

**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ/AGROCHEMISTRY,
AGROSOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.1>

EDN: EDPQYY

**ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛА И ИЗВЕСТИ С САПРОПЕЛЕМ НА ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И РАЗВИТИЕ ОВСА ПОЛЕВОГО**

Научная статья

Дёмин Е.А.^{1,*}, Букин А.В.²¹ ORCID : 0000-0003-2542-3678;^{1,2} Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация

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

Аннотация

Деградация пахотных почв ставит определенные трудности у товаропроизводителей. В последние годы из-за высокой антропогенной нагрузки на почвы отмечается ухудшение физико-химических свойств почвы, а именно увеличение кислотности. Для решения данной проблемы применяют мелиоранты на основе извести и мела, однако существуют естественные органические продукты, такие как карбонатные сапропели. Но необоснованное высокое их внесение может приводить к угнетению возделываемых культур из-за нарушения соотношения питательных веществ в почве. Цель исследования — установить влияние совместного применения мела и извести с сапропелем на физико-химические свойства почвы и биометрические показатели овса. Исследование проводили в лабораторных условиях на тест-культуре — овес. Схема опыта предусматривала совместное применение сапропеля в дозах от 40 до 80 т/га и дополнительного внесения извести и мела в дозе 5 т/га, в качестве контроля использовали вариант без применения удобрений и мелиорантов. В сосуды объемом 1,5 дм³ по массовому соотношению с почвой вносили необходимые дозы сапропеля и мелиорантов после чего перемешивали и высевали тест-культуру, которую выращивали в климатической камере 14 суток при температуре 20 °С и заданной программы дня и ночи. Установлено, что совместное внесением сапропеля, мела или извести приводит к увеличению степени насыщенности почвы на 4–7% и снижению обменной кислотности на 0,8–1,4 ед.рН. Определено, что внесение извести с сапропелем в пропорциях, предусмотренных вариантами ФСИ1 и ФСИ2 приводило к увеличению всхожести растений, а также длины и массы растений на 1,1–1,2 см и 0,12–0,13 г. Наибольшая эффективность отмечалась при использовании мела с сапропелем в массовых соотношениях представленных вариантами ФСМ1 и ФСМ2, где масса растений повышалась до 0,71 г, длина растений увеличивалась до 16,1–17,2 см, длина и масса корневой системы при этом достигала 4,1 см и 0,028–0,029 г соответственно. Высокие дозы сапропеля с совместным применением извести или мела на вариантах ФСИ3 и ФСМ3 не оказывали положительный эффект на биометрические показатели овса.

Ключевые слова: обменная кислотность, гидролитическая кислотность, емкость катионного обмена, биометрические показатели, длина растений, корневая система, всхожесть.

**THE INFLUENCE OF THE COMBINED APPLICATION OF CHALK AND LIME WITH SAPROPEL ON THE
PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL AND THE GROWTH OF OATS**

Research article

Dyomin Y.A.^{1,*}, Bukin A.V.²¹ ORCID : 0000-0003-2542-3678;^{1,2} Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation

