

Научная статья

УДК 631.86

EDN SDKRVT

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-40-46>**Донные отложения как удобрение для органического земледелия****Ольга Викторовна Чагарова¹, Ольга Александровна Косицына²**^{1,2} Благовещенский государственный педагогический университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ olga_chagarova.bgpu@mail.ru, ² ivanolga2005@mail.ru

Аннотация. Одной из задач сельскохозяйственного производства является его экологизация, реализация которой возможна через ведение органического земледелия и интенсификацию процессов восстановления плодородия почвы. Большую роль в восстановлении почв играют органические удобрения, среди которых сапропели являются наиболее ценными. Амурская область обладает богатыми запасами сапропелей, однако изучение их носит фрагментарный характер. Объектом исследования выступили донные отложения озера Капустиха, которое располагается на территории парка устойчивого природопользования и экопросвещения Муравьевский Тамбовского муниципального округа. В результате проведенного исследования установили, что донные отложения озера Капустиха имеют серую окраску и относятся к органо-известковистому виду, характеризуются нейтральным водородным показателем. Содержание органического вещества колеблется от 13,429 до 16,447 %. Запасы нитратного и аммонийного азота составляют 83,964 и 230,645 мг/кг соответственно, фосфора – 195,519 мг/кг, калия – 212,033 мг/кг. Выяснено, что донные отложения озера Капустиха являются ценным органическим удобрением, микробный пул которого представлен аммонификаторами-анаэробами, нитрификаторами, свободноживущими азотфиксаторами.

Ключевые слова: донные отложения, органическое земледелие, озеро Капустиха, агрохимические показатели, состав микрофлоры донных отложений

Для цитирования: Чагарова О. В., Косицына О. А. Донные отложения как удобрение для органического земледелия // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 40–46. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-40-46>.

Original article

Bottom sediments as fertilizer for organic farming**Olga V. Chagarova¹, Olga A. Kositsyna²**^{1,2} Blagoveshchensk State Pedagogical University

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ olga_chagarova.bgpu@mail.ru, ² ivanolga2005@mail.ru

Abstract. One of the tasks of agricultural production is its greening, the implementation of which is possible through organic farming and intensification of the processes of restoring soil fertility. Organic fertilizers play a major role in soil restoration, among which sapropels are the most valuable. The Amur region has rich reserves of sapropels, but their study is fragmentary. The object of the study was the bottom sediments of Kapustikha Lake, which is located on the territory of the Muravyovsky Park for Sustainable Environmental Management and Environmental Education, Tambov Municipal District. As a result of the study, it has been established that the bottom sediments of Kapustikha Lake are gray in color and belong to the organic-calcareous type, are characterized by a neutral hydrogen index, and the content of organic matter ranges from 13,429 to 16,447%. The reserves of nitrate and ammonium nitrogen are 83,964 and 230,645 mg/kg, respectively, phosphorus – 195,519 mg/kg, potassium – 212,033 mg/kg. It has been found that the

bottom sediments of Kapustikha Lake are a valuable organic substance, a microbial pool, which is represented by anaerobic ammonifiers, nitrifiers, and free-living nitrogen fixers.

Keywords: bottom sediments, organic farming, Kapustikha Lake, agrochemical indicators, composition of microflora of bottom sediments

For citation: Chagarova O. V., Kositsyna O. A. Bottom sediments as fertilizer for organic farming. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:40–46. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-40-46>.

Введение. Современное общество все чаще делает запрос на экологически безопасную или органическую продукцию. Органическое земледелие подразумевает минимальное применение минеральных удобрений и делает акцент на использование органических удобрений. Одним из эффективных органических удобрений является сапропель, богатый не только органикой, но и легкодоступными для растений элементами минерального питания с нейтральным pH. Кроме того, сапропель оказывает положительное воздействие на общее почвенное состояние – повышение сорбционных свойств, оптимизация буферной емкости и др. Внесение сапропеля активизирует почвенную микрофлору, что способствует оздоровлению почвы [1].

Амурская область располагает богатейшими запасами озерных сапропелей. Исследования их носят несистематический характер и тем не менее доказывают высокий потенциал использования донных отложений в качестве удобрений и средств для рекультивации почв [2, 3].

Цель работы – исследование донных отложений озера Капустиха для оценки

возможности их использования в качестве органического удобрения. В соответствии с поставленной целью обозначены задачи исследования: провести агрохимический анализ и выявить сообщество бактерий, участвующих в круговороте азота в донных отложениях оз. Капустиха.

