

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.12>

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ САПРОПЕЛЯ НА РАЗВИТИЕ ОВСА И АГРОХИМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

Научная статья

Букин А.В.¹, Дёмин Е.А.² *

¹ ORCID : 0000-0002-9923-0249;

² ORCID : 0000-0003-2542-3678;

^{1,2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (gambitn2013[at]yandex.ru)

Аннотация

Плодородие почвы – один из основополагающих факторов продовольственной безопасности населения. В связи с высокой антропогенной нагрузкой на сельскохозяйственные угодья в последние годы отмечается динамика по снижению органического вещества в пахотных почвах и повышению кислотности. Все это в совокупности приводит к уменьшению урожайности и снижения качества получаемой продукции. Решение этой проблемы возможно при использовании органических удобрений и, в частности, озерного сапропеля. Цель исследования – изучить влияние различных доз сапропеля на кислотность чернозема выщелоченного и развитие овса полевого. Установлено, что внесение сапропеля в дозе от 40 до 80 т/га способствует снижению обменной кислотности на 0,21-0,46 ед.рН. Каждые 10 т/га внесенного сапропеля снижают обменную кислотность на 0,056 ед.рН.

Ключевые слова: сапропель, овес, кислотность, почва, масса растений.

**THE INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES OF SAPROPEL ON OATS DEVELOPMENT AND AGROCHEMICAL
CHARACTERISTICS OF LEACHED BLACK SOIL**

Research article

Bukin A.V.¹, Dyomin Y.A.² *

¹ ORCID : 0000-0002-9923-0249;

² ORCID : 0000-0003-2542-3678;

^{1,2} Northern Trans-Urals State Agrarian University, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (gambitn2013[at]yandex.ru)

Abstract

Soil fertility is one of the fundamental factors of the population's food security. Due to the high anthropogenic load on agricultural lands in recent years, there is a dynamics of organic matter reduction in croplands and increase in acidity. All this together leads to a decrease in yields and lower quality of products. The solution of this problem is possible with the use of organic fertilizers and, in particular, lake sapropel. The aim of the research is to study the effect of different doses of sapropel on the acidity of leached black soil and the development of field oats. It was found that sapropel application at a dose from 40 to 80 t/ha contributes to the decrease of exchangeable acidity by 0.21-0.46 pH units. Every 10 t/ha of applied sapropel reduces exchangeable acidity by 0.056 pH units.

Keywords: sapropel, oats, acidity, soil, plant weight.

Введение

Высокое антропогенное воздействие на почву, вовлеченную в сельскохозяйственное использование, приводит к снижению ее плодородия. За последнее десятилетие отмечаются значительные потери органического вещества в почвах и общее ухудшение агрохимической характеристики пашни [1], [2], [3], [4]. В первую очередь это связано с недостатком органических удобрений, внесение которых составляет не более 30% от научно-обоснованного количества [5], [6], [7]. Второй существенной проблемой является то, что в настоящее время значительно выносятся кальций и магний и другие микроэлементы из почвы вследствие отчуждения их с основной продукцией в результате высокой урожайности под действием возрастающих доз минеральных удобрений [8], [9], [10]. Использование физиологически кислых минеральных удобрений и вымывания кальция в результате неустойчивого режима увлажнения в нижележащие горизонты приводит к повышению кислотности почвы [11], [12]. Ежегодно значительная часть почвы переходит из группы слабокислых в группу кислых, нуждающихся в известковании почв. Из общего количества нуждающихся почв в известковании мелиорации подвергаются не более 20% [13], [14], [15].

Основная известковая база рассчитана на применение доломитовой муки и известки, в состав которых входит большое количество магния, содержание которого в почвах достигает высоких значений, и дополнительное внесение его в почву может нарушать баланс питательных веществ [16].

В настоящее время используется много побочных продуктов для проведения известкования почв. Наиболее перспективным является карбонатный сапропель, в состав которого входит до 20% аморфного кальция от валового содержания. Поэтому сапропель также легко вступает в реакции обмена, проявляя нейтрализующее действие [17].

Цель исследования – установить влияние различных доз озерного сапропеля на кислотность чернозема выщелоченного и развитие овса полевого.