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

Abstract

The degradation of arable soils poses certain challenges for manufacturers. In recent years, due to high anthropogenic pressure on the soil, there has been a deterioration in the soil's physico-chemical properties, specifically an increase in acidity. To solve this problem, ameliorants based on lime and chalk are used; however, natural organic products such as carbonate sapropels also exist. Yet, their excessive application can lead to the stunting of crops due to an imbalance in the soil's nutrient ratio. The aim of the study was to determine the effect of the combined application of chalk and lime with sapropel on the physico-chemical properties of the soil and the biometric indicators of oats. The study was conducted under laboratory conditions using oats as the test crop. The experimental design involved the combined application of sapropel at rates of 40 to 80 t/ha and the additional application of lime and chalk at a rate of 5 t/ha; a variant without the application of fertilisers or soil improvers was used as a control. The required doses of sapropel and soil improvers were added to 1.5 dm³ vessels in a mass ratio to the soil, after which the mixture was stirred and the test crop was sown, which was grown in a climate chamber for 14 days at a temperature of 20 °C and a set day-night cycle. It was established that the combined application of sapropel, chalk or lime leads to an increase in soil saturation by 4–7% and a reduction in exchangeable acidity by 0.8–1.4 pH units. It was found that the application of lime mixed with sapropel in the proportions specified for variants FSI1 and FSI2 led to an increase in plant germination, as well as in plant height and weight, by 1.1–1.2 cm and 0.12–0.13 g, respectively. The greatest effectiveness was observed when using chalk with sapropel in the mass ratios represented by variants FSM1 and FSM2, where plant mass increased to 0.71 g, plant length increased to 16.1–17.2 cm, while root system length and mass reached 4.1 cm and



0.028–0.029 g, respectively. High doses of sapropel, when used in combination with lime or chalk in the FSI3 and FSM3 variants, did not have a positive effect on the biometric parameters of oats.

Keywords: exchangeable acidity, hydrolytic acidity, cation exchange capacity, biometric indicators, plant height, root system, germination rate.

Введение

Высоко плодородные пахотные почвы мира являются основным ресурсом, обеспечивающим продовольственную безопасность населения [1]. Однако стабильно высокая антропогенная нагрузка на пашню приводит к изменению протекающих в ней биологических и физико-химических процессов [2]. Это приводит к деградации почвы, ухудшается почвенное плодородие усиливаются процессы эрозии и снижается продуктивность агроэкосистем [3], [4]. Для решения данной проблемы товаропроизводители прибегают к увеличению количества применяемых минеральных форм удобрений [5]. В короткой перспективе данный прием оказывает положительный эффект и увеличивает продуктивность агроценозов [6]. Однако в долгосрочной перспективе отмечается негативный эффект, а именно снижение содержания и качества гумуса, подкисление почвы, ухудшение агрофизических свойств почвы из-за уменьшения запасов органического углерода в почве [7], [8]. Одним из негативных эффектов, который наблюдается при стабильно высоком использовании минеральных удобрений это увеличение обменной и гидролитической кислотности почвы, снижение степени насыщенности почвы основаниями. Для борьбы с данной проблемой применяют известкование, которое показывает положительный эффект в течение 3–7 лет и в дальнейшем требуется повторное проведение мероприятия [8], [10]. Альтернативным способом является использование карбонатных сапропелей, которые также показывают хорошую эффективность в долгосрочной перспективе. Однако их эффект в отличие от мелиорантов наступает не сразу, а через длительный промежуток времени [11], [12]. Также для снижения кислотности почвы необходимы высокие дозы сапропеля, что в связи с разнообразным питательным составом, может негативно сказаться на развитии культурных растений. Доступным методом с пролонгированным действием может являться совместное применение мелиорантов с сапропелями, что будет быстро снижать обменную кислотность, а также длительное время поддерживать ее на оптимальном уровне. К тому же с сапропелями в почву будут дополнительно поступать питательные вещества и самое главное органический углерод, который может способствовать улучшению не только физико-химических свойств почвы, но и агрофизических [13], [14].

Цель исследования — установить влияние совместного применения мела и извести с сапропелем на физико-химические свойства почвы и биометрические показатели овса.

