

О. А. САМОДОЛОВА
Д. В. УЛЬРИХ
Т. М. ЛОНЗИНГЕР

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ (ГРАНУЛИРОВАННОЙ) В ОЧИСТКЕ ГОРОДСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

USING GRANUATED BUCKWHEAT HUSKS
IN URBAN SURFACE RUNOFF TREATMENT

В последние годы в РФ большое внимание уделяется защите окружающей среды от негативного воздействия различных загрязнителей. Одним из таких проектов является федеральный проект «Экономика замкнутого цикла», нацеленный на стимулирование использования вторичных ресурсов. Известно, что при переработке зерновых культур в агропромышленном комплексе образуется колоссальное количество отходов. Таким отходом является лузга гречихи. Существует ряд исследований, доказывающих возможность ее использования в больших объемах в технологиях очистки сточных вод в качестве сорбента. При этом низкая прочность лузги вызывает ряд технологических трудностей при эксплуатации. Целью данной работы является повышение эксплуатационных характеристик лузги за счёт грануляции, оценка сорбционной способности гранулированной лузги гречихи при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий. В работе использовали гранулированную лузгу гречихи, полученную по технологии производства топливных pellets. Испытания проводили на реальных сточных водах, отобранных в ливневой канализации Челябинска. Установлено, что гранулированная лузга гречихи эффективно извлекает загрязнители из исследуемых сточных вод. Так, например, в статических условиях сорбция алюминия в температурном интервале от 10 до 20 °C наиболее эффективно происходит при контакте с сорбентом в течение 168 ч (94,12 %). При 0 °C скорость адсорбции немного ниже (82,35 %). Кобальт, хром, медь, цинк полностью извлекаются из сточной воды через 3 ч сорбции независимо от изменения температуры. В динамических условиях выявлено, что гранулы лузги гречихи обеспечивают полное извлечение тяжёлых металлов (кобальта, хрома, меди) из сточной ливневой воды. Концентрация катионов алюминия снижается на 67 %. Наблюдается уменьшение концентрации катионов натрия и кремния.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, природные сорбенты, лузга гречихи, сорбция, локальная очистка

In recent years, the Russian Federation has paid more attention to protecting the environment from the negative impact of various pollutants. The goal of the Closed Loop Economy federal project, for example, was to stimulate the use of recyclable material. The agro-industrial complex produces a huge amount of waste during the processing of crops. One of these wastes is buckwheat husk. There are a number of studies proving the application of buckwheat husks in large quantities as a sorbent for certain wastewater treatment methods. However, the low strength of husk leads to a number of technological difficulties in operation.

The goal of this study is to increase the performance of buckwheat husks through granulation and evaluate the sorption capacity of granulated buckwheat husks when treating urban surface runoff. In this study we used granulated buckwheat husks produced in a method analogous to fuel pellets. Tests were run on real runoff collected from storm sewers in Chelyabinsk. We determined that granulated buckwheat husks effectively remove pollutants from runoff.

In static conditions at a temperature of 10°C to 20°C, aluminum was most effectively sorbed upon contact with the sorbate over 168 hours (94.12%). At 0°C, slightly less aluminum was sorbed (82.35%). Cobalt, chromium, copper, and zinc are completely extracted from runoff after 3 hours of sorption, regardless of temperature changes. In dynamic test conditions, we determined that the buckwheat husk granules totally extract heavy metals (cobalt, chromium, copper) from storm drain runoff. The concentration of aluminum cations was reduced to 68%. Lower concentrations of sodium and silicon cations were also noted.

Keywords: surface runoff, natural sorbents, buckwheat husk, sorption, local treatment

Введение

В 2022 году в России стартовал новый федеральный проект под названием «Экономика замкнутого цикла». Проект включает в себя шесть направлений, одно из которых – стимулирование использования вторичных ресурсов, т. е. переход страны от простого потребления ресурсов к их многократному использованию и переработке. Поставлена задача к 2030 г. добиться использования 40 % вторичных ресурсов в строительстве, 50 % – в сельском хозяйстве, 34 % – в промышленности. Эти цифры сопоставимы с зарубежными показателями: в Германии во вторичный оборот вовлекается 68 % отходов, а в Швеции – 49 % [1–4].