Методы и принципы исследования

Изучение действия различных доз сапропеля на кислотность чернозема выщелоченного проводили в лабораторных условиях. В качестве сосудов использовали пластиковые контейнеры объемом 1500 мл. Сосуды заполняли почвой массой 1000 г, к которой в массовом соотношении вносился сапропель. После этого почву и сапропель перемешивали для получения однородной массы, после чего высевали тест-культуру – овес сорта «Талисман». Лабораторная всхожесть которого составляла 97%. Изначально семена замачивали на сутки в чашках Петри и отбирали для посева проросшие по 10 шт на сосуд. При посеве делали ямки глубиной 1,5 см. Пинцетом укладывали в ямки зерна ростком вниз. Заделывали ямки стеклянной палочкой. Сосуды помещали в климатическую камеру КС-200 СПУ. Опыты проводили в 3-кратной повторности. Температура в климатической камере в период исследования поддерживалась на уровне 20°C с заданной программой смены «дня» и «ночи». Учет всхожести проводили на 10 сутки по ГОСТ 12038. На 14 сутки сосуды отмывали корневую систему проростков, подсчитывали число корешков и проводили биометрические замеры: длина и масса корневой системы, длина и масса проростков.

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

1. Контроль (чернозем выщелоченный).
2. Сапропель 40 т/га.
3. Сапропель 60 т/га.
4. Сапропель 80 т/га.

В почве перед посевом определяли содержание органического вещества по методу Тюрина (ГОСТ 26213); водородный показатель pH солевой вытяжки по ГОСТ 26483; нитратный азот по ГОСТ 26951; подвижный фосфор и калий – по ГОСТ 26204; обменный кальций и магний по ГОСТ 26487; гидрологическую кислотность по ГОСТ 26212-91; сумму поглощенных оснований по ГОСТ 27821.

Сапропель озера Кайволы-Куль в своем составе содержал высокое количество общего азота 5,3%. Общего фосфора и калия 0,7 и 0,3%. Содержание органического вещества достигало 56%. Водородный показатель pH составлял 7,5 ед. Содержание кальция и магния достигало 2,7 и 0,4% (табл.1)

Таблица 1 - Агрохимический состав сапропеля озера Кайволы-Куль

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.12.1>

Наименование определяемого показателя	Ед. изм	Сапропель
Общий азот	%	5,3
Общий фосфор	%	0,7
Общий калий	%	0,3
Водородный показатель pH _{солев}	ед.рН	7,5
Массовая доля органического вещества	%	56,0
Кальций	%	2,7
Магний	%	0,4

Содержание подвижного фосфора и калия в черноземе выщелоченном составляло 70,3 и 93,1 мг/кг почвы соответственно. Кислотность достигала 5,6 ед. Содержание органического вещества – 3,8%. Содержание нитратного азота не превышало 7,6 мг/кг. Сумма поглощенных оснований – 35,1 ммоль/100г почвы (табл. 2).

Таблица 2 - Агрохимический состав чернозема выщелоченного

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.12.2>

Наименование определяемого показателя	Ед. изм	Сапропель
Подвижный фосфор	мг/кг	70,3
Подвижный калий	мг/кг	93,1
Водородный показатель pH _{солев}	ед.рН	5,6
Массовая доля органического вещества	%	3,8
Сумма поглощенных оснований	ммоль/100г почвы	35,1
Кальций	%	1,1
Магний	%	0,2
Нитратный азот	мг/кг	7,6

Основные результаты

Водородный показатель рН солевой вытяжки на контроле составлял 5,53 ед. что говорит о слабнокислой реакции среды. Внесение 40 т/га сапропеля благоприятно сказывалось на кислотности почвы, где этот показатель повышался до 5,74 ед. Дальнейшее повышение доз внесения сапропеля способствовало снижению обменной кислотности почвы до 5,87 ед. на варианте с внесением 60 т/га сапропеля и до 5,99 ед. на варианте с дозой сапропеля 80 т/га, что переводило почву в разряд нейтральных, не нуждающихся в известковании (табл.3).

Таблица 3 - Влияние сапропеля на агрохимические показатели почвы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.12.3>

Показатели	Варианты				НСР ₀₅
	Контроль	Сапрпель 40 т/га	Сапрпель 60 т/га	Сапрпель 80 т/га	
Водородный показатель рН _{солев}	5,53	5,74	5,87	5,99	0,2
Сумма поглощенных оснований	36,5	41,1	44,3	41,5	1,8
Гидролитическая кислотность	3,78	3,59	3,26	2,99	0,2
Емкость катионного обмена	42,9	44,7	47,6	44,5	2,2

Исходя из полученных данных установлено, что сапрпель озера «Кайволы-Куль» положительно влияет на снижение кислотности почвы. Проведя расчеты, мы установили, что каждые внесенные 10 т/га сапропеля обеспечивают снижение обменной кислотности на 0,056 ед.