Методы и принципы исследования

Исследование проводили в лабораторных условиях, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22030 в качестве тест-культуры использовали рекомендованный вид тест-культур – овес, районированного в Тюменской области сорт «Талисман». В качестве основы использовали почву, отобранную на опытном поле ТюмГУ весной в паровом поле. Почва — чернозем выщелоченный маломощный, среднегумусный, тяжелосуглинистый, который имел следующие изначальные агрохимические характеристики: обменная кислотность слабокислая $5,4 \pm 0,2$ ед.рН (ГОСТ Р 58594); содержание органического углерода — 4,2% (ГОСТ 26213); содержание нитратного азота — $10,2 \pm 3,1$ мг/кг (ГОСТ 26951); содержание подвижного фосфора низкое и калия среднее $35,3 \pm 6,7$ мг/кг и $67,4 \pm 10,2$ мг/кг почвы соответственно (ГОСТ 26204). Обоснованность выбора данной почвы связана с тем, что она является одной из наиболее распространенных пахотных почв в лесостепной зоне Зауралья, на которой в последние годы отмечается существенное повышение кислотности. В пластиковые сосуды объемом $1,5 \text{ дм}^3$ помещали подготовленный субстрат, к 1000 г почвы, добавляли сапропель (добытый на озере Кайвола-Куль Нижнетавдинского района Тюменской области), мел и известь (приобретались в торговых сетях) в массовых соотношениях, представленных в таблице 1. В дальнейшем продлили замачивание в воде откалиброванных по массе семян в чашках Петри на сутки. После чего переносили по 12 проросших зерен в каждый сосуд и заглубляли на 1,5 см в субстрат стеклянными палочками, равномерно поливая 150 мл дистиллированной водой, в дальнейшем каждые сутки проводили полив по 50 мл воды. После закладки опыта все варианты отправляли в климатическую камеру с поддержанием температуры в $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и заданной программы дня, и ночи со световым днем в 18 часов. После 10 суток в контейнерах проводили прореживание и оставляли по 10 растений. Опыт закладывали в 5-м кратном повторении.

Таблица 1 - Масса применения компонентов

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.1.1>

Вариант	Масса применяемых компонентов, г			
	Почва	Сапропель	Известь	Мел
Контроль (фон)	1000	-	-	-
ФСИ1	1000	10,0	1,5	-
ФСИ2	1000	16,5	1,5	-
ФСИ3	1000	23,0	1,5	-
ФСМ1	1000	10,0	-	1,5
ФСМ2	1000	16,5	-	1,5
ФСМ3	1000	23,0	-	1,5

На 5, 7 и 10 сутки определяли количество всходов. На 7 и 14 сутки определяли высоту растений с применением линейки. По истечению 14 суток проводили отбор растительного материала (5 растений с каждой повторности): для этого аккуратно вынимали субстрат из контейнера, разрушали структуру почвы и с корневой системой извлекали растения, в дальнейшем проводили ее отмывание от оставшейся почвы под проточной водой. У растений, которые извлекли из контейнера измеряли длину стебля и корневой системы, после чего аккуратно отрезали корневую систему ножницами и проводили взвешивание сырой массы на высоко точных весах, после чего пересчетом устанавливали массу вегетативной части и корневой системы. Оставшиеся растения оставляли в контейнере до наступления фазы кущения.

В период начала кущения проводили отбор почвы из контейнера, которую в лабораторных условиях подготавливали для определения обменной кислотности по ГОСТ 26483; гидролитической кислотности по ГОСТ 26212; суммы поглощенных оснований по ГОСТ 27821; емкости катионного обмена по ГОСТ 17.4.4.01; степень насыщенности почв основаниями находили расчетным методом. Статистическую обработку данных проводили по общепринятой методике в надстройке AgStat программы Microsoft Excel.

Основные результаты

Обменная кислотность в контрольном варианте составляла 5,5 ед.рН, что характеризует почву как слабокислую кислотную (табл. 2). В вариантах с применением совместного использования сапропеля и извести ФСИ1, ФСИ2 и ФСИ3 обменная кислотность становилась близкой к нейтральной 6,3–6,5 ед.рН при НСР₀₅=0,3 ед.рН. В вариантах с применением сапропеля и мела ФСМ1, ФСМ2 и ФСМ3 кислотность почвы доходила до нейтральных значений 6,7–6,9 ед.рН. Изменение обменной кислотности почвы в вариантах с применением сапропеля, извести и мела связано нейтрализующим действием данных компонентов ионов водорода находящихся в жидкой фазе почвы.

