

Оригинальная статья / Original article  
УДК 631.879:628.381.1:628.381.4  
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-187-196

## Нетрадиционные элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием удобрений-мелиорантов

Алина С. Межевова, Александр И. Беляев

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград, Россия

### Контактное лицо

Алина С. Межевова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией анализа почв, «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»; 400062 Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97.  
Тел. +79610681107  
Email [asmezhevova@mail.ru](mailto:asmezhevova@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4579-7047>

### Формат цитирования

Межевова А.С., Беляев А.И. Нетрадиционные элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием удобрений-мелиорантов // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 3. С. 187-196. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-187-196

Получена 6 сентября 2021 г.  
Прошла рецензирование 14 марта 2022 г.  
Принята 5 мая 2022 г.

### Резюме

**Цель исследований** – определение пригодности и удобрительной ценности удобрений-мелиорантов, а также оценка степени их загрязненности тяжелыми металлами; апробация удобрений-мелиорантов в различных условиях при возделывании сельскохозяйственных культур.

**Материал и методика.** Аналитическими методами в лабораторных условиях изучали основные агрохимические показатели осадка сточных вод и химический состав глауконита. Содержание катионов тяжелых металлов в осадке сточных вод определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Объект исследований в первом опыте – семенной картофель сорт Ароза; во втором опыте – сафлор красильный сорт Александрит.

**Результаты.** Проведены исследования физико-химических показателей переработанного осадка сточных вод. Установлено, что по своему составу осадок является эффективным органическим удобрением. Содержание тяжелых металлов в осадке сточных вод не превышает предельно допустимых концентраций. Определено, что основу глауконита составляют кремнеземы, а также в нем содержатся фосфорное, калийное и магниевое удобрения. Доказано, что использование осадка сточных вод в качестве самостоятельного удобрения, а также в сочетании с глауконитом позволило существенно увеличить урожайность семенного картофеля и сафлора.

**Заключение.** Использование нетрадиционных удобрений-мелиорантов целесообразно наряду с использованием классических минеральных удобрений, так как позволяют увеличить урожайность некоторых сельскохозяйственных культур, а также достигнуть экономии поливной воды.

### Ключевые слова

Осадок сточных вод, физико-химические показатели, глауконит, удобрение-мелиорант, запасы влаги, картофель, сафлор, урожайность.

# Non-traditional elements of the technology of agricultural crop cultivation using fertilizers-ameliorants

Alina S. Mezhevova and Alexander I. Belyaev

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

## Principal contact

Alina S. Mezhevova, PhD in Agricultural Science, Leading Researcher, Head, Soil Testing Laboratory, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences; 97 Universitetskij Ave., Volgograd, Russia 400062  
Tel. +79610681107  
Email [asmezhevova@mail.ru](mailto:asmezhevova@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4579-7047>

## How to cite this article

Mezhevova A.S., Belyaev A.I. Non-traditional elements of the technology of agricultural crop cultivation using fertilizers-ameliorants. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 3, pp. 187-196. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-187-196

Received 6 September 2021

Revised 14 March 2022

Accepted 5 May 2022

## Abstract

**Aim.** The aim of research is to determine the suitability and fertilizing value of fertilizers-ameliorant, as well as to assess the degree of their contamination with heavy metals; approbation of fertilizers-ameliorants in various conditions in the cultivation of agricultural crops.

**Material and Methodology.** The main agrochemical parameters of sewage sludge and the chemical composition of glauconite were studied by analytical methods in laboratory conditions. The content of heavy metal cations in the sewage sludge was determined by atomic absorption spectrometry. The object of research in the first experiment is seed potatoes (variety Arosa); in the second experiment – safflower (variety Alexandrite).

**Results.** Studies of the physico-chemical parameters of the processed sewage sludge have been carried out. It has been established that the composition of the sediment is an effective organic fertilizer. The content of heavy metals in sewage sludge does not exceed the maximum allowable concentrations. It has been determined that silica is the basis of glauconite, and it also contains phosphorus, potassium and magnesium fertilizers. It has been proven that the use of sewage sludge as an independent fertilizer, as well as in combination with glauconite, has significantly increased the yield of seed potatoes and safflower.

**Conclusion.** The use of non-traditional ameliorant fertilizers is advisable along with the use of classical mineral fertilizers, as they allow increasing the yield of some agricultural crops, as well as achieving savings in irrigation water.

## Key Words

Sewage sludge, physico-chemical parameters, glauconite, fertilizer-ameliorant, moisture reserves, potato, safflower, crop yields.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время загрязнение окружающей среды специфическими органическими веществами приобретает все большую актуальность во всем мире, в том числе и в России. Образующиеся в результате очистки иловые осадки сточных вод представляют серьезнейшую проблему для окружающей среды, в частности, загрязняют и заражают болезнетворными бактериями атмосферный воздух, почву и водные объекты [1-3]. Всего лишь около 15% сточных вод являются нормативно очищенными по традиционным показателям загрязнения.