Материал и методы исследований.

В основу методологии исследований положены комплексный анализ полученных данных в ходе проведения полевых и лабораторных работ и аналитическое сравнение результатов исследований с данными других авторов.

Исследования проведены в теплый период 2024 г. (с мая по октябрь) на озере Капустиха, расположенном на территории парка устойчивого природопользования и экопросвещения Муравьевский (Тамбовский муниципальный округ, Амурская область).

Озеро находится вдали от земель сельскохозяйственного назначения и не испытывает значительных антропогенных воздействий. Оно имеет координаты: 49.873775, 127.695679 (рис. 1).

Точки отбора проб располагались согласно форме озера Капустиха:



Рисунок 1 – Географическое положение озера Капустиха

Figure 1 – Geographical location of Kapustikha Lake

точка № 1 – причал;

точка № 2 – перешеек;

точка № 3 – территория гнездования дальневосточного аиста.

Объектом исследования явились донные отложения озера Капустиха. Образцы донных отложений для анализа отбирали пробоотборником согласно требований ГОСТ 17.15.01–80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность».

Термическое разложение проб проводили с использованием термореактора лабораторного «Термион». Определение органического вещества в донных отложениях выполняли на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Содержание ионов исследовали с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель-205» (компания «Люмекс», Россия), измерение значений водородного показателя проводили на рН-метре рН-150МИ.

Классификация донных отложений выполнялась с учетом положений, установленных ГОСТ Р 54000–2010 «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия».

В донных отложениях озер выявляли бактерий, участвующих в круговороте азота. Аммонификаторов-анаэробов определяли путем посева на МПА; нитрифицирующих бактерий культивировали на среде Виноградского для 1 и 2 фазы нитрификации; свободноживущих азотфиксаторов устанавливали на агаризированной среде Эшби. Для идентификации родовой принадлежности пользовались определителем Берджи (2009) [4], а также культурально-биохимическими признаками. Вероятное число бактерий определяли по таблице Мак-Креди (на 10 г почвы). Микробиологические исследования проводили по стандартным методикам [5].

Агрохимические показатели донных отложений озера Капустиха приводятся в сравнении с луговыми черноземовидными почвами как наиболее плодородными в регионе и залегающими в Тамбовском муниципальном округе, основном земледельческом районе региона [6]. По гранулометрическому составу данные почвы средне- и тяжелосуглинистые. При этом содержание гумуса составляет от 3,6 до

4,6 %, минерального азота – 25–42 мг/кг, подвижного фосфора – 28–32 мг/кг, калия – 170–240 мг/кг; $pH_{\text{сол}}$ – 5,1–5,5 [7].

Результаты исследований и их обсуждение. Донные отложения озера Капустиха имеют серую окраску и илистую тонкодисперсную структуру. По содержанию органического вещества и водородному показателю сапропель относится к органо-известковистому виду (табл. 1).

Реакция почвенной среды является важным критерием выживаемости почвенных микроорганизмов, доступности питательных элементов для растений и значительно влияет на биохимические процессы в целом [8].

Важнейшей проблемой для амурского земледелия является закисление почв. С 90-х гг. XX в. в области не проводятся мероприятия по известкованию и фосфоритованию почв [7]. Кислотность солевой вытяжки лугово-черноземовидных почв составляет 5,1 ед. Реакция среды донных отложений озера – 7,02 ед. Следовательно, систематическое внесение сапропеля на амурских полях будет способствовать нормализации кислотности почв.

Содержание органического вещества в донных отложениях озера Капустиха составляет 14,747 %, что значительно превышает его содержание в лугово-черноземовидных почвах [9].

Запасы в почве минерального азота низкие; в донных отложениях количество нитратного и аммонийного азота составляет 83,964 и 230,645 мг/кг соответственно. Фосфор – один из самых малодоступных биогенных элементов. Донные отложения озера характеризуются высокой концентрацией фосфора – 195,519 мг/кг, в отличие от луговых черноземовидных почв, где его запасы невелики (84 мг/кг).

Одним из основных показателей качества донных отложений и органических удобрений принято считать содержание K_2O , который как один из активных и подвижных элементов принимает участие во всех продукционных и деструктивных процессах [10]. Содержание калия в донных отложениях и луговой черноземовидной почве очень высокое и составляет 212,033 и 204 мг/кг соответственно.