Таблица 2 - Влияние совместного применения мела и извести с сапропелем на физико-химические свойства почвы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.1.2>

Вариант	Обменная кислотность рН, ед.	Нг, ммоль/100 г	S, ммоль/100 г	ЕКО, мг-экв/100 г	V, %
Контроль (фон)	5,5	3,8	36,5	40,3	91
ФСИ1	6,3	1,7	45,2	46,9	96
ФСИ2	6,5	1,3	48,7	50,0	97
ФСИ3	6,4	1,6	47,7	49,3	97
ФСМ1	6,7	1,1	48,2	49,3	98
ФСМ2	6,9	1,1	47,1	48,2	98
ФСМ3	6,9	1,1	46,4	47,5	98
НСР ₀₅	0,3	0,7	1,2	1,7	-

Примечание: Нг – гидролитическая кислотность; S – сумма поглощённых оснований; ЕКО – емкость катионного обмена; V – степень насыщенности основаниями

Гидролитическая кислотность почвы в контроле составляла 3,8 ммоль/100 г почвы. В вариантах с совместным внесением сапропеля и извести данный показатель снижался до 1,3–1,7 ммоль/100 г, а при применении мела и сапропеля до 1,1 ммоль/100 г. Это происходит по причине повышения суммы поглощенных оснований, которая в контроле не превышала 36,5 ммоль/100 г, а в вариантах с применением сапропеля, извести и мела до 45,2–48,7 ммоль/100 г. Во всех удобренных вариантах отмечалось повышение емкости катионного обмена на 16–24% относительно контроля, на котором значения достигали 40,3 мг-экв/100 г почвы. Степень насыщенности почвы оснований при совместном применении сапропеля с известью или мелом увеличилась на 5–7% относительно контроля, на котором значения достигали 91%. Существенное изменение гидролитической кислотности и других физико-химических показателей почвы в короткий срок связаны поступлением в почву высокого количества катионов кальция и магния, которые в больших значениях находились как в сапропеле, так и мелиорантах. Достаточный уровень увлажнения почвы на протяжении всего исследования позволял хорошо растворяться, высвобождаться и вступать в химические реакции катионам кальция и магния в почвенно-поглощающем комплексе.

Таким образом, совместное внесение сапропеля в дозах и дополнительного применения мела или извести приводило к улучшению физико-химических свойств почвы из-за поступления в почву катионов кальция, магния, а также органического вещества. За счет чего повысилась степень насыщенности почвы основаниями, емкость катионного обмена и сумма поглощенных оснований, что привело к уменьшению обменной кислотности почвы на 0,8–1,4 ед.рН.

Биометрические показатели развития тест-культуры показывают отзывчивость растений на внесение удобрений и мелиорантов, а также токсическое действие на них. Всходы растений овса на 5 сутки в контроле достигали 66,7%, в вариантах ФСИ1 и ФСИ2 всхожесть увеличилась в 1,06 раз. В варианте ФСИ3 всхожесть статистически значимо не отличалась от контроля (НСР₀₅=4,2%). В вариантах ФСМ1 и ФСМ2, где совместно вносили мел и сапропель всхожесть

относительно контроля возростала в 1,16 раз. На варианте ФСМЗ достоверного значимого отличия с контролем не отмечено.