Согласно мониторингу Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР), крупная промышленность России за 10 месяцев крупного сезона (сентябрь 2021 – июнь 2022 гг.) достигла рекордного производства продукции [5–7]. В натуральном выражении наибольший прирост достигнут за счет гречки и риса [8]. По данным Минсельхоза, в 2022 г. собрано 1,2 млн т гречихи. Это больше на 39 %, чем итоговый сбор за 2021 г. (918 тыс т). Урожайность увеличилась на 14 % и составила в среднем по стране 11,3 ц/га [9, 10].

Одним из основных отходов при производстве гречихи является лузга – полые гречневые оболочки (чешуйки), которые снимают с ядрышек при их обработке. Образуется примерно 200 кг лузги на 1 т зерна, объем лузги вместе с мучкой составляет 20–30 % от массы зерна [11].

В небольших объёмах лузга гречихи используется в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. В сельском хозяйстве: в качестве кормовой добавки для животных; органических удобрений (использовании золы); для изготовления упаковочных материалов [12]; в пищевой промышленности: в качестве пищевого красителя – меланина [13–16]; в рецептурах и технологии бисквитных полуфабрикатов [17]; для улучшения хлебопекарных показателей пшеничной хлебопекарной муки, для производства растительного масла [18]; в качестве субстрата для выращивания грибов (вешенки обыкновенной) [19]; для умягчения воды (эффективность умягчения воды составляет от 31 % для растворов с высокой концентрацией и до 62 % – для слабо концентрированных) [20].

Известно использование лузги гречихи для изготовления фурфурола и в качестве топлива котельных крупозаводов [11, 19, 21].

Существует ряд исследований, направленных на использование лузги гречихи в сорбционных технологиях: разработка сорбента

на основе лузги гречихи для очистки воды от соединений никеля [22]; получение активных углей из лузги гречихи для использования в очистке сточных вод, а также в промышленных процессах по извлечению тяжёлых металлов из растворов [23]; изготовление адсорбента при ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов (материал обладал селективностью по отношению к нефти и нефтепродуктам до 5 г/г) [24].

Во всех перечисленных работах в качестве сорбента использовалась лузга в виде чешуек без грануляции.

Целью данной работы является повышение эксплуатационных характеристик лузги гречихи за счёт грануляции, оценка сорбционной способности гранулированной лузги при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является система гранулированная лузга гречихи (сорбент) – поверхностные сточные воды с урбанизированных территорий города Челябинска (сорбат).

По литературным данным лузга гречихи состоит из трудно гидролизующих полисахаридов, в основном целлюлозы и части гемицеллюлоз – 25–30 %, пентозанов (19,8 %), лигнина (31–35 %), минеральных веществ (5%), белка (около 4 %), крахмала (около 2 %), микроэлементов. Состав приведён в расчёте на сухое вещество [6].

Процесс грануляции лузги гречихи проводили по технологии производства топливных пеллет, состоящей из следующих этапов: измельчение сырья (перетирание в опилки или в муку специальными мельницами); увлажнение (для дальнейшей прессовки); прессовка сырья (производится под давлением пресс-гранулятора при температуре 120 °С); охлаждение.

Основное отличие процесса получения гречневых гранул: отсутствие нагрева, что сокращает время и затраты энергии и дополнительных химических реагентов.

Сточные воды урбанизированных территорий, в том числе г. Челябинска, являются серьезным фактором загрязнения окружающей среды. В Челябинске нет системы очистки ливневых вод, которые собирают растворимые соединения тяжёлых металлов со всей территории города. Ливневые воды транспортируют поллютанты в водные объекты.

Поверхностные сточные воды с урбанизированных территорий Челябинска отбирали согласно общепринятым методикам.

Эффективность сорбционного процесса оценивали в различных условиях:

▪ в статических условиях использовали метод ограниченного объема при соотношении твёрдая фаза – жидкость, равном 1:20. Температуру системы изменяли от 0 до 20 °С. Время экспозиции составляло 3–168 ч;

▪ в динамических условиях исследовали фильтрацию сточных вод на лабораторной установке. Максимальная скорость потока – 0,15 л/ч. Масса пробы гранулированной лузги гречихи – 105,27 г.

При проведении исследований использовали электронный растровый микроскоп JEOL JSM-6460 LV с приставкой для микрорентгено-спектрального анализа, эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой OPTIMA 2100DV Perkin Elmer», США. В качестве фонового раствора использовали воду особой степени очистки, полученную на приборе «Simplicity UV» (Франция), рН-метр 150МИ.

