

## МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.879:628.381

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-104-118

### **Исследование влияния осадка сточных вод и цеолита, предпосевной обработки семян ярового ячменя на его урожайность**

**Алина Сергеевна Межевова**

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация,  
asmezhevova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4579-7047>

**Аннотация.** **Цель:** изучить химический состав осадков сточных вод и цеолита, структуру осадка, а также оценить урожайность ярового ячменя на фоне внесения удобрений-мелиорантов и предпосевной обработки семян бишофитом. **Материалы и методы.** Объект исследований – осадок сточных вод очистных сооружений г. Волжского и цеолит природный известняковый. В лабораторных условиях изучен химический состав осадка сточных вод и цеолита. Исследование структуры осадка сточных вод проводили методом сканирующей электронной микроскопии. Полевой эксперимент закладывали в соответствии с общепринятыми методиками. **Результаты.** Определены химический состав осадка сточных вод и качественные показатели цеолита. В ходе исследования в осадке установлено повышенное содержание азота (6,7 %), фосфора (2,8 %), калия (0,21 %), содержание органического вещества составило 80,0 %. Данные анализа цеолита показали, что его основу составляют кремнеземы  $\text{SiO}_2$  (60,49 %) и глиноземы  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12,1 %). При исследовании структуры осадка сточных вод было выявлено, что образец имеет пористую структуру, в нем встречаются частицы различного размера, присутствуют мезо- и макропоры. Данные об урожайности ярового ячменя свидетельствуют, что при внесении переработанного осадка сточных вод она увеличивается до 3,15 и 3,25 т/га на фоне контроля без обработки семян и с их обработкой бишофитом соответственно. В варианте без предпосевной обработки семян и с внесением мелиорантов (осадок сточных вод + цеолит) урожайность составила 3,88 т/га, в варианте с обработкой семян бишофитом – 4,05 т/га. **Выводы.** Для повышения продуктивности и урожайности ячменя ярового в засушливой зоне Волгоградской области целесообразно применение нетрадиционных удобрений-мелиорантов с оптимальным химическим составом. Предпосевная обработка семян бишофитом оказала положительное влияние на полевую всхожесть и урожайность ярового ячменя, однако необходимы дополнительные исследования его эффективности при предпосевной обработке семян.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, бишофит, цеолит, ячмень яровой, урожайность

**Сведения о научно-исследовательской работе, по результатам которой публикуется статья:** работа выполнена в рамках государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН № FNFE-2022-0007 «Теория и принципы формирования адаптивных агролесомелиоративных комплексов сухостепной зоны юга РФ в контексте климатических изменений».

**Для цитирования:** Межевова А. С. Исследование влияния осадка сточных вод и цеолита, предпосевной обработки семян ярового ячменя на его урожайность // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 104–118. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-104-118>.

## LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

### Study of the effect of sewage sludge and zeolite, pre-sowing spring barley seed treatment on its yield

**Alina S. Mezhevova**

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation  
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation, asmezhevova@mail.ru,  
<https://orcid.org/0000-0002-4579-7047>

**Abstract. Purpose:** to study the chemical composition of sewage sludge and zeolite, the sludge structure and also to evaluate the spring barley yield against the background of the ameliorant application and pre-sowing seed treatment with bischofite. **Materials and methods.** The object of research is the sewage sludge from the treatment facilities of Volzhsky and natural limestone zeolite. The chemical composition of sewage sludge and zeolite was studied under laboratory conditions. The study of sewage sludge structure was carried out by scanning electron microscopy. The field experiment was set up in accordance with generally accepted methods. **Results.** The chemical composition of the sewage sludge and the quality indicators of zeolite were determined. During the study, the increased content of nitrogen (6.7 %), phosphorus (2.8 %), potassium (0.21 %) was found in the sediment, the organic matter content was 80.0 %. Zeolite analysis data showed that it is based on silica  $\text{SiO}_2$  (60.49 %) and alumina  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12.1 %). When studying the structure of sewage sludge, it was found that the sample has a porous structure, particles of various sizes are found in it, meso- and macropores are present. Data on spring barley yield indicate that when treated with worked out sewage sludge, it increases to 3.15 and 3.25 t/ha against the background of control without seed treatment and with seed treatment with bischofite, respectively. In the variant without pre-sowing seed treatment and with the ameliorant introduction (sewage sludge + zeolite), the yield was 3.88 t/ha, in the variant with seed treatment with bischofite – 4.05 t/ha. **Conclusions.** To increase the productivity and yield of spring barley in the arid zone of the Volgograd region, it is advisable to use non-traditional ameliorant fertilizers with an optimal chemical composition. Pre-sowing seed treatment with bischofite had a positive effect on field germination and spring barley yield, however, additional studies of its effectiveness in pre-sowing seed treatment are needed.