Таблица 3 - Влияние совместного применения мела и извести с сапропелем на биометрические показатели овса полевого

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.1.3>

Вариант	Всхожесть, %			Высота растений, см		Длина корней, см	Масса с 10 растений, г	
	5 сут.	7 сут.	10 сут.	7 сут.	14 сут.		вегетативная	корней
Контроль (фон)	66,7	69,2	75,0	8,8	14,1	3,7	0,56	0,021
ФСИ1	72,5	77,5	83,3	10,4	15,2	3,8	0,68	0,025
ФСИ2	72,5	77,5	80,8	10,9	15,3	3,8	0,69	0,024
ФСИ3	69,2	77,5	77,5	9,7	14,8	4,0	0,63	0,027
ФСМ1	77,5	83,3	89,2	10,5	16,1	4,1	0,71	0,029
ФСМ2	77,5	85,8	89,2	11,6	17,2	4,1	0,71	0,028
ФСМ3	66,7	75,0	77,5	9,5	14,9	4,0	0,62	0,025
НСР ₀₅	4,2	6,7	5,0	0,9	1,0	0,2	0,11	0,005

На 7 сутки всхожесть увеличивалась не значительно: в контроле до 69,2%, в то время как на всех вариантах с применением сапропеля и извести всхожесть возросла в 1,12 раз, а в вариантах ФСМ1 и ФСМ2 с применением мела и сапропеля всхожесть была выше контроля в 1,20 и 1,24 раза соответственно, а в варианте ФСМ3 отличий с контролем не отмечено (НСР₀₅=6,7%).

На 10 сутки в контроле всхожесть составляла 75,0%, внесение сапропеля и извести на вариантах ФСИ1 и ФСИ2 обеспечивало появление всхожести на уровне 83,0 и 80,8% соответственно, в то время как в варианте ФСИ3 всхожесть была на уровне контроля (НСР₀₅=5,0%). В варианте с применением мела и сапропеля ФСМ1 и ФСМ2 всхожесть на 10 сутки составляла 89,2%, что выше значений контроля 1,19 раз. В варианте ФСМ3 математически подтвержденных различий с контролем не отмечено.

Высота растений на 7 сутки в контроле достигала 8,8 см. В вариантах с применением извести и сапропеля (ФСИ1 и ФСИ2) высота растений повышалась до 10,4-10,9 см., в то время как в варианте с применением извести и более высокой дозы сапропеля (ФСИ3) высота растений не превышала 9,7 см. В вариантах с внесением мела и сапропеля отмечалась подобная тенденция, где в варианте ФСМ1 и ФСМ2 высота растений достигает максимума — 10,5 и 11,6 см соответственно, а при использовании более высокой дозы сапропеля (ФСМ3) высота не превышает 9,5 см и была на уровне контроля.

На 14 сутки высота растений в контроле увеличивалась до 14,1 см при вегетативной массе растений в 0,56 г. В вариантах с применением извести и сапропеля (ФСИ1 и ФСИ2) высота была больше контроля на 1,1-1,2 см, а вегетативная масса на 0,12-0,13 г. В варианте ФСИ3, где использовалась более высокая доза сапропеля различий с контролем не наблюдалось как по массе, так и длине растений. В вариантах с применением мела и сапропеля (ФСМ1 и ФСМ2) высота растений достигала максимума 16,1 и 17,2 см соответственно при массе в 0,71 г. На варианте (ФСМ3) различий с контролем не наблюдалось.

Длина корневой системы в контроле составляла 3,7 см при массе с 10 растений в 0,021 г, в вариантах ФСИ1 и ФСИ2 существенных отличий с контролем не отмечалось как в длине, так и массе корневой системы. В варианте (ФСИ3) длина корней была на 0,3 см выше при НСР₀₅=0,2 см, а масса на 29% больше. В вариантах ФСМ1 и ФСМ2 длина корневой системы составляла 4,1 см при массе в 0,028-0,029 г, а на варианте ФСМ3 длина корней составляла 4,0 см, при этом различий в массе не наблюдалось.