Во всех исследованных пробах донных отложений выделены аммонифика-

Таблица 1 – Химические показатели донных отложений озера Капустиха в теплый период 2024 г.
Table 1 – Chemical indicators of bottom sediments of Kapustikha Lake in the warm period of 2024

Исследуемые параметры	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Среднее значение по озеру
	среднее	диапазон варьирования содержания	среднее	диапазон варьирования содержания	среднее	диапазон варьирования содержания	
pH _{солевой}	6,66±0,6	6,01–7,35	7,07±0,3	6,71–7,34	7,35±0,29	7,10–7,68	7,02±0,24
Органическое вещество, %	13,429±2,8	10,157–15,896	14,367±2,3	12,278–17,015	16,447±2,3	14,351–19,025	14,747±1,1
Катионы, мг/кг							
NH ⁴⁺	228,508±219,8	8,788–448,565	239,581±234,2	5,636–474,227	223,847±136,3	87,162–359,845	230,645±5,9
K ⁺	237,756±231,5	5,840–469,036	169,591±160,3	8,76–329,418	228,753±102,2	126,181–330,672	212,033±28,2
Ca ²⁺	80,585±76,8	3,544–157,287	75,196±69,4	6,205–145,182	681,059±195,0	486,440–876,451	278,946±268,0
Анионы, мг/кг							
NO ₃ ⁻	81,109±74,3	7,101–155,802	157,251±157,5	0-315,027	13,533±13,3	0–66,753	83,964±48,8
PO ₄ ³⁻	115,770±115,5	0–231,168	264,503±264,7	0–529,468	206,286±206,8	0–413,71	195,519±53,1

торы-анаэробы. Бактерии дали сплошной и сливной рост. Окраска колоний – светло-кремовая; поверхность – гладкая блестящая; консистенция – пастообразная. На микропрепаратах обнаружены грамположительные одиночные и соединенные попарно палочки с центральным или терминальным расположением спор, а также бесспорные формы. Общее число микроорганизмов составило не менее 11×10^5 колоний на 10 г донных отложений.

Присутствие нитрифицирующих бактерий первой фазы устанавливали по наличию запаха аммиака при реакции с реактивом Несселера, бактерий второй фазы нитрификации – по появлению азотной кислоты с помощью дифениламина в присутствии концентрированной серной кислоты и темно-синего окрашивания. В исследуемых донных отложениях озера выявлено наличие нитрифицирующих бактерий. На микропрепаратах наблюдали скопление грамотрицательных бесспорных овальных и коккоидных клеток, коротких палочек. Общее число микроор-

ганизмов составило не менее 14×10^5 колоний на 10 г донных отложений.

На агаризированной среде Эшби развились слизистые, бесцветные, округлые с ровным краем колонии бактерий рода *Azotobacter*. В мазках выявлены грамотрицательные палочковидные бактерии, лишенные спор, имеющие капсулу и накапливающие волютин. При этом общее число микроорганизмов составило не менее 14×10^4 колоний на 10 г донных отложений.

Заключение. С учетом невысокого содержания органического вещества в донных отложениях (с учетом нормативных требований ГОСТ Р 54000–2010); нейтральной кислотности; высокого содержания ионов аммония и нитрат-ионов; присутствия бактерий, участвующих в круговороте азота, целесообразно применение сапропелей озера Капустиха, расположенного на территории парка устойчивого природопользования и экопросвещения Муравьевский, в качестве удобрения для органического земледелия.

Список источников

1. Щукин С. В., Труфанов А. М. Экологизация сельского хозяйства: перевод традиционного сельского хозяйства в органическое. М. : Буки-Веди, 2012. 196 с. EDN SBOXUX.
2. Рыжков В. А., Краснощекова Т. А., Курков Ю. Б., Туаева Е. В., Рыжков Е. В., Ищенко О. Ю. Зональные особенности химического состава сапропелей Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 60–62. EDN SCMESP.
3. Гольц М. Е., Черпак А. А. Использование донных отложений в качестве органических удобрений // IX Вильямсовские чтения : материалы всерос. молодежной науч. конф. с междунар. участием. М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. С. 52–56. EDN JRSLDQ.
4. Определитель бактерий Берджи. Том 2 / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уилльямса. М. : Мир, 1997.
5. Практикум по микробиологии : учебное пособие / под ред. А. И. Нетрусова. М. : Академия, 2005. 602 с.
6. Джаббаров Н. И., Мишанов А. П., Добринов А. В., Савельев А. П. Моделирование и оценка уровня плодородия почвы // Инженерные технологии и системы. 2024. Т. 34. № 3. doi: 10.15507/2658-4123.034.202403.407-423.
7. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / под ред. П. В. Тихончука. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с. <https://doi.org/10.22450/9785964202769>.
8. Шумилова Л. П., Банецкая Е. В. Влияние длительного применения удобрений на почвообитающие микромицеты луговой черноземовидной почвы в посевах пшеницы // Агрохимия. 2023. № 7. С. 27–36. doi: 0.31857/S0002188123070104.