**Keywords:** sewage sludge, bischofite, zeolite, spring barley, yield

**Information about the research work results of which are published in the article:** the work was carried out within the framework of the state task of research of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. FNFE-2022-0007 “Theory and principles of the formation of adaptive agroforestry reclamation complexes of the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of climatic changes”.

**For citation:** Mezhevova A. S. Study of the effect of sewage sludge and zeolite, pre-sowing spring barley seed treatment on its yield. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4):104–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-104-118>.

**Введение.** Одним из эффективных методов использования сточных вод является их утилизация на сельскохозяйственных полях. Использование осадков сточных вод экономически целесообразно и выгодно, так как в них содержится огромное количество ценных удобрительных веществ, которые

могли бы эффективно использоваться в сельском хозяйстве для восстановления плодородия почв и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

В последнее время во всем мире возрастает интерес к применению различных отходов производства, природных минералов, мелиорантов, сорбент-мелиорантов, обладающих уникальными свойствами и позволяющих повысить эффективность сельскохозяйственного производства в целом [1–5]. Например, использование природных цеолитов в качестве мелиоранта может быть перспективным направлением исследований. Имеются данные о том, что природные цеолиты улучшают структуру почвы, увеличивают ее проницаемость; цеолиты способствуют накоплению основных элементов питания для растений в почве, а также связывают тяжелые металлы, препятствуя их поступлению в растения [6–9].

Известно, что резервом повышения продуктивности и урожайности ярового ячменя является орошение, однако в связи со сложившимися экономическими условиями и с учетом острой проблемы дефицита водных ресурсов возникает необходимость поиска альтернативных путей увеличения урожайности данной культуры. Один из вариантов решения обозначенной проблемы – внедрение в сельскохозяйственное производство нетрадиционных технологий возделывания, в т. ч. использование различных удобрений-мелиорантов [10, 11].

Цель исследования заключалась в изучении химического состава осадков сточных вод и цеолита, структуры осадка, а также в оценке урожайности ярового ячменя на фоне внесения удобрений-мелиорантов и на фоне предпосевной обработки семян бишофитом.

**Материалы и методы.** Пробы осадка хозяйственно-бытовых (канализационных) сточных вод отбирали в 2020 г. с очистных сооружений г. Волж-

ского (предприятие МУП «Водоканал») согласно ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03<sup>1</sup>. Осадок сточных вод предварительно подвергали биологической очистке ферментно-кавитационным методом, который предусматривает генерирование в циркулируемом субстрате кавитации низкой интенсивности (с числом кавитации не более 0,05), а также интенсивное обогащение субстрата кислородом, засасываемым вместе с воздухом посредством эжекторов. Изучение химического состава осадка сточных вод осуществлялось согласно общепринятым методикам: показатель pH солевой вытяжки (ГОСТ 27979-88)<sup>2</sup>, влага (ГОСТ 26713-85)<sup>3</sup>, органическое вещество (ГОСТ 27980-88)<sup>4</sup>, общий и аммонийный азот (ГОСТ 26715-85<sup>5</sup>, ГОСТ 26716-85), общий фосфор (ГОСТ 26717-85<sup>6</sup>) и калий (ГОСТ 26718-85<sup>7</sup>).

Исследование структуры осадка сточных вод проводили методом сканирующей электронной микроскопии с помощью растрового (сканирующего) электронного микроскопа JSM-6490LV (Япония).

Известно, что метод сканирующей электронной микроскопии для анализа образцов нашел очень широкое применение в науке. Этим методом возможно исследовать форму, размеры и пространственную организацию частиц, определять состав фаз и распределение химических элементов по площади образца.