Экологические проблемы, вызванные накоплением в огромных количествах осадка сточных вод, рассматриваются и изучаются во многих странах. Одно из решений проблем загрязнения окружающей среды и водных объектов осадком сточных вод – предварительная переработка и очистка для вторичного использования в сельском хозяйстве [4-11], так как использование подобных отходов в сельскохозяйственном производстве актуально, экологически и экономически обоснованно в современных условиях.

Осадок сточных вод содержит в своем составе органическое вещество, азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу и микроэлементы. В тоже время часто в осадке фиксируется повышенное содержание тяжелых металлов, нефтепродуктов, пестицидов и болезнетворных микроорганизмов [12]. Физико-химические показатели осадка сильно отличаются и зависят как от вида сточных вод, так и от способов их переработки и очистки, сезона накопления и т. п.

Цель настоящего исследования – определение пригодности и удобрительной ценности удобрений-мелиорантов, а также оценка степени их загрязненности тяжелыми металлами; апробация удобрений-мелиорантов в различных условиях при возделывании сельскохозяйственных культур.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

Исследуемый осадок сточных вод после его очистки и переработки отбирали с «МУП Водоканал» г. Волжский.

Аналитическими методами в лабораторных условиях изучали основные агрохимические показатели осадка сточных вод: pH солевой вытяжки (ГОСТ Р 27979-88) [13], влага (ГОСТ Р 26713-85) [14], органическое вещество (ГОСТ Р 27980-88) [15], общий и аммонийный азот (ГОСТ Р 26715-85, ГОСТ 26716-85) [16-17], общий фосфор (ГОСТ Р 26717-85) [18], общий калий (ГОСТ Р 26718-85) [19], зола (ГОСТ Р 26714-85) [20].

Содержание катионов тяжелых металлов в осадке сточных вод определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрометре ICE 3000.

Апробацию осадка сточных вод осуществляли в полевых условиях на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Содержание гумуса – 1,7–1,8% с постепенным уменьшением вниз по профилю. По наличию основных элементов питания почва опытного участка в пересчете на 100 г характеризуется содержанием щелочногидролизуемого азота по Корнфилду – 4,8–16,8 мг, подвижного фосфора по Мачигину – 2,7–5,3 мг, подвижного калия по Мачигину – 41,3–53,0 мг.

Схема опыта по выращиванию семенного картофеля включала: контроль (без удобрений), контроль (минеральные удобрения), ОСВ + глауконит 20/2, ОСВ + глауконит 40/4, ОСВ + глауконит 60/6.

Схема опыта по возделыванию сафлора красильного включала:

Фактор А: приемы основной обработки почвы: А1 – отвальная обработка ПН-4-35 на глубину 0,20–0,22 м (контроль); А2 – дисковая обработка БДТ-3 на глубину 0,12–0,14 м; А3 – чизельная обработка рабочим органом Ранчо на глубину 0,37–0,40 м с оборотом верхнего слоя почвы на глубину 0,12–0,15 м.

Фактор В: внесение осадка сточных вод: В1 – без внесения осадка сточных вод (контроль); В2 – доза внесения 5 т/га; В3 – доза внесения 10 т/га.

**ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В последнее время всё больше становятся актуальными технологии, включающие использование удобрений-мелиорантов техногенного и природного происхождения. В качестве таких удобрений-мелиорантов могут использоваться предварительно очищенные, переработанные и высушенные осадки хозяйственно-бытовых (канализационных) сточных вод [21-23], а также природные минералы, например, такие как глаукониты, бентониты, цеолиты. Однако, подобные технологии требуют более глубокого изучения.

Первоначальной задачей было определение пригодности и удобрительной ценности предложенных удобрений-мелиорантов, а также оценка степени их загрязненности тяжелыми металлами. Переработанные осадки сточных вод отбирали с очистных сооружений г. Волжского. В лабораторных условиях с использованием стандартных методик были определены физико-химические показатели осадка сточных вод. Данные представлены в таблицах 1.

**Таблица 1.** Физико-химические показатели переработанного осадка сточных вод

**Table 1.** Physico-chemical parameters of recycled sewage sludge

Контролируемые показатели Controlled indicators	Результаты испытаний Test results
Общий азот, % / Total nitrogen, %	3,30
Аммонийный азот, % / Ammonia nitrogen, %	0,19
Общий фосфор, % / Total phosphorus, %	4,27
Общий калий, % / Total potassium, %	0,31
Массовая доля органического вещества в пересчете на углерод, % / Mass fraction of organic matter in terms of carbon, %	32,0
Массовая доля золы, % / Mass fraction of ash, %	35,0
Массовая доля влаги, % / Mass fraction of moisture, %	11,0
Реакция среды, pH солевое / Reaction of the medium, pH salt	6,60

В проведенных ранее исследованиях [24] нами было установлено, что осадки сточных вод представляют собой комплексное удобрение, их состав сильно варьируется и зависит от многих факторов, в частности, от способов очистки и переработки, от сроков хранения на иловых картах. Выявлено также, что в переработанном и высушенном до влажности 11,0% осадке содержатся общие формы азота (3,30%), фосфора (4,27%), калия (0,31%). Массовая доля органического вещества в осадке составила – 32,0%.