Таким образом, положительный эффект на биометрические показатели овса оказало совместное внесение извести и сапропеля в вариантах ФСИ1 и ФСИ2, где отмечалось увеличение всхожести растений, а также длины и массы растений на 1,1-1,2 см и 0,12-0,13 г, однако различий в массе и длине корневой системы не отмечено. Наибольший результат был получен при использовании мела и сапропеля в вариантах ФСМ1 и ФСМ2, где была лучше всхожесть, а также масса 0,71 г и длина растений 16,1-17,2 см, длина — 4,1 см и масса корневой системы 0,028-0,029 г. Высокая доза сапропеля с совместным применением извести или мела в вариантах ФСИ3 и ФСМ3 приводила к нивелированию положительного эффекта, где различий с контролем не наблюдалось. Это может быть связано с тем, что высокие дозы сапропеля вызывают нарушения соотношений питательных веществ в почве и приводит к затруднению развития растений.

Заключение

В вариантах ФСИ1, ФСИ2, ФСМ1 и ФСМ2 отмечено, что совместное внесение сапропеля и дополнительного применения мела, извести приводило к улучшению физико-химических свойств, увеличивалась степень насыщенности почвы на 4-7% и снижалась обменной кислотности почвы на 0,8-1,4 ед.рН.



Внесение извести и сапропеля в дозах, внесенных в вариантах ФСИ1 и ФСИ2, приводило к увеличению всхожести растений, а также длины и массы растений на 1,1–1,2 см и 0,12–0,13 г. Наибольшая эффективность отмечалась при использовании мела и сапропеля в пропорциях, внесенных в вариантах ФСМ1 и ФСМ2, где масса растений увеличивалась до 0,71 г, длина растений до 16,1–17,2 см, а длина и масса корневой системы на 4,1 см и 0,028–0,029 г соответственно. В вариантах ФСИЗ и ФСМЗ внесенные высокие дозы сапропеля с совместным применением извести или мела не оказывали положительный эффект на биометрические показатели овса.