---

<sup>1</sup>Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления: ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03 / НТФ «Хромос». М., 2014. 16 с.

<sup>2</sup>ГОСТ 27979-88. Удобрения органические. Метод определения pH. Введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 5 с.

<sup>3</sup>ГОСТ 26713-85. Удобрения органические. Методы определения влаги и сухого остатка. Введ. 1987-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 3 с.

<sup>4</sup>ГОСТ 27980-88. Удобрения органические. Методы определения органического вещества. Введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 10 с.

<sup>5</sup>ГОСТ 26715-85. Удобрения органические. Методы определения общего азота. Введ. 1987-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 12 с.

<sup>6</sup>ГОСТ 26717-85. Удобрения органические. Методы определения общего фосфора. Введ. 1987-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 6 с.

<sup>7</sup>ГОСТ 26718-85. Удобрения органические. Методы определения общего калия. Введ. 1987-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1986. 4 с.

Экспериментальные исследования проводились в подзоне светло-каштановых почв на полях ИП «Бакалдин» Городищенского района в пос. Кузьмичи. По гранулометрическому составу почвы тяжелосуглинистые. Содержание гумуса – 1,7–1,8 % с постепенным уменьшением вниз по профилю. По наличию основных элементов питания почва опытного участка характеризовалась следующими показателями: содержание азота по Корнфилду – 48–54 мг/кг, фосфора по Мачигину – 47–53 мг/кг, калия по Мачигину – 460–490 мг/кг.

В опытах использовали сорт ячменя ярового Медикум 139. Закладка опыта, наблюдения и учеты – в соответствии с методикой полевых опытов Б. А. Доспехова<sup>8</sup>.

Схема двухфакторного опыта следующая:

- внесение удобрений (фактор А):

- 1) контроль без внесения удобрений;
- 2) внесение осадка сточных вод в дозе 3 т/га;
- 3) внесение композиции из осадка сточных вод (доза 3 т/га) и цеолита (1 т/га);

- предпосевная обработка семян (фактор В):

- 1) контроль без обработки семян;
- 2) обработка семян бишофитом 15% концентрации из расчета 1,2 л на 1 т семян.

Для предпосевной обработки семян использовали бишофит. Основу бишофита составляет хлорид магния с примесью большого количества жизненно необходимых микроэлементов. Бишофит может использоваться как комплексное средство, стимулирующее рост и развитие растений. Обработка семян проводилась природным минералом бишофитом с 15% концентрацией.

---

<sup>8</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Осадок сточных вод (доза 3 т/га) и цеолит (1 т/га) вносили на экспериментальные делянки вручную однократно в 2020 г. перед посевом ячменя на поверхность почвы в виде мульчирующего слоя. Дозу внесения осадка сточных вод рассчитывали по методике, представленной в ГОСТ Р 17.4.3.07-2001<sup>9</sup>.

## Результаты и обсуждение

### *Химический состав осадка сточных вод и цеолита, исследование структуры осадка сточных вод*

Для выявления наиболее рациональных путей использования осадков сточных вод необходимо определение их химического состава (таблица 1), который сильно отличается в зависимости от способа переработки, сроков хранения осадков и т. д.

**Таблица 1 – Химический состав осадка сточных вод**

**Table 1 – Chemical composition of sewage sludge**

| Определяемый показатель       | Результат испытания |
|-------------------------------|---------------------|
| Показатель pH солевой вытяжки | 6,3                 |
| Влага, %                      | 10,1                |
| Органическое вещество, %      | 80,0                |
| Аммонийный азот, %            | 0,21                |
| Азот общий, %                 | 6,7                 |
| Фосфор общий, %               | 2,8                 |
| Калий общий, %                | 0,21                |

Осадки сточных вод имеют сложный химический состав со значительным содержанием органического вещества, азота, фосфора и калия, что обуславливает их широкое использование в качестве нетрадиционных органических удобрений на сельскохозяйственных полях.

Полученные данные о химическом составе сравнивали с нормативами, указанными в ГОСТ Р 54651-2011<sup>10</sup>.