По удобрительному потенциалу осадки сточных вод подразделяются на I и II группы [25]. Удобрения на основе осадков сточных вод, которые используются для

возделывания технических, кормовых, зерновых и сидеральных культур относят к удобрениям I группы. Ко II группе относят удобрения, используемые для посадки лесохозяйственных культур вдоль дорог, цветоводстве, рекультивации свалок твердых бытовых отходов. Группу удобрений устанавливают на основании полученных данных о физико-химических показателях осадков сточных вод и содержании в них тяжелых металлов (ТМ).

Данные о содержании тяжелых металлов в образцах осадка сточных вод представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Данные о содержании в переработанном осадке сточных вод тяжелых металлов и остаточного количества пестицидов

**Table 2.** Data on the content of heavy metals and residues of pesticides in the recycled sewage sludge

Контролируемые показатели Controlled parameters	Ед. измер. Units of measurement	Нормативная документация на испытание Normative test documentation	Результаты испытаний Test results
Свинец на сухое вещество / Lead on dry matter			24,0
Кадмий на сухое вещество / Cadmium on dry matter			1,33
Цинк на сухое вещество / Zinc on dry matter		МУ ЦИНАО 1992 [26]	135,0
Медь на сухое вещество / Copper on dry matter		Guidelines CINAО 1992 [26]	131,0
Никель на сухое вещество / Nickel on dry matter			22,4
Ртуть на сухое вещество / Mercury on dry matter			1,90
Мышьяк на сухое вещество / Arsenic on dry matter	мг/кг mg/kg		0,5
ГХЦГ*-изомеры / HCH*- isomers		МУ сб. под ред. Клисенко М.А., 1983 г. [27]	Не обн. Not detected
ДДТ** и его метаболиты / DDT** and its metabolites		Guidelines by Klisenko M.A., (ed.), 1983 [27]	Не обн. Not detected

\* – ГХЦГ – гексахлорциклогексан, \*\* – ДДТ – 4, 4'-дихлордифенилтрихлорэтан

\* – HCH – hexachlorocyclohexane, \*\* – DDT – 4, 4'-dichlorodiphenyltrichloroethane

Согласно техническим требованиям ГОСТ Р 54651-2011 [25] по токсикологическим показателям осадков сточных вод должен соответствовать указанным в ГОСТ нормам. На основании полученных нами данных можно заключить, что в осадке присутствуют тяжелые металлы, но их количество не превышает предельно допустимых концентраций, указанных в нормативной документации и ГОСТ Р 54651-2011. Результаты анализа (табл. 2) показали также, что ГХЦГ-изомеры, ДДТ и его метаболиты не обнаружены.

В результате проведенных токсикологических анализов с использованием двух тест объектов из различных систематических групп были получены данные свидетельствующие о том, что осадок сточных вод относится к IV классу опасности для окружающей среды.

На основании полученных данных о физико-химическом составе осадка сточных вод можно сделать следующий вывод: осадок сточных вод обладает высоким удобрительным потенциалом, поскольку содержит в своем составе основные элементы питания (азот, фосфор, калий), а также органическое вещество, которое является основным показателем плодородия почвы. Достигая оптимальной влажности (11%), осадок становится сыпучим, что дает возможность вносить его как в виде самостоятельного удобрения, так и в композиции с другими мелиорантами.

Данные о содержании тяжелых металлов в осадке сточных вод, а также проведенные токсикологические исследования показывают, что полученный в результате очистки и переработки осадок относится к I группе удобрений и может использоваться при возделывании ряда сельскохозяйственных культур.

Для подтверждения полученных нами данных реализованы полевые исследования по возделыванию семенного картофеля в условиях капельного орошения на светло-каштановых почвах и по возделыванию сафлора красильного в условиях отсутствия орошения на светло-каштановых почвах.

В первом опыте для апробации нетрадиционных удобрений-мелиорантов возделывали сою и семенной картофель в короткоротационном севообороте. Результаты исследований подробно описаны и представлены в работе [9]. Было получено комплексное органоминеральное удобрение на основе переработанного осадка сточных вод и природного мелиоранта – глауконитового песка (глауконит). Некоторые авторы считают, что глауконит оказывает значительное косвенное влияние на азотный и фосфорный режим почвы и обеспеченность растений этими элементами, активизируя биологические процессы минерализации органических веществ почвы, в том числе и гумуса [28].

В опытах апробировали глауконит Саратовского месторождения (ООО «ЭкоСорбент»), поскольку в Волгоградской области добыча глауконита на

сегодняшний день не организована, хотя и имеется месторождение. Химический состав глауконита представлен в таблице 3.

**Таблица 3.** Химический состав глауконита, %

**Table 3.** Chemical composition of glauconite, %

Наименование компонентов Component name	Показатели Parameters
SiO <sub>2</sub>	68,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,5
MgO	1,8
K <sub>2</sub> O	11,1

Анализ данных химического состава показывает, что основу глауконитов составляют кремнеземы SiO<sub>2</sub> (68,2%) и глиноземы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14,3%). Необходимо отметить, что современное земледелие нуждается в использовании нетрадиционных удобрений и нетрадиционных элементов питания в их составе, в частности, в кремнии и магнии.

Рассматривая технологические свойства глауконита, важно отметить, что он обладает адсорбционными свойствами, аккумулирует и удерживает влагу, стимулирует действие удобрений,

разуплотняет почву и способен сорбировать тяжелые металлы [27].