Результаты и их обсуждение

Электронно-микроскопический анализ гранулированной лузги гречихи показал, что гранулы имеют форму цилиндров с гладкой поверхностью. Размер гранул меняется от 5,0 до 26,0 мм. Исследование микрорельефа поверхности проводилось при различной степени увеличения: верхний снимок – увеличение среза образца в 100 раз, средний и нижний – увеличение в 500 раз. Средняя микрофотография – это стенка материала, а нижняя – срез гранулы (рис. 1).

По данным микрорентгеноспектрального анализа исследуемые гранулы состоят из С, О, К, Mg, Са (табл. 1).

Химический состав смешанной пробы сточных (ливневых) вод города Челябинска приведен в табл. 2.

Таблица 1

Элементный состав лузги гречихи (гранулированной), %

Элемент	С	О	К	Mg	Са
Содержание элемента, мас. %	54,3	44,2	0,8	0,4	0,3

Таблица 2

Химический состав поверхностной сточной воды г. Челябинска, мг/л

Показатель	Максимальное значение
Водородный показатель (рН)	6,66
Алюминий	2,707
Кобальт	0,004
Хром	0,002
Медь	0,028
Магний	12,306
Натрий	35,939
Кремний	10,403
Цинк	0,286

Данные табл. 2 показывают, что сточные ливневые воды загрязнены компонентами, которые не наносят вреда окружающей среде (магний, натрий, кремний) и тяжёлыми металлами (хром, медь, цинк). В воде присутствует значительное количество ионов алюминия, разрушающего корневую систему растений.

В табл. 3 приведены результаты исследования эффективности сорбционного процесса в системе гранулированная лузга гречихи – сточная (ливневая) вода в статических условиях.

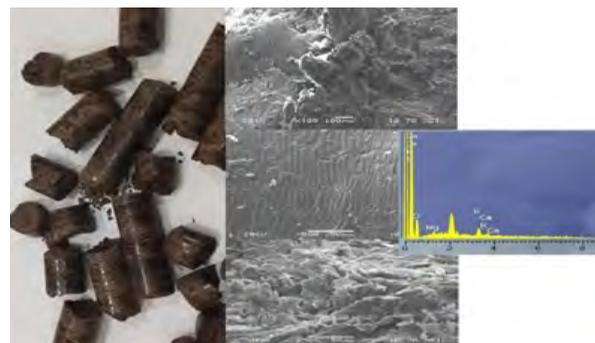


Рис. 1. Микрофотографии гранулированной лузги гречихи и данные микрорентгеноспектрального анализа

Полученные результаты показывают, что сорбция алюминия в температурном интервале от 10 до 20 °С наиболее эффективно происходит при контакте с сорбентом в течение 168 ч (94,12 %). При 0 °С скорость адсорбции несколько ниже (82,35 %).

Кобальт, хром, медь, цинк полностью извлекаются из сточной воды через 3 ч сорбции независимо от изменения температуры. Магний можно максимально удалить на 72,2 % при температуре 0 °С через 3 ч контакта сточной воды с сорбентом. С повышением температуры и времени контакта происходит уменьшение эффективности сорбции катионов магния, что, по-видимому, связано с переходом в сточ-

Таблица 3

Эффективность очистки ливневого стока
гранулированной лузгой гречихи при изменении температуры и времени контакта

Показатель	Эффективность очистки, %								
	0 °С			10 °С			20 °С		
	3 ч	6 ч	168 ч	3 ч	6 ч	168 ч	3 ч	6 ч	168 ч
Алюминий	41,18	76,47	82,35	58,82	82,35	94,12	82,35	94,12	94,12
Кобальт	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Хром	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Медь	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Магний	72,20	61,94	58,03	66,64	55,99	48,16	70,87	68,91	55,60
Натрий	76,31	79,16	94,06	68,07	78,03	83,69	74,94	78,27	83,08
Кремний	76,87	81,59	95,65	71,14	78,17	80,20	76,13	79,19	80,76
Цинк	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ную воду магния из лузги. Очистка от натрия и кремния максимально эффективно проходила при 0 °С через 7 сут. Увеличение температуры приводит к их переходу в воду.

На рис. 2 приведена зависимость водородного показателя от температуры и времени контакта в системе сорбент – сорбат.

Через 3 часа контакта в интервале температур 10–20 °С наблюдается повышение водородного показателя, связанного с переходом катионов магния из гранул лузги в сточную воду. Увеличение времени контакта сорбента с сорбатом приводит к незначительному снижению водородного показателя из-за обратного перехода магния в структуру сорбента.