Установлено, что осадок сточных вод обладает высокой удобри-

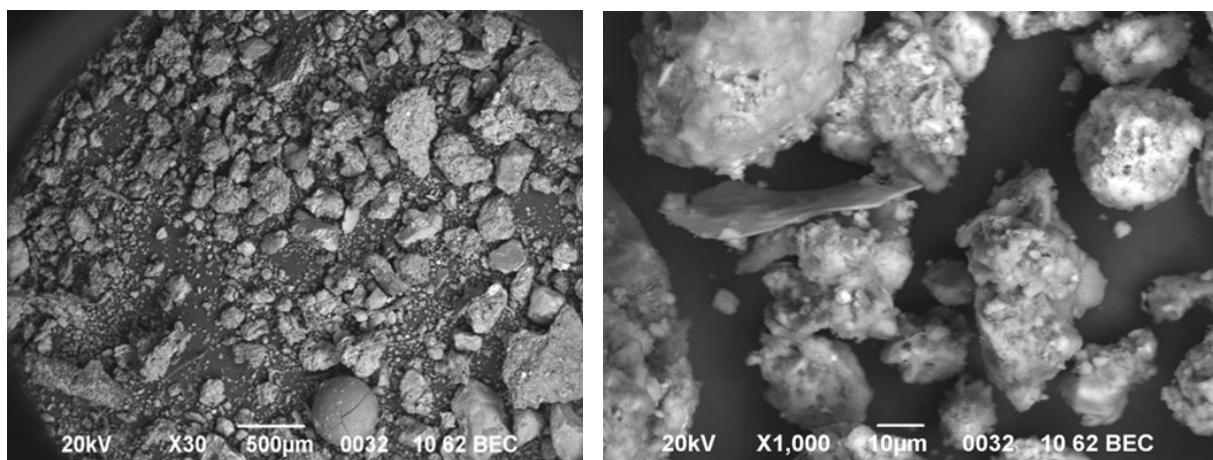
---

<sup>9</sup>ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. Введ. 2001-10-01. М.: Стандартиформ, 2008. 5 с.

<sup>10</sup>ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. Введ. 2011-12-13. М.: Стандартиформ, 2011. 17 с.

тельной ценностью. Результаты испытаний показали, что осадок имеет  $\text{pH} = 6,3$ , его влажность после соответствующей обработки составила 10,1 %. Это свидетельствует о том, что осадок хорошо высушен и может использоваться как сыпучее удобрение. Исследуемые осадки имеют высокое содержание органического вещества – 80,0 %, зафиксировано также повышенное содержание общих форм азота (6,7 %) и фосфора (2,8 %). Содержание общего калия составило 0,21 %.

При исследовании структуры осадка сточных вод были обнаружены частицы различного размера от 0,1 до 800 мкм, а также мезо- и макропоры (рисунок 1). Поверхность образца шероховатая, образец имеет пористую структуру. Можно предположить, что внесение осадка с пористой структурой в почву будет способствовать ее разрыхлению и увеличению влагоемкости и воздухопроницаемости.



**Рисунок 1 – Микрофотографии исследуемого осадка сточных вод  
(автор фото А. С. Межевова)**

**Figure 1 – Microphotographs of the studied sewage sludge  
(photo by A. S. Mezhevova)**

В химизации земледелия особое место занимает химическая мелиорация, улучшающая свойства почвы. Использование природных цеолитов в качестве мелиоранта является актуальным направлением исследований. В опыте изучали химический состав цеолита и некоторые его технологические свойства (таблица 2).

**Таблица 2 – Показатели качества цеолита**

**Table 2 – Zeolite quality indicators**

| Наименование компонента        | Показатель |
|--------------------------------|------------|
| Химический состав, %           |            |
| SiO <sub>2</sub>               | 60,49      |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,23       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,1       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,83       |
| MnO                            | 1,02       |
| MgO                            | 0,85       |
| CaO                            | 2,08       |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,25       |
| K <sub>2</sub> O               | 1,53       |
| Технологические свойства, %    |            |
| Пористость                     | 30,2       |
| Водостойкость гранул           | 95,0       |
| Влагоемкость                   | 60,0       |

Данные показывают, что основу цеолита составляют кремнеземы SiO<sub>2</sub> (60,49 %) и глиноземы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,1 %). Присутствуют окись железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, калийное K<sub>2</sub>O и магниевое удобрение MgO, а также другие компоненты.