Проведя расчеты, была установлена высокая корреляция (0,99), что позволило разработать линейное уравнение регрессии достоверное для начальной кислотности почвы 5,5 ед. и диапазона внесения сапропеля в дозе до 80 т/га:

$$y = 0,0058x + 5,52 \quad (1)$$

$$(R^2 = 0,99)$$

где: y – обменная кислотность, x – доза внесенного сапропеля.

Сумма поглощенных оснований (СПО) на контроле достигала 36,5 ммоль/100г почвы. Внесение 40 т/га сапропеля способствовало повышению этого показателя до 41,1 ммоль/100г почвы. Дальнейшее повышение дозы сапропеля до 60 т/га увеличило этот показатель на 21% относительно контроля. На варианте с внесением максимальной изучаемой дозы сапропеля (80 т/га) СПО составило 41,5 ммоль/100г почвы. Повышение СПО в почве связано со значительным количеством таких химических элементов, как кальций и магний в сапрпеле. Подобная тенденция отмечается в работе Vaksiene, E. (2012) и его коллег, где внесение сапропеля обеспечивает повышение СПО, емкости катионного обмена (ЕКО) и общие агрохимические характеристики почвы [10].

Высокая корреляционная зависимость между дозами сапропеля и суммой поглощенных оснований (0,81) позволила разработать уравнение регрессии достоверное в диапазоне внесения сапропеля в дозе до 60 т/га, которое показывает, что внесение каждых 10 т/га сапропеля повышает СПО на 1,3 ммоль/100г почвы:

$$y = 0,1279x + 36,37 \quad (2)$$

$$(R^2 = 0,99)$$

где: y – сумма поглощенных оснований, x – доза внесенного сапропеля.

Гидролитическая кислотность на контроле составляла 3,78 ммоль/100г почвы. Внесение сапропеля в дозе 40 т/га не оказало существенного влияния на этот показатель отклонения были в пределах ошибки исследования (НСР₀₅=0,2 ммоль/100г). Дальнейшее повышение доз сапропеля способствовало снижению гидролитической кислотности на 14-21% относительно контроля. Снижение гидролитической кислотности, объясняется повышением СПО и ЕКО в почве, которые повышают буферность почвы.

В ходе расчетов была установлена высокая обратная зависимость (-0,96) между дозами сапропеля и гидролитической кислотностью, что позволило вывести уравнение регрессии достоверное в диапазоне внесения сапропеля в дозе до 80 т/га:

$$y = -0,0099x + 3,85 \quad (3)$$

$$(R^2 = 0,92)$$

где: y – гидролитическая кислотность, x – доза внесенного сапропеля.

Емкость катионного обмена зависит от суммы поглощенных оснований, гидролитической кислотности, содержания в почве органического вещества и многих других факторов. На варианте без использования сапропеля

ЕКО составлял 42,9 мг-эвк/100 г. Внесение сапропеля в дозе 40 т/га способствовало повышению этого показателя до 44,7 мг-эвк/100 г при НСР₀₅=2,2 мг-эвк/100 г. На варианте с внесением 60 т/га этот ЕКО увеличился на 11% относительно контроля. На варианте с максимальной изучаемой дозой сапропеля емкость катионного обмена повысилась до 44,5 мг-эвк/100 г. В ходе математических расчетов была обнаружена высокая корреляция между дозами сапропеля и емкостью катионного обмена (0,95). В результате расчетов было разработано уравнение регрессии достоверное в диапазоне внесения сапропеля в дозе до 60 т/га:

$$y = 0,0736x + 42,62 \quad (4)$$

$$(R^2 = 0,90)$$

где: y – емкость катионного обмена, x – доза внесенного сапропеля.

Интенсивность развития растений говорит об оптимальных почвенных условиях. На контроле всхожесть овса на 10 сутки составляла 9,0 шт. Внесением сапропеля положительно сказалось на всхожести овса, где их количество увеличилось на 9,3-9,7 шт (рис.1).