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. Белозерцева И. А. И.А. Использование и оценка современного состояния почв наиболее плодородных земель юго-восточного Предбайкалья / И.А. Белозерцева И. А., Д.Н. Лопатина // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. — 2024. — 5. — С. 877–888. — DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.877-888
2. Еремин Д.И. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на запасы органического углерода в черноземе выщелоченном / Д.И. Еремин, Е.А. Дёмин // *Земледелие*. — 2023. — 4. — С. 35–39. — DOI: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39
3. Караулова Л.Н. Биологическая активность и содержание гумуса пахотных почв в зависимости от рельефа, климатических условий и сельскохозяйственных культур / Л.Н. Караулова, О.Г. Чуюн, Н.В. Афонченко и др. // *Земледелие*. — 2025. — 2. — С. 27–33. — DOI: 10.24412/0044-3913-2025-2-27-33
4. Еремин Д.И. К вопросу о целесообразности использования агрохимикатов, ускоряющих разложение послеуборочных остатков / Д.И. Еремин, А.В. Любимова // *Земледелие*. — 2025. — 3. — С. 15–20. — DOI: 10.24412/0044-3913-2025-3-15-20.
5. Абрамов Н.В. Миграционные процессы нитратного азота за пределы корнеобитаемого слоя при дифференцированном внесении удобрений / Н.В. Абрамов, С.А. Семизоров // *Плодородие*. — 2025. — 1(142). — С. 66–72. — DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.15
6. Чикишев Д.В. Динамика НРК при дифференцированном внесении минеральных удобрений в режиме off-line / Д.В. Чикишев, Н.В. Абрамов, Н.С. Ларина и др. // *Аграрный научный журнал*. — 2021. — 10. — С. 61–66. — DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp61-68
7. Груздева Н.А. Динамика содержания и запасов гумуса в агросерых лесных почвах Северного Зауралья / Н.А. Груздева, С.Г. Крченко, Д.И. Еремин // *Плодородие*. — 2017. — 3(96). — С. 16–19.
8. Селезнева Н.А. Изменение химических и микробиологических свойств почвы при антропогенном воздействии в полевом севообороте / Н.А. Селезнева, А.Г. Тишкова, Т.Н. Федорова и др. // *Достижения науки и техники АПК*. — 2020. — 6. — С. 5–10. — DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10601
9. Свирина В.А. Азотный режим и биологическая активность почвы под влиянием известкования и удобрений / В.А. Свирина, О.А. Артюхова // *Плодородие*. — 2019. — 5(110). — С. 3–6. — DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.01
10. Шильников И.А. Некоторые аспекты проблемы известкования кислых почв в современных условиях / И.А. Шильников, Г.Е. Гришин, Н.И. Аканова и др. // *Нива Поволжья*. — 2011. — 1(18). — С. 87–92.
11. Ветчинников А.А. Оценка возможности использования донных отложений пруда для рекультивации техногенно нарушенных почв / А.А. Ветчинников, В.И. Титова, И.А. Баранов и др. // *Агрохимический вестник*. — 2018. — 2. — С. 50–53. — DOI: 10.24411/0235-2516-2018-00028
12. Титова В.И. Использование сапропеля при выращивании кукурузы на серых лесных почвах нижегородской области / В.И. Титова, А.И. Баранов, Е.Г. Белоусова // *Агрохимия*. — 2019. — 1. — С. 36–41. — DOI: 10.1134/S0002188119010137
13. Букин А.В. Влияние различных доз сапропеля на развитие овса и агрохимические характеристики чернозема выщелоченного / А.В. Букин, Е.А. Дёмин // *Journal of Agriculture and Environment*. — 2024. — 9(49). — DOI: 10.60797/JAE.2024.49.12
14. Кривонос О.И. О химическом составе сапропелей Омской области / О.И. Кривонос, Г.В. Плаксин, В.Н. Носенко // *Химия растительного сырья*. — 2014. — 3. — С. 271–278.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Belozerceva I. A. I.A. Ispol'zovanie i ocenka sovremennogo sostoyaniya pochv naibolee plodorodny'x zemel' yugo-vostochnogo Predbajkal'ya [Use and assessment of the current state of soils of the most fertile lands of the south-eastern Cis-Baikal region] / I.A. Belozerceva I. A., D.N. Lopatina // *Agricultural Science of the Euro-North-East*. — 2024. — 5. — P. 877–888. — DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.877-888 [in Russian]
2. Eremin D.I. Vliyanie dlitel'nogo sel'skoxozyajstvennogo ispol'zovaniya na zapasy' organicheskogo ugleroda v chernozeme vy'shhelochennom [The effect of long-term agricultural use on organic carbon stocks in leached chernozem] / D.I. Eremin, E.A. Dyomin // *Agriculture*. — 2023. — 4. — P. 35–39. — DOI: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39 [in Russian]