Следует отметить, что цеолит имеет высокие значения пористости и влагоемкости. Это позволит улучшить влагоудерживающие свойства почвы, что крайне актуально при возделывании сельскохозяйственных культур в аридных регионах.

### ***Практическое применение осадка сточных вод и цеолита***

Ячмень характеризуется коротким периодом поглощения питательных веществ. Эта биологическая особенность определяет его повышенную требовательность к условиям питания в начальный период, поэтому переработанный осадок сточных вод и композицию из осадка и цеолита вносили непосредственно перед посевом ячменя, что оказало влияние на процент всхожести семян (таблица 3).

За период вегетации ярового ячменя в 2020 г. выпало всего 115 мм осадков (ГТК = 0,46), за аналогичный период 2021 г. выпало 175 мм осадков (ГТК = 0,60), или на 60 мм больше.

**Таблица 3 – Полевая всхожесть семян ярового ячменя**

В %

**Table 3 – Field germination of spring barley seeds**

In %

| Вариант                                  | Полевая всхожесть                         |                                        |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                          | Контроль без предпосевной обработки семян | Предпосевная обработка семян бишофитом |
| 2020 г.                                  |                                           |                                        |
| Контроль без удобрений                   | 52,5                                      | 60                                     |
| Осадок сточных вод (ОСВ) в дозе 3 т/га   | 67,5                                      | 72,5                                   |
| ОСВ + цеолит (10:1)                      | 75                                        | 80                                     |
| НСР <sub>05</sub> A                      | 0,9                                       |                                        |
| НСР <sub>05</sub> B                      | 0,8                                       |                                        |
| НСР <sub>05</sub> AB                     | 1,14                                      |                                        |
| 2021 г.                                  |                                           |                                        |
| Контроль без удобрений                   | 65                                        | 70                                     |
| ОСВ в дозе 3 т/га                        | 75                                        | 80                                     |
| ОСВ (доза 3 т/га) + цеолит (доза 1 т/га) | 85                                        | 92,5                                   |
| НСР <sub>05</sub> A                      | 3,22                                      |                                        |
| НСР <sub>05</sub> B                      | 2,63                                      |                                        |
| НСР <sub>05</sub> AB                     | 3,71                                      |                                        |

Анализ полученных данных свидетельствует, что на процент всхожести в большей степени оказало влияние внесение удобрений, это отражают данные математической обработки.

В первый год исследования было установлено, что самая низкая всхожесть семян ячменя ярового наблюдается на контроле без внесения каких-либо удобрений, при этом в варианте без предпосевной обработки семян полевая всхожесть составила 52,5 %, при обработке семян бишофитом – 60 %. При внесении в качестве удобрения осадка сточных вод в дозе 3 т/га полевая всхожесть оказалась выше, чем на контроле без удобрений, и составила 67,5 % (без предпосевной обработки семян) и 72,5 % (предпосевная обработка семян бишофитом). Наилучший эффект наблюдался при использовании композиции «осадок сточных вод + цеолит», полевая всхожесть в данном варианте возросла до 75 % на участке, где отсутствовала

предпосевная обработка семян, и до 80 % на участке при использовании предпосевной обработки семян.

Во второй год исследования получены следующие результаты: на контроле без внесения удобрений полевая всхожесть ярового ячменя составила 65 % в варианте без обработки семян, 70 % – в варианте с обработкой семян бишофитом. При внесении осадка сточных вод в дозе 3 т/га отмечалось увеличение полевой всхожести на 10 % как в контрольном варианте без обработки семян, так и в варианте с обработкой семян. Как известно, цеолиты улучшают структуру почвы, увеличивают ее проницаемость, накапливают такие важные элементы питания растений, как N и K, в форме обменных катионов и сорбируют  $\text{NH}_3$ , а затем медленно отдают во время роста растений, играя роль пролонгатора [6–9].

На участке, где вносили композицию из осадка сточных вод и цеолита (10:1), зафиксированы наилучшие результаты. Полевая всхожесть в данном варианте составила 85 и 92,5 % соответственно без обработки семян и с обработкой семян бишофитом.