В качестве объекта исследования в первом опыте с нетрадиционными удобрениями-мелиорантами был выбран сорт семенного картофеля «Ароза». Опыты закладывали в условиях капельного орошения на светло-каштановых почвах. В качестве контроля выбраны участки без внесения удобрений, а также с внесением классических минеральных удобрений. Результаты возделывания семенного картофеля представлены в таблице 4.

**Таблица 4.** Урожайность семенного картофеля в зависимости от применения различных удобрений

**Table 4.** Seed potato crop yields depending on the use of various fertilizers

Варианты Experiment variants	Оросительная норма за сезон, м <sup>3</sup> /га Irrigation rate per season, m <sup>3</sup> /ha	Урожайность, т/га Crop yields, t/ha
Контроль (без удобрений) Control (without fertilizers)	2200	13,4
Контроль (минеральные удобрения N <sub>100</sub> P <sub>40</sub> K <sub>160</sub> ) Control (mineral fertilizers N <sub>100</sub> P <sub>40</sub> K <sub>160</sub> )	2200	20,6
ОСВ+глауконит 20/2 Sewage sludge + glauconite 20/2	1900	23,9
ОСВ+глауконит 40/4 Sewage sludge + glauconite 40/4	1650	25,9
ОСВ+глауконит 60/6 Sewage sludge + glauconite 60/6	1450	30,6

Анализ данных показывает, что зафиксировано увеличение урожайности семенного картофеля (при снижении оросительной нормы!) сообразно увеличению дозы внесения осадка сточных вод и глауконита. Полученные данные доказывают, что нетрадиционные удобрения-мелиоранты обладают адсорбционными свойствами, аккумулируют и удерживают влагу в почве, а также обладают высокими удобрительными свойствами.

На контроле без внесения каких-либо удобрений при оросительной норме 2200 м<sup>3</sup>/га урожайность составила – 13,4 т/га. При внесении минеральных удобрений и той же оросительной норме урожайность увеличивалась до 20,6 т/га. Положительные результаты отмечены на участке, где вносили осадок сточных вод и глауконит в соотношении 20:2. Урожайность картофеля на данном варианте составила – 23,9 т/га, при этом экономия поливной воды составила – 13,6%. При внесении осадка сточных вод в соотношениях 40:4 и 60:6 были достигнуты наилучшие результаты. Урожайность на данных вариантах составила 25,9 и 30,6 т/га, при этом экономия поливной воды составила 25,0 и 34,1% соответственно вариантам.

Проведенные исследования по возделыванию семенного картофеля в засушливых условиях Волгоградской области свидетельствуют, что использование нетрадиционных удобрений-мелиорантов целесообразно наряду с использованием классических минеральных удобрений, так как позволяют увеличить урожайность, а также достигнуть экономии поливной воды.

Объектом исследований во втором опыте была техническая масличная культура – сафлор красильный сорт «Александрит» (рис. 1). Сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) относится к семейству астровые (лат. Asteraceae). Родиной является Египет, Индия. Сафлор может выращиваться как кормовая, декоративная, медоносная, масличная культура, может возделываться на зеленое удобрение для снижения засоренности посевов.

Опыты закладывали в условиях отсутствия орошения на светло-каштановых почвах. В данном опыте предусматривалось изучение влияния различных доз осадка сточных вод на водный режим почв и урожайность сафлора красильного.



**Рисунок 1.** Посевы сафлора красильного

**Figure 1.** Safflower crop

Известно, что в зонах с засушливым климатом определяющим звеном для формирования качественной продукции является искусственное орошение, которое зачастую способствует деградации земель и засолению почвы. Решение этой проблемы возможно при использовании агротехнических мероприятий, включающие, в том числе, разноглубинные обработки и мульчирование почвы мелиорантами.

Оценку запасов продуктивной влаги в слое 0–0,4 м проводили в активные фазы роста сафлора красильного по вариантам опыта. Анализ данных по оценке запасов продуктивной влаги приводится в среднем за 2016–2018 годы. В ходе проведения исследований было установлено, что внесение осадка сточных вод в дозах 5 и 10 т/га на фоне применения чизельной обработки позволило увеличить запасы влаги к моменту посева сафлора красильного до 82,1 и 88,5 мм. На участке без внесения осадка сточных вод с использованием чизельной обработки запасы влаги при посеве составили – 76,6 мм. Варианты применения классической отвальной обработки ПН-4-35 и дисковой БДТ-3 приводили к снижению запасов влаги, но тенденция положительного влияния от внесения осадка сточных вод в различных дозах сохранялась. На участке с применением отвальной обработки ПН-4-35 запасы продуктивной влаги при посеве сафлора красильного составили: 67,0 мм – вариант без внесения осадка сточных вод; 72,0 мм – доза внесения осадка сточных вод 5 т/га; 77,6 мм – доза внесения осадка сточных вод 10 т/га. Наименьшие запасы продуктивной влаги сформировались на варианте применения дисковой обработки БДТ-3 и составили при посеве сафлора красильного: 62,0 мм – вариант без внесения осадка сточных вод; 67,7 мм – доза внесения осадка сточных вод 5 т/га; 72,6 мм – доза внесения осадка сточных вод 10 т/га.