При оценке эффективности гранулированной лузги для очистки сточных вод в динамическом режиме оптимальную скорость фильтрации выбирали исходя из того, что при увлажнении происходит увеличение объёма гранулированной лузги. Скорость подачи сточной воды 0,15 л/ч обеспечивает соотношение объёма гранул и объёма пор в загрузке, при котором не возникают технологические трудности.

На рис. 3 приведена диаграмма, которая позволяет оценить эффективность извлечения загрязнителей из сточных вод при динамическом режиме фильтрования.

Полученные данные показывают, что гранулы гречневой лузги обеспечивают полное извлечение тяжёлых металлов (кобальта, хрома, меди) из сточной ливневой воды. Концентрация катионов алюминия снижается на 67%. Наблюдается уменьшение концентрации катионов натрия и кремния.

Проведённые исследования показали высокую эффективность гранулированной гречневой лузги при очистке городских сточных

ливневых вод от катионов тяжёлых металлов в статическом и динамическом режимах. Экспериментальные данные являются основой для разработки экологически безопасной сорбционной технологии на основе отходов сельскохозяйственного производства. Перехват сточных вод и их очистка на локальных сооружениях позволяют эффективно решить несколько важнейших экологических проблем: предотвратить попадание загрязнителей в водные объекты

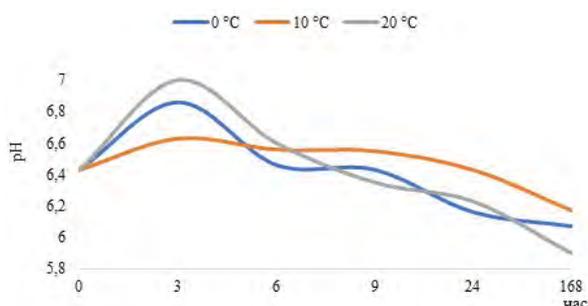


Рис. 2. Изменение pH при изменении температуры и времени контакта сорбента (гранулированная лузга гречихи) с сорбатом (сточная вода)

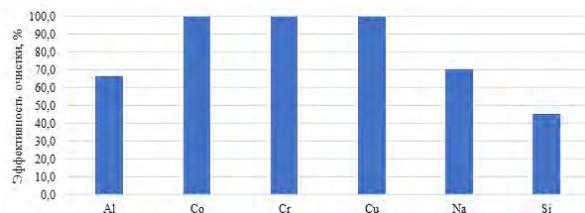


Рис. 3. Эффективность извлечения загрязнителей из сточных вод при динамическом режиме фильтрования

и утилизировать многотоннажные отходы агропромышленного комплекса (лузги гречихи).

Заключение

1. Проведена работа по созданию технологии грануляции лузги гречихи с целью повышения эксплуатационных характеристик.

2. Получены данные по эффективности сорбционной способности гранулированной лузги гречихи при очистке поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий.

3. Установлено, что в системе гранулированная лузга гречихи – сточная вода при статическом режиме тяжёлые металлы (кобальт, хром, медь, цинк) полностью извлекаются из сточной воды через 3 ч сорбции независимо от изменения температуры.

4. Сорбция алюминия в температурном интервале от 10 до 20 °С наиболее эффективно происходит при контакте с сорбатом в течение 168 ч (94,12 %).

5. При динамическом режиме фильтрации сточной воды через гранулы лузги гречихи происходит полное извлечение тяжёлых металлов (кобальта, хрома, меди) из сточной ливневой воды. Концентрация катионов алюминия снижается на 67 %.

6. Проведённые исследования показали высокую эффективность гранулированной гречневой лузги при очистке городских сточных ливневых вод от катионов тяжёлых металлов в статическом и динамическом режимах. Экспериментальные данные являются основой для разработки экологически безопасной сорбционной технологии на основе отходов сельскохозяйственного производства. Многообещающей областью для будущих исследований, вероятно, будет создание многокомпонентного сорбента на основе лузги гречихи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В России запускается новый федеральный проект [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://nia.eco/2022/02/08/30188/> (дата обращения: 29.01.2023).

2. Паспорт федерального проекта экономика замкнутого цикла [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view> (дата обращения: 29.01.2023).

3. Виктория Абрамченко: в 2022 году стартует федеральный проект по переходу на экономику замкнутого цикла [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://government.ru/news/44337/> (дата обращения: 30.01.2023).