Для повышения урожайности ярового ячменя (рисунок 2) традиционно используют минеральные, органические, органоминеральные удобрения [12, 13]. Например, в некоторых исследованиях [14] отмечается, что для улучшения пищевого режима почвы, повышения азотобактера в почве, увеличения урожайности зерна ячменя целесообразно применение органоминеральной системы удобрений, включающей в том числе мелиоранты.

Данные об урожайности ярового ячменя при использовании нетрадиционных элементов технологии возделывания представлены в таблице 4.

Полученные данные свидетельствуют, что урожайность ярового ячменя находится в прямой зависимости от внесенных удобрений. Предпосевная обработка семян бишофитом оказала влияние в меньшей степени. В среднем за годы исследований при внесении переработанного осадка сточных вод отмечено увеличение урожая до 3,15 и 3,25 т/га на фоне кон-

троля без обработки семян и обработки семян бишофитом соответственно. Внесение композиции из осадка и цеолита позволило получить наибольшую прибавку урожайности, что отражено в данных таблицы 4. В варианте без предпосевной обработки семян и с внесением мелиорантов урожай ячменя составил 3,88 т/га, в варианте с обработкой семян бишофитом – 4,05 т/га.



**Рисунок 2 – Посевы ярового ячменя (сорт Медикум 139)  
(автор фото А. С. Межевова)**

**Figure 2 – Crops of spring barley (Medicum 139 variety)  
(photo by A. S. Mezhevova)**

**Таблица 4 – Урожайность ярового ячменя (среднее за 2020–2021 гг.)**

В т/га

**Table 4 – Spring barley yields (average for 2020–2021)**

In t/ha

| Вариант                                | Контроль без предпосевной обработки семян | Прибавка | Предпосевная обработка семян бишофитом | Прибавка |
|----------------------------------------|-------------------------------------------|----------|----------------------------------------|----------|
| Контроль без удобрений                 | 2,47                                      | –        | 2,55                                   | –        |
| Осадок сточных вод (ОСВ) в дозе 3 т/га | 3,15                                      | 0,68     | 3,25                                   | 0,7      |
| ОСВ + цеолит (10:1)                    | 3,88                                      | 1,41     | 4,05                                   | 1,5      |
| НСП <sub>05</sub> A                    | 0,54                                      |          |                                        |          |
| НСП <sub>05</sub> B                    | 0,44                                      |          |                                        |          |
| НСП <sub>05</sub> AB                   | 0,63                                      |          |                                        |          |

## Выводы

1 В ходе проведенных исследований химического состава осадков сточных вод было установлено, что содержание азота общего составило

6,7 %, фосфора – 2,8 %, калия – 0,21 %. Количество органического вещества в осадке сточных вод равно 80,0 %.

2 Анализ химического состава цеолита показал, что его основу составляют кремнеземы  $\text{SiO}_2$  (60,49 %) и глиноземы  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12,1 %). Также присутствуют окись железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  и другие компоненты.

3 При исследовании структуры осадка сточных вод были обнаружены частицы различного размера от 0,1 до 800 мкм, а также мезо- и макропоры. Поверхность образца шероховатая, образец имеет пористую структуру.

4 Анализ полученных данных о полевой всхожести ярового ячменя свидетельствует, что на процент всхожести в большей степени оказало влияние применение осадков. Внесение осадка сточных вод как самостоятельного удобрения, а также композиции из осадка сточных вод и цеолита позволило повысить процент всхожести семян.

5 Полученные данные об урожайности ярового ячменя свидетельствуют, что в большей степени на величину урожая оказало влияние внесение питательных веществ с осадками. В варианте без предпосевной обработки семян при дозе внесения осадка сточных вод 3 т/га прибавка урожайности по сравнению с контролем без удобрений составила 0,68 т/га, при внесении композиции из осадка сточных вод и цеолита – 1,41 т/га. В вариантах, где семена перед посевом были обработаны бишофитом, прибавка составила 0,7 т/га на фоне применения осадка и 1,5 т/га на фоне применения композиции из осадка сточных вод и цеолита.

6 Анализ полученных данных о применении бишофита показал, что необходимы дополнительные исследования его эффективности при предпосевной обработке семян, в частности, изучение влияния различных концентраций раствора бишофита на продуктивность ярового ячменя.