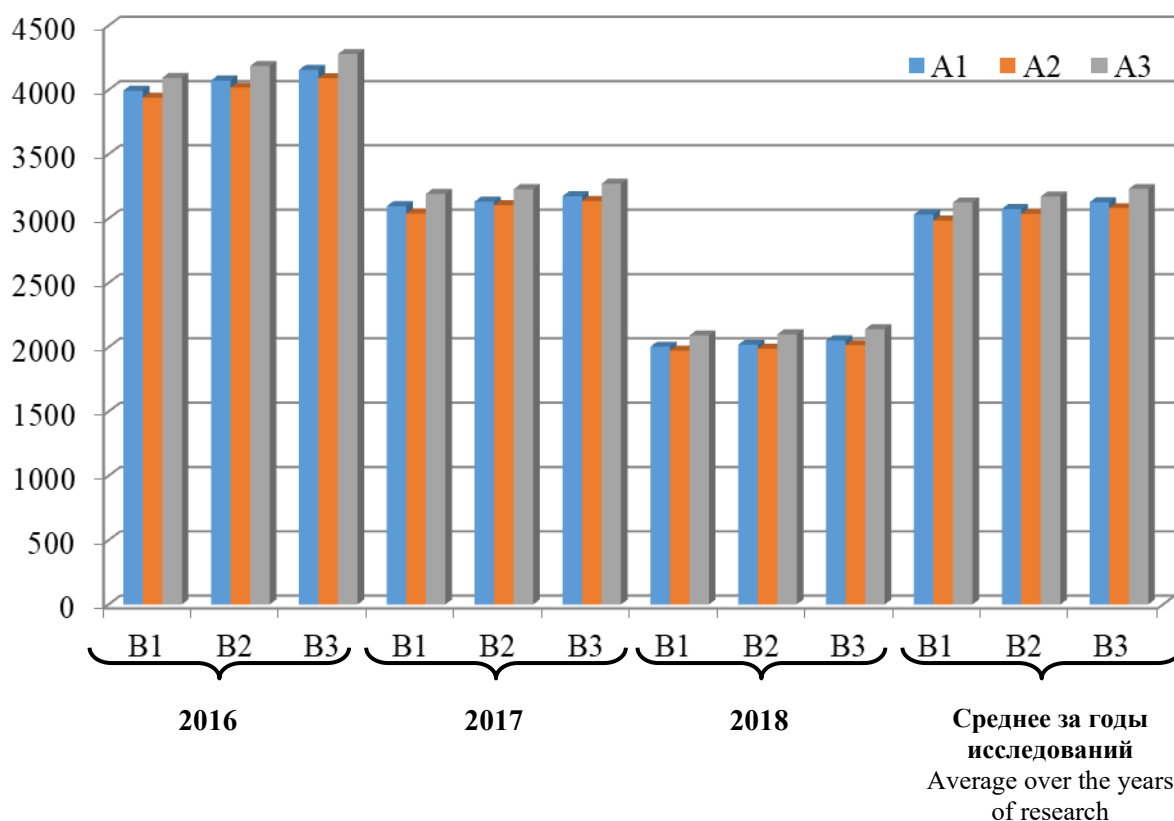
Значения суммарного водопотребления сафлора красильного представлены в виде графической зависимости и отражены на рисунке 2.

Важно отметить, что условия тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода сафлора красильного в годы проведения исследований сложились неоднозначные, в основном из-за осадков. В связи с этим, значения суммарного водопотребления по годам сильно различаются.