3. Karaulova L.N. Biologicheskaya aktivnost' i sodержanie gumusa paxotny'x pochv v zavisimosti ot rel'efa, klimaticheskix uslovij i sel'skoxozyajstvenny'x kul'tur [Biological activity and humus content of arable soils depending on relief, climatic conditions and agricultural crops] / L.N. Karaulova, O.G. Chuyan, N.V. Afonchenko et al. // *Agriculture*. — 2025. — 2. — P. 27–33. — DOI: 10.24412/0044-3913-2025-2-27-33 [in Russian]
4. Eremin D.I. K voprosu o celesoobraznosti ispol'zovaniya agroximikatov, uskoryayushhix razlozhenie posleuborochny'x ostatkov [On the feasibility of using agrochemicals that accelerate the decomposition of post-harvest residues] / D.I. Eremin, A.V. Lyubimova // *Agriculture*. — 2025. — 3. — P. 15–20. — DOI: 10.24412/0044-3913-2025-3-15-20. [in Russian]
5. Abramov N.V. Migracionny'e processy' nitratnogo azota za predely' korneobitaemogo sloya pri differencirovannom vnesenii udobrenij [Migration processes of nitrate nitrogen beyond the root zone with differentiated application of fertilizers] / N.V. Abramov, S.A. Semizorov // *Fertility*. — 2025. — 1(142). — P. 66–72. — DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.15 [in Russian]
6. Chikishev D.V. Dinamika NPK pri differencirovannom vnesenii mineral'ny'x udobrenij v rezhime off-line [NPK dynamics with differentiated application of mineral fertilizers in off-line mode] / D.V. Chikishev, N.V. Abramov, N.S. Larina et al. // *Agricultural Scientific Journal*. — 2021. — 10. — P. 61–66. — DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp61-68 [in Russian]
7. Gruzdeva N.A. Dinamika sodержaniya i zapasov gumusa v agrosery'x lesny'x pochvax Severnogo Zaural'ya [Dynamics of humus content and reserves in agro-gray forest soils of the Northern Trans-Urals] / N.A. Gruzdeva, S.G. Krtchenko, D.I. Eremin // *Fertility*. — 2017. — 3(96). — P. 16–19. [in Russian]
8. Selezneva N.A. Izmenenie ximicheskix i mikrobiologicheskix svoystv pochvy' pri antropogennom vozdejstvii v polevom sevooborote [Changes in chemical and microbiological properties of soil under anthropogenic influence in field crop rotation] / N.A. Selezneva, A.G. Tishkova, T.N. Fedorova et al. // *Achievements of science and technology in the agro-industrial complex*. — 2020. — 6. — P. 5–10. — DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10601 [in Russian]
9. Svirina V.A. Azotny'j rezhim i biologicheskaya aktivnost' pochvy' pod vliyaniem izvestkovaniya i udobrenij [Nitrogen regime and biological activity of soil under the influence of liming and fertilizers] / V.A. Svirina, O.A. Artyuxova // *Fertility*. — 2019. — 5(110). — P. 3–6. — DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.01 [in Russian]
10. Shil'nikov I.A. Nekotory'e aspekty' problemy' izvestkovaniya kisly'x pochv v sovremenny'x usloviyax [Some aspects of the problem of liming acidic soils in modern conditions] / I.A. Shil'nikov, G.E. Grishin, N.I. Akanova et al. // *Niva Povolzhya*. — 2011. — 1(18). — P. 87–92. [in Russian]
11. Vetchinnikov A.A. Ocenka vozmozhnosti ispol'zovaniya donny'x otlozhenij pruda dlya rekul'tivacii texnogenno narushenny'x pochv [Evaluation of the possibility of using pond bottom sediments for the reclamation of man-made soils] / A.A. Vetchinnikov, V.I. Titova, I.A. Baranov et al. // *Agrochemical Bulletin*. — 2018. — 2. — P. 50–53. — DOI: 10.24411/0235-2516-2018-00028 [in Russian]
12. Titova V.I. Ispol'zovanie sapropelya pri vy'rashhivanii kukuruzy' na sery'x lesny'x pochvax nizhegorodskoj oblasti [The use of sapropel in growing corn on gray forest soils in the Nizhny Novgorod region] / V.I. Titova, A.I. Baranov, E.G. Belousova // *Agrochemistry*. — 2019. — 1. — P. 36–41. — DOI: 10.1134/S0002188119010137 [in Russian]
13. Bukin A.V. Vliyanie razlichny'x doz sapropelya na razvitie ovsa i agroximicheskie xarakteristiki chernozema vy'shhelechennogo [The influence of different doses of sapropel on the development of oats and agrochemical characteristics of leached chernozem] / A.V. Bukin, E.A. Dyomin // *Journal of Agriculture and Environment*. — 2024. — 9(49). — DOI: 10.60797/JAE.2024.49.12 [in Russian]
14. Krivonos O.I. O ximicheskom sostave sapropelej Omskoj oblasti [On the chemical composition of sapropels in the Omsk region] / O.I. Krivonos, G.V. Plaksin, V.N. Nosenko // *Chemistry of plant raw materials*. — 2014. — 3. — P. 271–278. [in Russian]