4. Экономика замкнутого цикла сквозь призму федерального проекта [Электронный ресурс] Режим

доступа: <https://kazanfirst-ru.turbopages.org/kazanfirst.ru/s/articles/600743> (дата обращения: 30.01.2023).

5. Россия в этом сезоне достигла рекордного производства круп [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/854738> (дата обращения: 30.01.2023).

6. В России достигнут рекордный показатель производства круп [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://kaliningrad.bezformata.com/listnews/rekordniy-pokazatel-proizvodstva-krup/107990007/> (дата обращения: 30.01.2023).

7. Производство круп в РФ в 2022 г. достигло рекорда, цены сохраняют стабильность [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://agrovesti.net/news/indst/proizvodstvo-krup-v-rf-v-2022-g-dostiglo-rekorda-tseny-sokhranyat-stabilnost.html> (дата обращения: 30.01.2023).

8. Итоги-2022: рынок круп [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/groats/itogi-2022-rynok-krup.html> (дата обращения: 30.01.2023).

9. В России уже собрали 1,2 млн тонн гречки. Как такие показатели отразятся на рынке? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rg.ru/2022/10/28/burnaia-grechka.html> (дата обращения: 30.01.2023).

10. Сбор гречихи в России вырос в 1,4 раза. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/sbor-grechikhi-v-rossii-vyros-v-1-4-raza/> (дата обращения: 30.01.2023).

11. Клинецвич В.Н., Флюрик Е.А. Способы использования лузги гречихи посевной // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2020. № 1(229). С. 68–81.

12. Семухин А.С. Обоснование выбора лузги гречихи как основного ингредиента для создания биоразлагаемой упаковки для пищевых продуктов // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых: сб. науч. ст. 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок: в 4 т. Том 3. Курс: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 240–242.

13. Язев С.Г. Использование лузги гречихи в пищевом производстве // Наука и современность. 2014. № 34. С. 102–105.

14. Школьникова М.Н., Кадрицкая Е.А. Обоснование использования лузги гречихи для получения функциональных пищевых красителей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2020. № 4(46). С. 22–28. DOI 10.17586/2310-1164-2020-10-4-22-28

15. Уразова Я.В., Баходина Л.А., Рожнов Е.Д. Выделение меланина из лузги гречихи пасевой // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и техники: сб. науч. ст. международной конференции / отв. ред. Е.Д. Родионов. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2018. С. 970–972.

16. Обоснование состава кондитерской глазури с меланином из гречневой лузги / Е.А. Кадрицкая, М.Н. Школьникова, Л.А. Кокорева [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 1(57). С. 58–63.

17. Корпачева С.М., Чугунова О.В., Позняковский В.М. Использование порошка из лузги гречихи в рецептурах и технологии производства бисквитного полуфабриката // Индустрия питания. 2021. Т. 6. № 4. С. 55–63.

18. Севодина Н.А., Ласко А.В., Школьникова М.Н. Перспектива использования гречневой лузги для получения растительного масла // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования: сб. науч. ст. международной конференции / отв. ред. Е.Д. Родионов. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2017. С. 1066–1067.

19. Крамаренко М.В., Несмеянова А.В. Использование лузги гречихи в качестве субстрата для выращивания вешенки обыкновенной // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции: в 4 т. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. С. 244–249.

20. Сомин В.А., Комарова Л.Ф., Куталова А.В. Исследования по использованию лузги гречихи для умягчения воды // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 2(33). С. 213–222.

21. Производство порошка из гречневой лузги – путь к созданию безотходных высокоэффективных технологий / Е. А. Кузнецова, Е. В. Климова, Л. В. Шаляпова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 1(37). С. 69–75.

22. Сорбенты на основе лузги гречихи для очистки воды от соединений никеля / О.О. Вторушина, Д.А. Субботина, Е.А. Абызова, А.В. Куталова // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва. Т. 2. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. С. 155–157.

23. Лемешевский А.И., Симкин Ю.Я. Использование гречневой лузги для получения активных углей // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики: в 3 т. / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. Том 2. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2019. С. 500–502.

24. Получение термохимически модифицированного адсорбента на основе лузги гречихи / И.С. Еремин, Е.А. Зайцева, А.С. Россолова, К.Е. Воронина // Пища. Экология. Качество: труды XVII Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2020. С. 227–231.