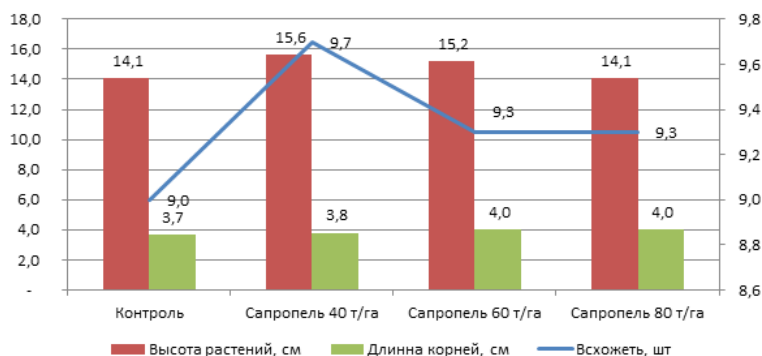


Рисунок 1 - Влияние сапропеля на всхожесть и биометрические показатели овса

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.12.4>

Высота растений на 14 сутки на контроле достигала 14,1 см, внесение сапропеля в дозе 40 т/га благоприятно сказалось на развитии овса, где его высота составила 15,6 см, что на 10% выше контроля. На варианте с внесением 60 т/га сапропеля, высота растений достигала 15,2 см, что на 8% выше контроля. Дальнейшее повышение вносимых доз сапропеля не оказало достоверного влияние на высоту растений овса, отклонения находились в пределах ошибки опыта (НСР₀₅=0,8 см).

Длина корневой системы на контроле достигала 3,7 см, внесение 40 т/га не оказало достоверного влияние на развитие корневой системы отклонения находились в пределах ошибки опыта (НСР₀₅=0,2 см). Однако внесение сапропеля в дозах от 60 до 80 т/га благоприятно сказались на развитии корневой системы овса, где длина корней увеличилась на 8% относительно контроля и достигала 4,0 см. Это связано с тем, что сапрпель улучшал физико-химические характеристики почвы и обеспечивал интенсивное потребление питательных веществ овсом, что способствовало лучшему развитию корней [11].

Масса 10 растений на 14 сутки на контроле достигала 0,56 г. Внесение сапропеля в дозе 40 т/га способствовало повышению массы овса до 0,66 г (табл.4).

Таблица 4 - Влияние сапропеля на массу овса

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.12.5>

Вариант	Масса 10 растений, г	Масса корней с 10 растений, г
Контроль	0,56	0,021
Сапрпель 40 т/га	0,66	0,024
Сапрпель 60 т/га	0,67	0,024
Сапрпель 80 т/га	0,64	0,025
НСР ₀₅	0,06	0,003

Внесение 60 т/га сапропеля способствовало увеличению массы 10 растений на 0,11 г, что на 20% выше контроля. На варианте с максимальной дозой сапропеля масса 10 растений овса составила 0,64 г.

Масса корневой системы с 10 растений на контроле достигала 0,021 г, внесение сапропеля в дозах до 60 т/га не оказало существенного влияния на массу корневой системы, отклонения находились в пределах ошибки опыта (НСР₀₅=0,003 г). На варианте с максимальной дозой сапропеля (80 т/га) отмечалось повышение массы корней на 20% относительно контроля.

