

## ОСАДОК СТОЧНЫХ ВОД – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ УДОБРЕНИЕ

*А.С. Межевова, к.с.-х.н., А.С. Азаров,  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и  
защитного лесоразведения Российской академии наук»  
400062, г. Волгоград, пр. Университетский 97  
+7-961-068-11-07, asmezhevova@mail.ru*

*Приведены данные по изучению структуры и морфологии осадка сточных вод. Выявлено, что полученный в результате переработки и очистки осадок сточных вод является аморфным с кристаллическими включениями, имеет шероховатую поверхность, которая может обеспечить большую площадь химического связывания. Установлено, что осадок сточных вод представляет собой структурированный материал. Представлены трехлетние данные по возделыванию сафлора красильного с использованием в качестве удобрения осадка сточных вод. Экспериментальными исследованиями доказано, что внесение осадка сточных вод в качестве удобрения способствует увеличению активности почвенной биоты. При внесении осадка сточных вод в дозах 5 и 10 т/га по лучшему фону чизельной обработки почвы микробиологическая активность составляла, соответственно, 357 и 372 мкг амин/г полотна в фазе 5-6 листьев сафлора красильного. В полевых экспериментах доказано также, что внесение в почву осадка сточных вод в дозе 10 т/га обеспечивает повышение урожайности сафлора красильного на 13%, что на уровне ошибки опыта.*

*Ключевые слова: осадок сточных вод, структурированный материал, сканирующая электронная микроскопия, микробиологическая активность, сафлор красильный.*

Для цитирования: Межевова А.С., Азаров А.С. Осадок сточных вод – высокоэффективное удобрение//Плодородие. – 2021. – №5. – С. 95-97. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.23.

Известно, что образующиеся в результате очистки иловые осадки сточных вод представляют серьезнейшую проблему из-за загрязнения и заражения болезнетворными бактериями и патогенной микрофлорой атмосферного воздуха, почвы и воды. Применяемые в большинстве станций очистки классические технологии переработки осадка сточных вод не обеспечивают получение экологически безопасного продукта, поэтому складываются в огромных количествах на иловых площадках и представляют угрозу для окружающей среды. Решение данной проблемы возможно за счет утилизации осадка сточных вод с дальнейшим его использованием в сельском хозяйстве в качестве компостов, удобрений, мелиорантов и др. Осадки сточных вод богаты элементами питания и органическим веществом, в связи с чем вопросы их применения в сельском хозяйстве весьма актуальны. Во многих развитых странах переработка осадка сточных вод и его дальнейшее использование в сельском хозяйстве является приоритетным направлением [7-9].

Ряд авторов [3] считает, что для восстановления нарушенных земель и повышения их продуктивности целесообразно применение органоминеральных удобрений на основе осадка сточных вод. Некоторыми экспериментальными исследованиями [4-6] доказано, что осадки сточных вод оказывают заметное положительное влияние на азотный режим и биологические свойства почвы, а также обладают высокой удобрительной ценностью и способствуют увеличению содержания органического вещества в почве. Известны многочисленные публикации, где подробно описаны особенности и свойства осадков сточных вод как удобрений [1-2]. Неоднократно подтверждалась и эффективность их использования в сельском хозяйстве, в основном для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Однако экспериментальные исследования морфо-

логии и структуры осадка сточных вод практически отсутствуют.

**Методика.** Исследуемый осадок сточных вод после его биологической очистки и обработки отбирали с «МУП Водоканал» (г. Волжский Волгоградской обл.).

Схема опыта:

• приемы основной обработки почвы:

- 1) отвальная ПН-4-35 на глубину 0,20–0,22 м;
- 2) дисковая БДТ-3 на глубину 0,12–0,14 м;
- 3) чизельная ОЧО-5-40 («Ранчо») на глубину 0,37–0,40 м с оборотом верхнего слоя почвы на глубину 0,12–0,15 м;

• дозы внесения осадка сточных вод:

- 1) без внесения осадка сточных вод;
- 2) 5 т/га;
- 3) 10 т/га.

Дозы внесения илового осадка определяли в соответствии с расчетной формулой допустимых доз внесения илового осадка в качестве удобрения под сельскохозяйственные культуры (ГОСТ Р 17.4.3.07 – 2001).