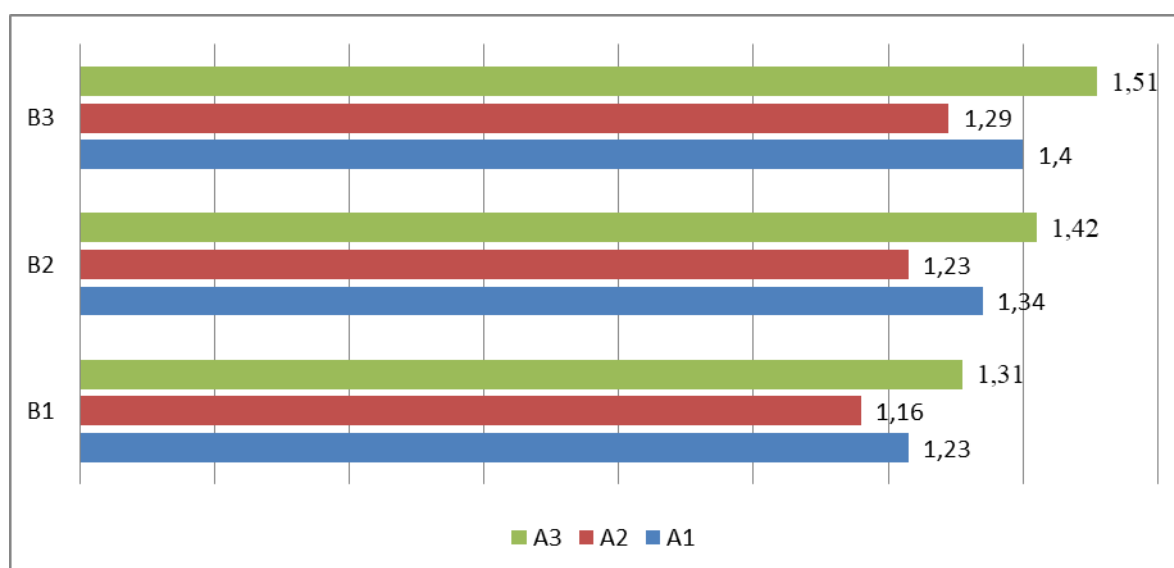
Как отмечалось выше, наибольшие запасы влаги сформировались на варианте, где в качестве основной обработки почвы использовали чизельную обработку и вносили осадок сточных вод в дозах 5 и 10 т/га, в связи с чем, именно на этих вариантах отмечаются максимальные значения суммарного водопотребления сафлора красильного: 4279 м<sup>3</sup>/га в 2016 году, 3271 м<sup>3</sup>/га в 2017 году и 2140 м<sup>3</sup>/га в 2018 году. На контроле при использовании классической обработки ПН-4-35 значения эвапотранспирации сафлора красильного при дозах внесения осадка сточных вод от 0 до 10 т/га составили: от 3994 до 4155 м<sup>3</sup>/га в 2016 году; от 3096 до 3174 м<sup>3</sup>/га в 2017 году; от 2004 до 2052 м<sup>3</sup>/га в 2018 году. Наименьшее суммарное водопотребление сафлора красильного сложилось на варианте применения дисковой обработки БДТ-3 и составило: от 3939 до 4091 м<sup>3</sup>/га в 2016 году; от 3039 до 3136 м<sup>3</sup>/га в 2017 году; от 1973 до 2015 м<sup>3</sup>/га в 2018 году.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что на количество запасов продуктивной влаги в почве оказали влияние как способ основной обработки почвы и ее глубина, так и внесение в качестве удобрения-мелиоранта осадка сточных вод. Наилучшие результаты получены при применении глубокой чизельной обработки почвы и осадка сточных вод в различных дозировках. Это объясняется тем, что чизельное рыхление способствует накоплению почвенной влаги, разуплотнению почвы, свободному развитию корневой системы растений. В свою очередь осадок сточных вод подтверждает полученными данными свои адсорбционные свойства и способность удерживать почвенную влагу.

Результаты урожайности сафлора красильного представлены на рисунке 3.



**Рисунок 2.** Суммарное водопотребление сафлора красильного, м³/га  
**Figure 2.** Total water consumption of safflower, m³/ha



**Рисунок 3.** Урожайность сафлора красильного (2016-2018 гг.), т/га

**Figure 3.** Crop yields of safflower (2016-2018), t/ha

Примечание / Notes: HCP05 (A) = 0,008; HCP05 (B) = 0,008; HCP05 (AB) = 0,01 / LSD\*05 (A) = 0,008; LSD05 (B) = 0,008; LSD05 (AB) = 0,01. LSD – least significant difference

Анализ полученных данных за годы исследований свидетельствует, что на варианте без внесения осадка сточных вод сформировалась самая низкая урожайность. При применении в качестве основной обработки почвы отвальной обработки ПН-4-35 урожай на данном варианте составил – 1,23 т/га; при применении дисковой обработки БДТ-3 – 1,16 т/га; при применении чизельной обработки Ранчо – 1,31 т/га. Внесение перед посевом сафлора удобрения в виде

осадка сточных вод в дозе 5 т/га позволило существенно увеличить урожайность до 1,34 т/га на делянках с отвальной обработкой ПН-4-35; до 1,23 т/га на варианте дисковой обработки БДТ-3; до 1,42 на варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо. Наилучшие результаты наблюдались при дозе внесения осадка сточных вод – 10 т/га. Урожайность на данном варианте составила: 1,4 т/га, 1,29 т/га, 1,51 т/га в

зависимости от выбранного способа основной обработки почвы.

Необходимо отметить, что на урожайность помимо внесения осадка сточных вод, оказали влияние различные способы основной обработки почвы. Наиболее благоприятные условия для формирования стабильного и качественного урожая сложились на вариантах, где применяли глубокую чизельную обработку почвы до 0,40 м, которая способствовала разуплотнению почвы, снижению засоренности посевов, накоплению влаги в почве, а при совместном действии с осадком сточных вод, внесенного в качестве удобрения-мелиоранта, позволило существенно увеличить урожайность сафлора красильного.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследований было выявлено, что переработанный осадок сточных вод содержит в своем составе необходимые для роста и развития растений элементы питания, такие как азот (3,30%), фосфор (4,27%), калий (0,31%). Содержание органического вещества в осадке составило – 32%, что является оптимальным значением.

Содержание тяжелых металлов в исследуемых пробах осадка сточных вод не превышало предельно допустимых концентраций.

Был исследован химический состав глауконита Саратовского месторождения. Анализ данных показал, что основу глауконитов составляют нетрадиционные компоненты – кремнеземы SiO<sub>2</sub> (68,2%) и глиноземы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14,3%).