Заключение

Внесение сапропеля в дозе от 40 до 80 т/га способствует снижению обменной кислотности на 0,21-0,46 ед.рН. Каждые 10 т/га внесенного сапропеля способствуют снижению обменной кислотности на 0,056 ед.рН. Высокое содержание в составе сапропеля кальция и магния способствует увеличению суммы поглощенных оснований с 36,5 до 44,3 ммоль/100 г, одновременно с этим повышается и емкость катионного обмена на 4-11% относительно контроля. Внесение сапропеля в дозе до 60 т/га благоприятно сказывается на биометрических характеристиках овса из-за улучшения физико-химического состава почвы, где высота растений увеличивается на 8-11%. Положительное действие сапропеля отмечается по сухой биомассе, где масса растений увеличивается на 14-18% относительно контроля.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Demin E.A. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia / E.A. Demin, D.V. Eremina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Yekaterinburg, 2022. — P. 012084. — DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
2. Demin E.A. Mineral fertilizers influence on the dynamics of nitrogen, phosphorus and potassium in corn area grown in the forest-steppe zone of Trans-Urals / E.A. Demin, L.N. Barabanshchikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. — P. 22080. — DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022080.
3. Eremin D.I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use / D.I. Eremin // Eurasian Soil Science. — 2016. — Vol. 49. — № 5. — P. 538–545. — DOI: 10.1134/S1064229316050033.
4. Sidorova K. Ecological and physiological feature of some microelements and their concentration in vegetable products / K. Sidorova, O. Dragich, N. Shvets [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — Barnaul, 2020. — P. 012013. — DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012013.
5. Eremin D.I. The impact of mineral fertilizers on the consumption of mineral elements and the Siberian-bred oat grain / D.I. Eremin, M.N. Moiseeva, A.V. Lyubimova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Yekaterinburg, 2022. — P. 012066. — DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012066.
6. Gruzdeva N. Influence of long-term plowing on water permeability of light-gray forest soils of taiga-forest zone of Western Siberia / N. Gruzdeva, D. Eremin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. — Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. — P. 012174. — DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012174.
7. Eremina D.V. Fertility of agrogenic and postagrogenic chernozems of Western Siberia / D.V. Eremina, D.I. Eremin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. — Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. — P. 012173. — DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012173.
8. Litvinovich A.V. Utilization of large-sized dolomite by-product particles and losses of cations from acidic soil / A.V. Litvinovich, I.V. Salaev, O.Yu. Pavlova [et al.] // Communications in Soil Science and Plant Analysis. — 2019. — Vol. 50. — № 7. — P. 1–9. — DOI: 10.1080/00103624.2019.1589490.
9. Litvinovich A.V. Dynamics of Soil pH after Utilization of By-products of Industrial Rock Processing as a Calcareous Material in Acid Soils / A.V. Litvinovich, O. Pavlova, A. Lavrishchev [et al.] // Communications in Soil Science and Plant Analysis. — 2021. — Vol. 52. — № 2. — P. 93–101. — DOI: 10.1080/00103624.2020.1849267.
10. Baksiene E. Dredging of lake and application of sapropel for improvement of light soil properties / E. Baksiene, A. Ciunys // Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. — 2012. — Vol. 20. — № 2. — P. 97–103. — DOI: 10.3846/16486897.2011.645824.
11. Murunga S.I. The Use of Freshwater Sapropel in Agricultural Production: A New Frontier in Kenya / S.I. Murunga, E.N. Wafula, J. Sang // Advances in Agriculture. — 2020. — Vol. 2020. — P. 8895667. — DOI: 10.1155/2020/8895667.
12. Kovaleva O. Content of heavy metals in the bottom sediments of the wastewater of the processing enterprise / O. Kovaleva, N. Sannikova, O. Ilyasov // E3S Web of Conferences. — Voronezh, 2021. — P. 01009. — DOI: 10.1051/e3sconf/202124401009.
13. Букин А.В. Создание рекультивационной смеси на основе осадка водоподготовки Няганьской ГРЭС и торфа / А.В. Букин, А.С. Моторин, А.В. Игловиков // Агропродовольственная политика России. — 2016. — № 12 (60). — С. 70–75.
14. Моторин А.С. Агрогенная эволюция органического вещества торфяных почв Западной Сибири / А.С. Моторин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2020. — Т. 50. — № 2. — С. 5–14. — DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-1.
15. Sidorova K. Ecological and physiological feature of some microelements and their concentration in vegetable products / K. Sidorova, O. Dragich, N. Shvets [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — Barnaul, 2020. — P. 012013. — DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012013.

16. Букин А.В. Микроэлементы в пойменных почвах лесостепной зоны Северного Зауралья / А.В. Букин // Почвоведение — продовольственной и экологической безопасности страны : Тезисы докладов VII Съезда почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, Белгород, 15—22 августа 2016 года / Отв. ред. С.А. Шоба, И.Ю. Савин. — Белгород: Белгород, 2016. — С. 71–72.

17. Моторин А.С. Состав и свойства аллювиальных почв поймы реки Тобол Северного Зауралья / А.С. Моторин, А.В. Букин // Аграрный вестник Урала. — 2012. — № 6 (98). — С. 71–75.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Demin E.A. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia / E.A. Demin, D.V. Eremina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Yekaterinburg, 2022. — P. 012084. — DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.

2. Demin E.A. Mineral fertilizers influence on the dynamics of nitrogen, phosphorus and potassium in corn area grown in the forest-steppe zone of Trans-Urals / E.A. Demin, L.N. Barabanshchikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. — P. 22080. — DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022080.

3. Eremin D.I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use / D.I. Eremin // Eurasian Soil Science. — 2016. — Vol. 49. — № 5. — P. 538–545. — DOI: 10.1134/S1064229316050033.

4. Sidorova K. Ecological and physiological feature of some microelements and their concentration in vegetable products / K. Sidorova, O. Dragich, N. Shvets [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — Barnaul, 2020. — P. 012013. — DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012013.