Структуру и морфологию поверхности частиц осадка сточных вод исследовали с помощью растрового (сканирующего) электронного микроскопа JSM-6490LV (Япония). Режим работы микроскопа: ускоряющее напряжение  $U = 10$  и  $20$  кВ; разрешение в режиме высокого вакуума –  $3$  нм, в режиме низкого вакуума –  $4$  нм; диапазон увеличения – от  $\times 40$  до  $\times 20000$ ; контраст – топографический при вторично-рассеянных электронах, а также композиционный, топографический и теневой при отраженных электронах.

Биологическую активность почвы определяли с помощью льяных полотен методом аппликаций.

Учет урожая проводили поделочно методом прямого комбайнирования «Сампо»-500.

**Результаты и их обсуждение.** В течение последних лет метод сканирующей электронной микроскопии

(СЭМ) применяют в различных областях науки и производства. Он является уникальным инструментом для анализа различных материалов и не перестаёт быть едва ли не основным инструментом получения фундаментальных знаний в разделе наук о материалах [6]. Следует отметить, что данный метод в сельском хозяйстве не нашел должного применения, поэтому целесообразно изучение и внедрение подобных методов, позволяющих получить информацию о составе, структуре и морфологии веществ.

В опытах исследовали переработанный высушенный осадок сточных вод. Полученные микрофотографии образцов осадка сточных вод при различном увеличении представлены на рисунке.

Анализ образца осадка сточных вод позволяет заключить, что он имеет рыхлую, шероховатую неоднородную и пористую структуру. Полученный в результате переработки и очистки осадок сточных вод является аморфным с кристаллическими включениями. На рисунке видно, что шероховатая поверхность исследуемого образца может обеспечить большую площадь химического связывания.

Измерение линейных размеров микрорельефа поверхности исследуемого образца проведено с применением сканирующего электронного микроскопа. Видно, что образец состоит из множества различного размера частиц (от 0,1 до 800 мкм), некоторые из которых являются агрегированными. Ширина видимых пор варьирует от 6 мкм до 4 нм. На основании полученных данных можно заключить, что осадок сточных вод представляет собой структурированный материал.

Известно, что для сохранения и повышения плодородия почв целесообразно внесение нетрадиционных удобрений, в частности осадка сточных вод, который содержит активный ил и биогенные элементы. В опытах исследовали микробиологическую активность почвы, которая является одним из главных показателей плодородия.

Исследования микробиологической деятельности проводили в активные фазы роста сафлора красильного. По полученным результатам выявлено, что приемы основной обработки почвы и различные дозы внесения осадка сточных вод по-разному влияли на микробиологические процессы в почве (табл.).

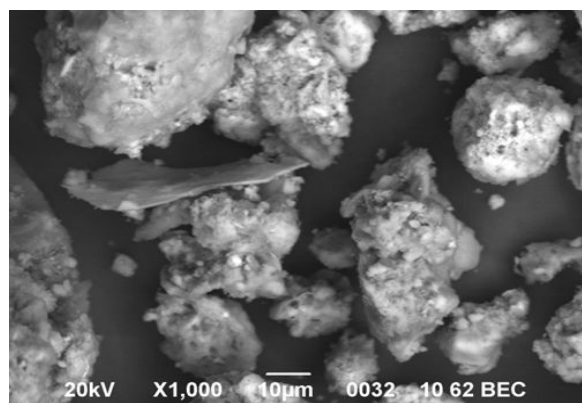
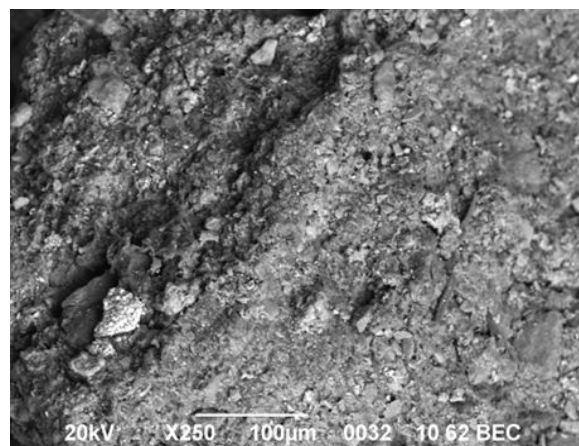
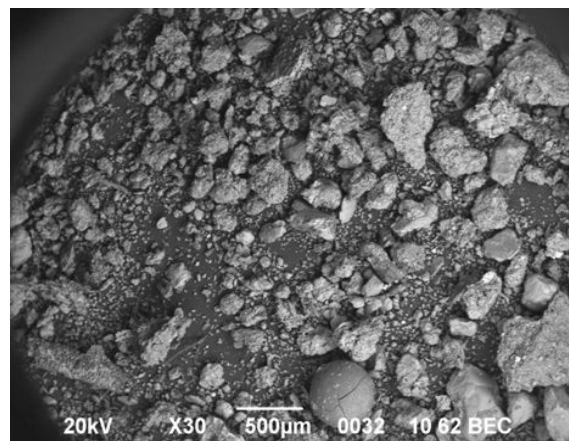