REFERENCES

1. A new federal project is being launched in Russia. Available at: <https://nia.eco/2022/02/08/30188/> (accessed 29 January 2023)

2. Federal Project Passport Closed Cycle Economics. Available at: <https://docs.yandex.ru/docs/view> (accessed 29 January 2023)

3. Victoria Abramchenko: in 2022, a federal project to switch to a circular economy will start. Available at: <http://government.ru/news/44337/> (accessed 30 January 2023)

4. Closed-loop economy through the prism of a federal project. Available at: <https://kazanfirst.ru.turbopages.org/kazanfirst.ru/s/articles/600743> (accessed 30 January 2023)

5. Russia has reached record cereal production this season. Available at: <https://www.interfax.ru/business/854738> (accessed 30 January 2023)

6. Russia reaches record cereal production. Available at: <https://kaliningrad.bezformata.com/listnews/rekordniy-pokazatel-proizvodstva-krup/107990007/> (accessed 30 January 2023)

7. The production of cereals in the Russian Federation in 2022 reached a record, prices will remain stable. Available at: <https://agrovesti.net/news/indst/proizvodstvo-krup-v-rf-v-2022-g-dostiglo-rekorda-tseny-sokhranyat-stabilnost.html> (accessed 30 January 2023)

8. Results–2022: cereal market. Available at: <https://agrovesti.net/lib/industries/groats/itogi-2022-rynok-krup.html> (accessed 30 January 2023)

9. Russia has already collected 1.2 million tons of buckwheat. How will such indicators affect the market? Available at: <https://rg.ru/2022/10/28/burnaia-grechka.html> (accessed 30 January 2023)

10. The collection of buckwheat in Russia has grown 1.4 times. Available at: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/sbor-grechikhi-v-rossii-vyros-v-1-4-raza/> (accessed 30 January 2023)

11. Klincevic V.N., Flyurik E.A. Methods of using sown buckwheat husks. *Trudy BGTU. Seriya 2: Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geokologiya* [Works of BSTU. Series 2: Chemical Technology, Biotechnology, Geoecology]. 2020, no. 1(229), pp. 68–81. (In Russian).

12. Semuhin A.S. Rationale for choosing buckwheat husks as the main ingredient for creating biodegradable food packaging. *Innovacionnyj potencial razvitiya obshchestva: vzgljad molodyh uchenyh: sb. nauch. ct. 3-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii perspektivnyh razrabotok: v 4 t. Tom 3* [Innovative potential for the development of society: the view of young scientists: Sat. scientific. Art. 3rd All-Russian Scientific Conference for Advanced Development: in 4 vols. Volume 3]. Kursk, Southwestern State University, 2022, pp. 240–242. (In Russian).

13. Yazev S.G. Use of buckwheat husks in food production. *Nauka i sovremennost'* [Science and modernity], 2014. no. 34. pp. 102–105. (in Russian)

14. Shkol'nikova M.N., Kadrickaya E.A. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevyyh proizvodstv* [Scientific Journal of NIU ITMO. Series: Food Production Processes and Apparatuses], 2020. no.4(46). pp. 22–28. (in Russian) DOI 10.17586/2310-1164-2020-10-4-22-28

15. Urazova Ya.V. Isolation of melanin from herring buckwheat husks. *Lomonosovskie chteniya na Altae: fun-*

damental'nye problemy nauki i tekhniki: sbornik nauchnykh statej mezhdunarodnoj konferencii: elektronnyj resurs. Otvetstvennyj redaktor: Rodionov E.D. [Lomonosov readings in Altai: fundamental problems of science and technology: sat. scientific. Art. International Conference. ed. E.D. Rodionov]. Barnaul, 2018. pp. 970–972. (In Russian).

16. Kadrickaya E.A., Shkol'nikova M.N., Kokoreva L.A. Justification of the composition of confectionery glaze with buckwheat husk melanin. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus* [XXI century: the results of the past and the problems of the present plus], 2022. vol. 11. no.1(57). pp. 58–63. (in Russian)

17. Korpacheva S.M., Chugunova O.V., Poznyakovskij V.M. Use of buckwheat husk powder in recipes and technology of biscuit semi-finished product production. *Industriya pitaniya* [Food industry], 2021. vol. 6. no. 4. pp. 55–63. (in Russian)

18. Sevodina N.A. Lasko A.V., Shkol'nikova M.N. The prospect of using buckwheat husk to obtain vegetable oil. *Lomonosovskie chteniya na Altae: fundamental'nye problemy nauki i obrazovaniya: sbornik nauchnykh statej mezhdunarodnoj konferencii. Otvetstvennyj redaktor Rodionov E.D.* [Lomonosov readings in Altai: fundamental problems of science and education: sat. scientific. Art. International Conference. ed. Rodionov E.D.]. Barnaul, Altai State University, 2017. pp. 1066–1067. (In Russian).