### **Список источников**

1. Стельмах К. Н. Влияние осадков сточных вод в комплексе с цеолитсодержащей породой на физико-химические свойства почвы и продуктивность сельскохозяй-

ственных культур // Агрохимический вестник. 2020. № 3. С. 67–70. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10043.

2. Malyuta O., Gordeeva T., Yatmanova N. Non-traditional fertilizers as soil ameliorants: the study of usefulness // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 17. Article number: 00120. 6 p. DOI: 10.1051/BIOCONF/20201700120.

3. Ильинский А. В. Обоснование экологически безопасного использования осадков сточных вод канализационных очистных сооружений жилищно-коммунального хозяйства // Агрохимический вестник. 2020. № 1. С. 60–64. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10009.

4. Effects of sewage sludge amendment on some soil properties, growth, yield and nutrient content of raspberry (*Rubus idaeus* L.) / I. Angin, R. Aslantas, A. Gunes, M. Kose, G. Ozkan // Erwerbs-Obstbau. 2017. 59(2). P. 93–99. DOI: 10.1007/s10341-016-0303-9.

5. Phosphorus diffusion and agronomic efficiency of chicken litter organo-mineral fertilizers improved with binder materials / C. O. Nascimento, B. B. Mattos, S. J. Dal Molin, R. L. Fialho, E. C. M. Cabral-Albuquerque, V. M. Benites // Waste and Biomass Valorization. 2021. 12. P. 3765–3772. <http://doi.org/10.1007/s12649-020-01274-0>.

6. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии: монография. М.: Наука, 1988. 283 с.

7. Середа Н. А., Шарипов Т. И., Смирнова Н. С. Новые виды удобрений на основе местных агоруд и эффективность их использования на черноземах Башкортостана // Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО: материалы науч.-практ. конф. Уфа: БГАУ, 2003. С. 195–197.

8. Рязанова О. М. Ресурсосберегающие технологии выращивания овощей с применением природных цеолитов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2002. № 2. С. 52–54.

9. Челищев Н. Ф., Челищева Р. В. Использование природных цеолитов // Вестник сельскохозяйственных наук. 1978. № 2. С. 126–131.

10. Межевова А. С., Новиков А. Е. Состав, структура и морфология осадка сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1. С. 389–398. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-37.

11. Mezhevova A. S., Berestneva Yu. V., Pugacheva A. M. Secondary use of sewage sludge, research on its morphology and physical and chemical properties // Ecology and Industry of Russia. 2021. Vol. 25, № 8. P. 14–20. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-8-14-20.

12. Гамзаева Р. С. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на общую биологическую активность почвы и урожайность ярового ячменя // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 42. С. 86–90.

13. Сидорова Л. В., Яичкин В. Н. Влияние азота, серы и калия в составе удобрений на урожайность и качество ярового ячменя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5(67). С. 52–53.

14. Абанин Д. В. Влияние удобрений на урожайность ячменя // Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. 2008. С. 286–288.

## References

1. Stelmakh K.N., 2020. *Vliyanie osadkov stochnykh vod v komplekse s tseolitsoderzhashchey porodoy na fiziko-khimicheskie svoystva pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Influence of waste water sludge in combination with zeolite-containing rock on physical-chemical properties of soil and productivity of crops]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical Bulletin], no. 3, pp. 67-70, DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10043. (In Russian).

2. Malyuta O., Gordeeva T., Yatmanova N., 2020. Non-traditional fertilizers as soil ameliorants: the study of usefulness. BIO Web of Conferences, vol. 17, article number: 00120, 6 p., DOI: 10.1051/BIOCONF/20201700120.

3. Ilyinsky A.V., 2020. *Obosnovanie ekologicheskii bezopasnogo ispol'zovaniya osadkov stochnykh vod kanalizatsionnykh ochistnykh sooruzheniy zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva* [Justification of environmentally safe use sewage sludge from sewage treatment plants of housing and communal services]. *Agrokhimicheskiy vestnik* [Agrochemical Bulletin], no. 1, pp. 60-64, DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10009. (In Russian).