5. Eremin D.I. The impact of mineral fertilizers on the consumption of mineral elements and the Siberian-bred oat grain / D.I. Eremin, M.N. Moiseeva, A.V. Lyubimova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — Yekaterinburg, 2022. — P. 012066. — DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012066.

6. Gruzdeva N. Influence of long-term plowing on water permeability of light-gray forest soils of taiga-forest zone of Western Siberia / N. Gruzdeva, D. Eremin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. — Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. — P. 012174. — DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012174.

7. Eremina D.V. Fertility of agrogenic and postagrogenic chernozems of Western Siberia / D.V. Eremina, D.I. Eremin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. — Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. — P. 012173. — DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012173.

8. Litvinovich A.V. Utilization of large-sized dolomite by-product particles and losses of cations from acidic soil / A.V. Litvinovich, I.V. Salaev, O.Yu. Pavlova [et al.] // Communications in Soil Science and Plant Analysis. — 2019. — Vol. 50. — № 7. — P. 1–9. — DOI: 10.1080/00103624.2019.1589490.

9. Litvinovich A.V. Dynamics of Soil pH after Utilization of By-products of Industrial Rock Processing as a Calcareous Material in Acid Soils / A.V. Litvinovich, O. Pavlova, A. Lavrishchev [et al.] // Communications in Soil Science and Plant Analysis. — 2021. — Vol. 52. — № 2. — P. 93–101. — DOI: 10.1080/00103624.2020.1849267.

10. Baksienė E. Dredging of lake and application of sapropel for improvement of light soil properties / E. Baksienė, A. Ciunys // Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. — 2012. — Vol. 20. — № 2. — P. 97–103. — DOI: 10.3846/16486897.2011.645824.

11. Murunga S.I. The Use of Freshwater Sapropel in Agricultural Production: A New Frontier in Kenya / S.I. Murunga, E.N. Wafula, J. Sang // Advances in Agriculture. — 2020. — Vol. 2020. — P. 8895667. — DOI: 10.1155/2020/8895667.

12. Kovaleva O. Content of heavy metals in the bottom sediments of the wastewater of the processing enterprise / O. Kovaleva, N. Sannikova, O. Ilyasov // E3S Web of Conferences. — Voronezh, 2021. — P. 01009. — DOI: 10.1051/e3sconf/202124401009.

13. Bukin A.V. Sozdanie rekul'tivacionnoj smesi na osnove osadka vodopodgotovki Njagan'skoj GRJeS i torfa [Creation of reclamation mixture on the basis of Nyagan SDPP water treatment sludge and peat] / A.V. Bukin, A.S. Motorin, A.V. Iglovikov // Agroprodovol'stvennaja politika Rossii [Agrofood Policy of Russia]. — 2016. — № 12 (60). — P. 70–75. [in Russian]

14. Motorin A.S. Agrogennaja jevoljucija organicheskogo veshhestva torfjanyh pochv Zapadnoj Sibiri [Agrogenic evolution of organic matter of peat soils of Western Siberia] / A.S. Motorin // Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki [Siberian Bulletin of Agricultural Science]. — 2020. — Vol. 50. — № 2. — P. 5–14. — DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-1. [in Russian]

15. Sidorova K. Ecological and physiological feature of some microelements and their concentration in vegetable products / K. Sidorova, O. Dragich, N. Shvets [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — Barnaul, 2020. — P. 012013. — DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012013.

16. Bukin A.V. Mikrojelementy v pojmennyh pochvah lesostepnoj zony Severnogo Zaural'ja [Microelements in floodplain soils of the forest-steppe zone of the Northern Trans-Urals] / A.V. Bukin // Pochvovedenie — prodovol'stvennoj i jekologicheskoj bezopasnosti strany : Tezisy dokladov VII S#ezda pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoj konferencii, Belgorod, 15–22 avgusta 2016 goda [Soil Science – food and environmental security of the country: Abstracts of the VII Congress of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev and the All-Russian International Scientific Conference Belgorod. Dokuchaev and All-Russian Scientific Conference with International Participation, Belgorod, 15-22 August 2016] / Resp. ed. S.A. Shoba, I.Ju. Savin. — Belgorod: Belgorod, 2016. — P. 71–72. [in Russian]

17. Motorin A.S. Sostav i svojstva alljuvial'nyh pochv pojmy reki Tobol Severnogo Zaural'ja [Composition and properties of alluvial soils of the Tobol River floodplain in the Northern Trans-Urals] / A.S. Motorin, A.V. Bukin // *Agrarnyj vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. — 2012. — № 6 (98). — P. 71–75. [in Russian]