.by

#### **Information about the authors**

**Yurenya Andrey Vladimirovich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: urenya@belstu.by

**Yakimov Nikolay Ignat'yevich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yakimov@belstu.by

**Selishcheva Oksana Aleksandrovna** – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: selishcheva@belstu.by

**Granik Aleksandr Mikhaylovich** – Master of Agriculture, Assistant Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: granik@belstu.by

**Yurenya Elena Gennad'yevna** – Senior Lecturer, the Department of Production Organization and Real Estate Economics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: eurenya@belstu.by

*Поступила 15.02.2022*