19. Kramarenko M.V., Nesmeyanova A.V. The use of buckwheat husks as a substrate for growing common oyster mushrooms. *Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK: materialy vsrossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. V IV tomah* [Scientific research of students in solving urgent problems of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian student scientific and practical conference: in the IV volume]. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, 2022, pp. 244–249. (In Russian).

20. Somin V.A., Komarova L.F., Kutalova A.V. Research on the use of buckwheat husks for softening water. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya* [Izvestia universities. Applied Chemistry and Biotechnology], 2020, vol. 10, no. 2(33). pp. 213–222. (in Russian)

21. Kuznecova E.A., Klimova E.V., Shayapova L.V. Production of buckwheat husk powder – a way to create waste-free high-efficiency technologies. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Leguminous and cereal crops], 2021, no. 1(37), pp. 69–75. (in Russian)

22. Vtorushina O.O., Subbotina D.A., Abyzova E.A., Kutalova A.V. Sorbents based on buckwheat husks for water purification from nickel compounds. *Himiya i himicheskaya tekhnologiya v XXI veke: materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennoj 115-letiyu so dnya rozhdeniya professora L.P. Kulyova. Tom 2* [Chemistry and chemical technology in the 21st century: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists dedicated to the 115th anniversary of the birth of Professor L.P. Kulev. Volume 2].

Tomsk, National Research Tomsk Polytechnic University, 2015, pp. 155–157. (In Russian).

23. Lemeshevskij A.I., Simkin Yu.Ya. The use of buckwheat husk to obtain active coals. *Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavtiki: sbornik materialov V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Dnyu kosmonavtiki. V 3-h Tomah. Tom 2* [Actual problems of aviation and cosmonautics: sat. materials of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the Day of Cosmonautics: in 3 volumes. Volume 2]. Krasnoyarsk, Siberian State University of Science and Technology named after Academician Reshetnev M.F., 2019. pp. 500–502. (In Russian).

24. Eremin I.S., Zajceva E.A., Rossolova A.S., Voronina K.E. *Pishcha. Production of thermochemically modified adsorbent based on buckwheat husk. Ekologiya. Kachestvo: trudy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Food. Ecology. Quality: works of the XVII International Scientific and Practical Conference]. Ekaterinburg, Ural State Economic University, 2020, pp. 227–231. (In Russian).

Об авторах:

САМОДОЛОВА Олеся Александровна

аспирант кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем
Южно-Уральский государственный университет
454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76
E-mail: samodolova@mail.ru

SAMODOLOVA Olesya A.

Postgraduate Student of the Town Planning, Engineering Networks and Systems Chair
South Ural State University
454080, Chelyabinsk, Lenin Prospekt, 76
E-mail: samodolova@mail.ru

УЛЬРИХ Дмитрий Владимирович

доктор технических наук, доцент, директор архитектурно-строительного института
Южно-Уральский государственный университет
454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76
E-mail: ulrikhdv@susu.ru

ULRIKH Dmitrii V.

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Architecture and Construction
South Ural State University
454080, Chelyabinsk, Lenin Prospekt, 76
E-mail: ulrikhdv@susu.ru

ЛОНЗИНГЕР Татьяна Модровна

кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник кафедры материаловедения и физико-химии материалов
Южно-Уральский государственный университет
454080, Россия, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76
E-mail: lonzinger@m@susu.ru

LONZINGER Tatiana M.

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Researcher of the Materials Science, Physical and Chemical Properties of Materials Chair
South Ural State University
454080, Chelyabinsk, Lenin Prospekt, 76
E-mail: lonzinger@m@susu.ru

Для цитирования: Самодолова О.А., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М. Использование лужки гречихи (гранулированной) в очистке городских поверхностных сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 37–44. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.5.

For citation: Samodolova O.A., Ulrikh D.V., Lonzinger T.M. Using Granuated Buckwheat Husks in Urban Surface Runoff Treatment. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 37–44. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.5.