В ходе проведения опытов по выращиванию картофеля в условиях орошения на светло-каштановых почвах было установлено, что совместное действие удобрений-мелиорантов (осадок сточных вод + глауконит) позволило увеличить урожайность картофеля, что важно, при снижении оросительной нормы.

Анализ полученных данных по возделыванию сафлора красильного в условиях отсутствия орошения на светло-каштановых почвах показал, что внесение в качестве основного удобрения осадка сточных вод в различных дозировках способствовало увеличению продуктивной влаги в почве, как одного из главных факторов формирования высокой урожайности.

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

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».

#### ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of State Assignment Research FNTs Agroecology RAS No. FNFE-2022-0007 "Theory and principles of the formation of adaptive agroforest reclamation complexes in the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of climate change."

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебное пособие. Москва, 2006. 704 с.

2. Бушуев Н.Н., Шуравилин А.В. Влияние внесения осадков сточных вод на загрязнение тяжелыми металлами // Плодородие. 2014. N 4. С. 40-41.
3. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. Ленинград: Агропромиздат, 1987. 142 с.
4. 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
5. 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.
6. Colón J., Alarcón M., Healy M., Namli A., Ponsá S., Sanin F.D., Taya C. Producing sludge for agricultural applications. London, 2017. P. 294-320. URL: <http://www.nuigalway.ie/media/gene/files/Colon-et-al-COST.pdf> (дата обращения: 10.06.2021)
7. Удалов Р.В., Максимюк Н.Н. Использование осадка сточных вод: опыт зарубежных стран и России // Главный агроном. 2007. N 2. С. 72-73.
8. Пындак В.И., Новиков А.Е., Межева А.С. Адсорбционные свойства удобрений на основе осадков сточных вод // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. N 4 (29). С. 61-64.
9. Пындак В.И., Новиков А.Е., Межева А.С. Действие и последствие нетрадиционных удобрений-мелиорантов при орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. N 3 (43). С. 196-202.
10. Ильинский А.В., Евсенкин К.Н., Нефедов А.В. Обоснование экологически безопасного использования осадков сточных вод канализационных очистных сооружений жилищно-коммунального хозяйства // Агροхимический вестник. 2020. N 1. С. 60-64. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10009
11. Рабинович Г.Ю., Подолян Е.А., Зинковская Т.С. Использование осадка сточных вод и режим органического вещества дерново-подзолистой почвы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. N 4. С. 37-41. DOI: 10.31857/S 2500262720040092
12. Мерзлая Г.Е. Экологическая оценка осадка сточных вод // Химия в сельском хозяйстве. 1995. N 4. С. 38-42.
13. ГОСТ Р 27979-88. Удобрения органические. Метод определения рН. М.: Издательство стандартов, 1989. 5 с.
14. ГОСТ Р 26713-85. Удобрения органические. Методы определения влаги и сухого остатка. Издательство стандартов, 1986. 3 с.
15. ГОСТ Р 27980-88. Удобрения органические. Методы определения органического вещества. М.: Издательство стандартов, 1989. 10 с.
16. ГОСТ Р 26715-85. Удобрения органические. Методы определения общего азота. М.: Издательство стандартов, 1986. 12 с.
17. ГОСТ Р 26716-85. Удобрения органические. Методы определения аммонийного азота. Издательство стандартов, 1986. 8 с.
18. ГОСТ Р 26717-85. Удобрения органические. Методы определения общего фосфора. Издательство стандартов, 1986. 6 с.
19. ГОСТ Р 26718-85. Удобрения органические. Методы определения общего калия. Издательство стандартов, 1986. 4 с.
20. ГОСТ Р 26714-85. Удобрения органические. Методы определения золы. Издательство стандартов, 1987. 2 с.
21. Novikov A., Poddubskiy A., Dugin E., et al. Wastewater treatment and disposal of individual residential buildings in agriculture // 18th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development» (Jelgava, Latvia, May 22-24, 2019): Proceedings / Latvia University of Life Sciences and