4. Angin I., Aslantas R., Gunes A., Kose M., Ozkan G., 2017. Effects of sewage sludge amendment on some soil properties, growth, yield and nutrient content of raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Erwerbs-Obstbau*, 59(2), pp. 93-99, DOI: 10.1007/s10341-016-0303-9.

5. Nascimento C.O., Mattos B.B., Dal Molin S.J., Fialho R.L., Cabral-Albuquerque E.C.M., Benites V.M., 2021. Phosphorus diffusion and agronomic efficiency of chicken litter organo-mineral fertilizers improved with binder materials. *Waste and Biomass Valorization*, 12, pp. 3765-3772, <http://doi.org/10.1007/s12649-020-01274-0>.

6. Mineev V.G., 1988. *Ekologicheskie problemy agrokhimii: monografiya* [Ecological Problems of Agrochemistry: monograph]. Moscow, Nauka Publ., 283 p. (In Russian).

7. Sereda N.A., Sharipov T.I., Smirnova N.S., 2003. *Novye vidy udobreniy na osnove mestnykh agrorud i effektivnost' ikh ispol'zovaniya na chernozemakh Bashkortostana* [New types of fertilizers based on local agricultural ores and the efficiency of their use on the chernozems of Bashkortostan]. *Puti povysheniya effektivnosti APK v usloviyakh vstupleniya Rossii v VTO: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proc. of Scientific and Practical Conference]. Ufa, BSAU, pp. 195-197. (In Russian).

8. Ryazanova O.M., 2002. *Resursoberegayushchie tekhnologii vyrashchivaniya ovoshchey s primeneniem prirodnnykh tseolitov* [Resource-saving technologies for growing vegetables with the use of natural zeolites]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 2, pp. 52-54. (In Russian).

9. Chelishchev N.F., Chelishcheva R.V., 1978. *Ispol'zovanie prirodnnykh tseolitov* [Use of natural zeolites]. *Vestnik sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Bulletin of Agricultural Sciences], no. 2, pp. 126-131. (In Russian).

10. Mezhevova A.S., Novikov A.E., 2021. *Sostav, struktura i morfologiya osadka stochnykh vod* [Composition, structure and morphology of sewage sludge]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1, pp. 389-398, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-37. (In Russian).

11. Mezhevova A.S., Berestneva Yu.V., Pugacheva A.M., 2021. Secondary use of sewage sludge, research on its morphology and physical and chemical properties. *Ecology and Industry of Russia*, vol. 25, no. 8, pp. 14-20, DOI: 10.18412/1816-0395-2021-8-14-20.

12. Gamzaeva R.S., 2016. *Vliyanie biopreparatov i mineralnykh udobreniy na obshchuyu biologicheskuyu aktivnost pochvy i urozhaynost yarovogo yachmenya* [Influence of biological preparations and mineral fertilizers on the general biological activity of the soil and the yield of spring barley]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of St. Petersburg State Agrarian University], no. 42, pp. 86-90. (In Russian).

13. Sidorova L.V., Yaichkin V.N., 2017. *Vliyanie biopreparatov i mineral'nykh udobreniy na obshchuyu biologicheskuyu aktivnost' pochvy i urozhaynost' yarovogo yachmenya* [Influence of nitrogen, sulfur and potassium in the composition of fertilizers on the yield and quality of spring barley]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 5(67), pp. 52-53. (In Russian).

14. Abanin D.V., 2008. *Vliyanie udobreniy na urozhaynost' yachmenya* [Influence of fertilizers on the yield of barley]. *Aktual'nye problemy povysheniya effektivnosti ag-*

*ropromyshlennogo kompleksa: sb. nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual Problems of Improving the Efficiency of Agro-Industrial Complex: Proc. of International Scientific-Practical Conference], pp. 286-288. (In Russian).

---

***Информация об авторе***

**А. С. Межевова** – заведующий лабораторией анализа почв, кандидат сельскохозяйственных наук.

***Information about the author***

**A. S. Mezhevova** – Head of the Soil Analysis Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences.

*Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 11.07.2022; одобрена после рецензирования 17.10.2022; принята к публикации 20.10.2022.*

*The article was submitted 11.07.2022; approved after reviewing 17.10.2022; accepted for publication 20.10.2022.*