Рис. Переработанный осадок сточных вод, исследованный методом СЭМ при различном увеличении

**Микробиологическая активность почвы в посевах сафлора красильного в слое 0-0,3 м (в среднем за 2016-2018 г.), мкг амин/г полотна**

| Отвальная обработка<br>ПН-4-35           |                         |                |                    | Дисковая обработка БДТ-3 |                         |                |                    | Чизельная обработка<br>рабочим органом «Ранчо» |                         |                |                    |
|------------------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|------------------------------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|
| Фазы роста сафлора красильного           |                         |                |                    |                          |                         |                |                    |                                                |                         |                |                    |
| 5-6<br>листьев                           | Образование<br>корзинки | Налив<br>семян | Полная<br>спелость | 5-6<br>листьев           | Образование<br>корзинки | Налив<br>семян | Полная<br>спелость | 5-6<br>листьев                                 | Образование<br>корзинки | Налив<br>семян | Полная<br>спелость |
| Без внесения осадка сточных вод          |                         |                |                    |                          |                         |                |                    |                                                |                         |                |                    |
| 338                                      | 297                     | 256            | 190                | 333                      | 289                     | 251            | 185                | 348                                            | 306                     | 265            | 200                |
| Доза внесения осадка сточных вод 5 т/га  |                         |                |                    |                          |                         |                |                    |                                                |                         |                |                    |
| 348                                      | 316                     | 271            | 205                | 344                      | 311                     | 267            | 199                | 357                                            | 318                     | 280            | 212                |
| Доза внесения осадка сточных вод 10 т/га |                         |                |                    |                          |                         |                |                    |                                                |                         |                |                    |
| 364                                      | 328                     | 283            | 220                | 356                      | 321                     | 275            | 211                | 372                                            | 335                     | 292            | 230                |

Полевые опыты проводили в условиях сухого земледелия на светло-каштановых почвах. Для сравнения осадок сточных вод вносили в дозах 5 и 10 т/га.

Наилучшие результаты были достигнуты при применении в качестве основной обработки чизельного рабочего органа «Ранчо» при внесении осадка сточных вод в различных дозах. Оригинальное чизельное орудие «Ранчо»

обеспечивает не только глубокое рыхление почвы до 40 см, но и оборот верхнего, наиболее плодородного, слоя почвы (15 см). Благодаря этому поверхностный слой становится более рыхлым. При этом, чизельная обработка почвы после внесения осадка сточных вод сопровождается его заделкой в почву, что отразилось на полученных результатах опыта. В фазе 5-6 листьев при внесении осад-

ка сточных вод в дозах 5 и 10 т/га микробиологическая активность составила 357 и 372 мкг амин/г полотна соответственно вариантам с тенденцией к понижению к концу вегетации сафлора красильного до 212 и 230 мкг амин/г полотна.

При классической отвальной обработке плугом ПН-4-35 и внесении осадка сточных вод в дозах 5 и 10 т/га микробиологическая активность составила, соответственно, 348 и 364 мкг амин/г полотна в фазе 5-6 листьев сафлора красильного. Это выше в сравнении с вариантом, где осадок сточных вод в почву не вносили (338 мкг амин/г полотна). В фазе полной спелости сафлора красильного микробиологическая активность составила от 190 до 220 мкг амин/г полотна соответственно вариантам опыта.

Дисковая обработка почвы осуществлялась посредством тяжелых дисковых борон (БДТ-3), глубина обработки не превышала 15 см. Известно, что дисковые бороны не предназначены для заделки в почву различных удобрений и компонентов, поэтому по существу осадок сточных вод вносили на поверхность поля. В варианте без внесения осадка сточных вод при дисковой обработке получены наихудшие результаты – 333 мкг амин/г полотна в фазе 5-6 листьев и 185 мкг амин/г полотна в фазе полной спелости сафлора красильного. Необходимо отметить, что внесение осадка сточных вод в дозах 5 и 10 т/га позволило увеличить микробиологическую активность на делянках с дисковой обработкой почвы, соответственно, до 344 и 356 мкг амин/г полотна в фазе 5-6 листьев сафлора красильного и до 199 и 211 мкг амин/г полотна в фазе полной спелости.