- Technologies, Faculty of Engineering, Jelgava (Latvia), 2019. V. 18. P. 397-406. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N207
22. Пындак В.И. Агротехническая мелиорация земель в аридных условиях Нижнего Поволжья // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N 4. С. 15-17.
23. Mezhevova A.S. Wastewater silt sludge application in case of *Carthamus tinctorius* cultivation on light chestnut soils of the Volgograd region, Russia // South of Russia: ecology, development. 2020. V. 15. N. 3. P. 43-52. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-43-52
24. Межевова А.С. Использование осадков сточных вод при возделывании сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ мелиорации. 2021. N 2. С. 82-91. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-82-91
25. ГОСТ 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2011. 17 с.
26. Кузнецов А.В., Фесун А.П., Самохвалов С.Г., Махонько Э.П. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (издание 2-е, переработанное и дополненное). Москва: ЦИНАО, 1992. 61 с.
27. Клисенко М.А., Александрова Л.Г. Определение остаточных количеств пестицидов. Киев: Здоровья, 1983. 248 с.
28. Денисов Ю.Н., Зыбалов В.С. Агроэкологическая оценка почв и возможности использования глауконита и отходов производства для повышения плодородия почв Челябинской области // Агротехнический вестник. 2020. N 6. С. 7-11.
10. Ilyinsky A.V., Evsenkin K.N., Nefedov A.V. Substantiation of ecologically safe use of sewage sludge from sewage treatment facilities of housing and communal services. *Agrochemical Herald*, 2020, no. 1, pp. 60-64. (In Russian) DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10009
11. Rabinovich G.Yu., Podolyan E.A., Zinkovskaya T.S. The use of sewage sludge and the regime of organic matter in sod-podzolic soil. *Russian Agricultural Sciences*, 2020, no. 4, pp. 37-41. (In Russian) DOI: 10.31857/S 2500262720040092
12. Merzlaya G.E. Environmental assessment of sewage sludge. *Khimiya v sel'skom khozyaistve* [Chemistry in agriculture]. 1995, no. 4, pp. 38-42. (In Russian)
13. GOST R 27979-88. *Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya pH* [GOST R 27979-88. Fertilizers are organic. pH determination method]. Moscow, Standards Publ., 1989, 5 p. (In Russian)
14. GOST R 26713-85. *Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya vlagi i sukhogo ostatka* [GOST R 26713-85. Fertilizers are organic. Methods for determining moisture and dry residue]. Moscow, Standards Publ., 1986, 3 p. (In Russian)
15. GOST R 27980-88. *Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva* [GOST R 27980-88. Fertilizers are organic. Methods for determining organic matter]. Moscow, Standards Publ., 1989, 10 p.
16. GOST R 26715-85. *Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya obshchego azota* [GOST R 26715-85. Fertilizers are organic. Methods for determining total nitrogen]. Moscow, Standards Publ., 1986, 12 p.
17. GOST R 26716-85. *Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya ammoniynogo azota* [GOST R 26716-85. Fertilizers are organic. Methods for determination of ammonium nitrogen]. Moscow, Standards Publ., 1986, 8 p.
18. GOST R 26717-85. *Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya obshchego fosfora* [GOST R 26717-85. Fertilizers are organic. Methods for determining total phosphorus]. Moscow, Standards Publ., 1986, 6 p.
19. GOST R 26718-85. *Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya obshchego kaliya* [GOST R 26718-85. Fertilizers are organic. Methods for determining total potassium]. Moscow, Standards Publ., 1986, 4 p.
20. GOST R 26714-85. *Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya zoly* [GOST R 26714-85. Fertilizers are organic. Ash determination methods]. Moscow, Standards Publ., 1987, 2 p.
21. Novikov A., Poddubskiy A., Dugin E., et al. Wastewater treatment and disposal of individual residential buildings in agriculture. Proceedings of 18th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development", Jelgava, Latvia, 22-24 May 2019. Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Engineering, Jelgava (Latvia), 2019, vol. 18, pp. 397-406. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N207
22. Пындак В.И. Агротехническая мелиорация земель в аридных условиях Нижнего Поволжья // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013, no. 4, pp. 15-17. (In Russian)
23. Mezhevova A.S. Wastewater silt sludge application in case of *Carthamus tinctorius* cultivation on light chestnut soils of the Volgograd region, Russia. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 3, pp. 43-52. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-43-52
24. Mezhevova A.S. The use of sewage sludge in the cultivation of crops. Scientific journal of russian scientific research institute of land improvement problems, 2021, no. 2, pp. 82-91. (In Russian) DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-82-91
25. GOST 54651-2011. *Udobreniya organicheskie na osnove osadkov stochnykh vod. Tekhnicheskie usloviya* [GOST 54651-2011. Organic fertilizers based on sewage sludge. Specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2011, 17 p. (In Russian)
26. Kuznecov A.V., Fesun A.P., Samohvalov S.G., Makhon'ko E.P. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhlykh metallov v pochvakh sel'khozugodii i produktsii rastenievodstva* [Guidelines

for the determination of heavy metals in agricultural soils and crop products]. Moscow, CINAО Publ., 1992, 61 p. (In Russian)  
27. Klisenko M.A., Aleksandrova L.G. *Opredeleeniye ostatochnyykh kolichestv pestitsidov* [Determination of pesticide residues]. Kiev, Zdorov'ya Publ., 1983, 248 p. (In Russian)

28. Denisov Yu.N., Zybalov V.S. Agroecological assessment of soils and the possibility of using glauconite and industrial waste to improve soil fertility in the Chelyabinsk region. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical Herald]. 2020, no. 6, pp. 7-11. (In Russian)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Алина С. Межева собрала материал, обработала и проанализировала данные, провела обзор литературных источников, написала статью. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем. Александр И. Беляев систематизировал и анализировал полученные данные, откорректировал рукопись до подачи в редакцию.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alina S. Mezheva collected the material, processed and analysed the data, reviewed the literature, and wrote an article. The author is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions. Alexander I. Belyaev systematised and analysed the obtained data, and corrected the manuscript before submitting it to the Editor.

#### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

#### ORCID

Алина С. Межева / Alina S. Mezheva <https://orcid.org/0000-0002-4579-7047>

Александр И. Беляев / Alexander I. Belyaev <https://orcid.org/0000-0001-8077-7052>