9. Дудукалов К. А. Состояние плодородия пахотных почв южной зоны Амурской области // Земледелие. 2017. № 1. С. 30–32. EDN YLNAND.

10. Ежков О. В., Газизов Р. Р., Яппаров И. А., Биккинина Л. М., Ежкова Д. В., Яппаров Д. А., Файзрахманов Р. Н. Влияние сапропеля на агрохимические показатели почвы, урожайность и качество овощных культур // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 6. EDN YIXKIV.

References

1. Shchukin S. V., Trufanov A. M. *Greening agriculture: converting traditional agriculture to organic*, Moscow, Buki-Vedi, 2012, 196 p. EDN SBOXUX (in Russ.).

2. Ryzhkov V. A., Krasnoshchekova T. A., Kurkov Yu. B., Tuaeva E. V., Ryzhkov E. V., Ishchenko O. Yu. Zonal features of the chemical composition of sapropels of the Amur region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014;4:60-62. EDN SCMESP (in Russ.).

3. Golts M. E., Cherpak A. A. The use of bottom sediments as organic fertilizers. Proceedings from IX Williams Readings: *Vserossiiskaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 52–56), Moscow, Rossiiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2024. EDN JRSLDQ (in Russ.).

4. Hoult J., Krieg N., Sneath P., Staley J. (Eds.). *The Bergey bacteria detector. Volume 2*, Moscow, Mir, 1997 (in Russ.).

5. Netrusov A. I. (Eds.). *Microbiology workshop: a textbook*, Moscow, Akademiya, 2005, 602 p. (in Russ.).

6. Dzhabborov N. I., Mishanov A. P., Dobrinov A. V., Savelyev A. P. Modeling and assessment of soil fertility. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*, 2024;34;3. doi: 10.15507/2658-4123.034.202403.407-423 (in Russ.).

7. Tikhonchuk P. V. (Eds.). *The farming system of the Amur region: a production and practical guide*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016, 570 p. <https://doi.org/10.22450/9785964202769> (in Russ.).

8. Shumilova L. P., Banetskaya E. V. The effect of long-term fertilizer use on the soil-dwelling micromycetes of meadow chernozem soil in wheat crops. *Agrokimiya*, 2023;7:27–36. doi: 0.31857/S0002188123070104 (in Russ.).

9. Dudukalov K. A. The state of fertility of arable soils in the southern zone of the Amur region. *Zemledelie*, 2017;1:30–32. EDN YLNAND (in Russ.).

10. Ezhkov O. V., Gazizov R. R., Yapparov I. A., Bikkinina L. M., Ezhkova D. V., Yapparov D. A., Faizrahmanov R. N. The effect of sapropel on soil agrochemical parameters, yield and quality of vegetable crops. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2017;20;6. EDN YIXKIV (in Russ.).

© Чагарова О. В., Косицына О. А., 2025

Статья поступила в редакцию 14.02.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 12.03.2025.

The article was submitted 14.02.2025; approved after reviewing 10.03.2025; accepted for publication 12.03.2025.

Информация об авторах

Чагарова Ольга Викторовна, кандидат химических наук, доцент, Благовещенский государственный педагогический университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2253-470X>, Author ID: 705195, olga_chagarova.bgpu@mail.ru;

Косицына Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Благовещенский государственный педагогический университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9712-3231>, Author ID: 352985, ivanolga2005@mail.ru

Information about the authors

Olga V. Chagarova, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Blagoveshchensk State Pedagogical University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2253-470X>, Author ID: 705195, olga_chagarova.bgpu@mail.ru;

Olga A. Kositsyna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Blagoveshchensk State Pedagogical University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9712-3231>, Author ID: 352985, ivanolga2005@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.