Рассматривая урожайность сафлора красильного в среднем за годы исследований выявлено, что получение более высокого урожая стало возможно за счет применения в различных дозах осадка сточных вод. На участке с внесением осадка в дозе 5 т/га урожай сафлора красильного составил от 1,23 до 1,42 т/га в зависимости от способа основной обработки почвы. Внесение удобрения в

дозе 10 т/га позволило получить самую высокую урожайность – от 1,29 до 1,51 т/га соответственно вариантам.

**Закключение.** В ходе проведенных исследований по изучению структуры и морфологии осадка сточных вод выявлено, что он представляет собой структурированный материал, обладает высокой удобрительной ценностью и может использоваться для повышения биологической активности почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

#### Литература

1. Байбеков Р.Ф., Мёрзлая Г.Е., Власова О.А., Намухин А.Н. Изучение удобрений на основе осадков сточных вод // *Агрохимический вестник*. -2013. – № 6. – С. 28-30.
2. Беляева С.Д. Управление осадками сточных вод – важная экологическая проблема // *Водоснабжение и санитарная техника*. – 2007. № 1. – С. 5-9.
3. Ильинский А.В., Евсенкин К.Н., Нефедов 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. Касатиков В.А. Влияние мелиоративных доз осадка городских сточных вод на азотный режим дерново-подзолистой почвы и продуктивность зерновых культур // *Агрохимия*. – 2020. – №6. – С. 64-68. – DOI: 10.31857 / S 0002188120060058.
5. Криштал М.М., Ясников И.С., Полунин В.И., Филатов А.М., Ульянов А.Г. Сканирующая электронная микроскопия и рентгенофлуоресцентный микроанализ в примерах практического применения (Серия «Мир физики и техники» II-15). – М.: Изд-во Техносфера, 2009. – 208 с.
6. Рабинович Г.Ю., Подолян Е.А., Зинковская Т.С. Использование осадка сточных вод и режим органического вещества дерново-подзолистой почвы // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2020. – №4. – С. 37-41. – DOI: 10.31857 / S 2500262720040092.
7. Ahmed H.Kh., Fawy H.A., Abdel-Ha E.S. Study of sewage sludge use in agriculture and its effect on plant and soil // *Agriculture and biology journal of North America*.-2010. V. 1(5). P. 1044-1049. doi:10.5251/abjna.2010.1.5.1044.1049.
8. Behbahani A., Mirbagheri S.A., Nouri J. Effects of sludge from wastewater treatment plants on heavy metals transport to soils and groundwater // *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. -2010. V. 7 (5). P. 401-406.
9. Colón J., Alarcón M., Healy M., Namli A., Ponsá S., Sanin F.D. and Taya C. Producing sludge for agricultural applications // <http://www.nuigalway.ie/media/gene/files/Colon-et-al.-COST.pdf>.

## SEWAGE SLUDGE – HIGH EFFICIENCY NANOFERTILIZER

*A. S. Mezheva, head of the soil testing laboratory, research fellow, PhD in agriculture*

*A.S. Azarov, laboratory assistant-researcher*

*Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences”, 97 Universitetskij Avenue, 400062, Volgograd, Russian Federation  
+7-961-068-11-07, [asmezheva@mail.ru](mailto:asmezheva@mail.ru)*

*There are data on the study of the structure and morphology of sewage sludge are presented. It was revealed that the sewage sludge obtained as a result of processing and purification is amorphous with crystalline inclusions, possessed a very rough surface that could provide a large chemical binding area. It was found that sewage sludge is a nanostructured material. Three-year data on the safflower cultivation with sewage sludge application as fertilizer are presented. Experimental studies have shown that the introduction of sewage sludge as fertilizer contributes to an increase in the activity of soil biota. Microbiological activity amounted to 357 and 372 µg amino acids / g of linen in the phase of 5-6 leaves of safflower by the introduction of sewage sludge at doses of 5 and 10 t/ha according to the best background of soil cultivation. In field experiments, it was also proved that the introduction of sewage sludge into the soil at a dose of 10 t/ha provides an increase in the yield of safflower by 13%.*

*Keywords: sewage sludge, nanostructured material, scanning electron microscopy, microbiological activity, safflower.*