

Шляхтицева О.И., Мажайский Ю.А., Черникова О.В. Влияние иловых отложений понижений в комплексе с органическими и минеральными удобрениями на свойства почв западного рельефа

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

УДК 631.81:631.42

Влияние иловых отложений понижений в комплексе с органическими и минеральными удобрениями на свойства почв западного рельефа

Шляхтицева О.И.¹, Мажайский Ю.А.², Черникова О.В.³

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

²Мещерский филиал ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова

³Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний

Аннотация

Проведенные исследования по изучению эффективности внесения в почву иловых отложений микропонижений в составе органо-минеральных удобрений в комбинировании с обычными минеральными и органическими удобрениями показали, что по накоплению элементов питания в почве лучшими вариантами, влияющими на агрономические показатели, были дозы внесения в объеме 20-25 т/га. С учетом более эффективных результатов для применения в производстве рекомендуется в данных почвенно-гидрогеологических условиях внесение иловых отложений в дозе 25 т/га, навоза КРС 10 т/га и внесение минеральных удобрений в дозе – N₈₈P₄₃K₄₆.

Ключевые слова: ИЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ, ОРГАНИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, МЕЛКОЗАПАДИННЫЙ РЕЛЬЕФ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

Введение

При проведении мелиорации на мелкозападинном рельефе, характерном для северо-восточной части Республики Беларусь, а также Псковской, Смоленской и др. областях России происходит нарушение почвенного покрова мелиорируемой площади, особенно у открытой и закрытой осушительной сети при ее устройстве, а также возникает проблема по размещению и утилизации иловых отложений из западин при устройстве на их месте колодцев-поглотителей или водоемов-копаней [1-4].

Данные иловые отложения содержат биогенные элементы питания (фосфор, азот и калий), органические и мелкоиловые частицы, а также, возможно, канцерогенные элементы. При этом они могут являться хорошим органо-минеральным удобрением, тем более при их компостировании и использовании с традиционными органическими и минеральными удобрениями. Однако технологий и доз внесения иловых отложений в почву в настоящий момент нет. Чаще всего их выравнивают на прилегающей к копане территории, что, в том числе, ухудшает режим осушения и поверхностный сток, и в целом снижает плодородие, вследствие их переизбытка в месте утилизации [5-7].

В связи с этим изучение эффективности применения иловых отложений микропонижений в качестве органо-минеральных удобрений в комбинации с обычными минеральными и органическими удобрениями имеет интерес для науки и практики для регулирования пищевого и водно-физического состояния мелиорируемых почв, тем более при дефиците органических удобрений.

Почвенно-климатические условия Республики Беларусь не позволяют вести интенсивное земледелие из-за переувлажнения на площади около 8 млн га (более 40 % территории) [8]. В связи с этим осушительные мелиоративные системы уже более 120 лет имеют основополагающее значение для развития сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь [9].

В настоящее время осушено 3,4 млн гектаров, в том числе 2,9 млн гектаров занято под сельскохозяйственное производство, из них под пропашные культуры – 1,3 млн гектаров, луговые и пастбищные - 1,6 млн га [10].

Возникает необходимость разработать способы эксплуатации этих земель, в том числе с использованием удобрительно-мелиорирующих смесей, содержащих иловые отложения микропонижений и другие природные компоненты.

В настоящее время имеется необходимость разработки технологии утилизации иловых отложений, получаемых при сооружении водоемов-копаней, как отхода, источника питания, комплексного удобрения и для улучшения плодородия нарушенных почв.

Агрохимические испытания показывают, что в иле имеется значительный потенциал питательных веществ и в комбинации с внесением органических и минеральных удобрений можно создать технологию, которая позволит получать

стабильные урожаи сельскохозяйственных культур и выполнить утилизацию ила, как образующегося отхода не непосредственно у копани, а равномерно по всему мелиорируемому участку.

Исследование направлено на установление оптимальных доз внесения данных химических мелиорантов, которые позволят улучшить плодородие исследуемых дерново-подзолистых почв северо-востока Республики Беларусь.

Объекты и методы

Исследование использования иловых отложений микронизиций, полученных в результате рекультивации мелиорируемых почв, в качестве органо-минеральных удобрений, в том числе в сочетании с традиционными органическими удобрениями, проводились на базе учебно-оросительного комплекса «Тушково-1» Горецкого района Могилевской области с 2021 года.

Перед закладкой вегетационного опыта выполнено почвенное обследование. Результаты испытаний почвенных образцов на содержание питательных веществ, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвенных образцов

Наименование образца	Результаты испытаний								
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	ОВ	Ca	Mg	Zn	Cu
	%	мг/кг	мг/кг		%	ммоль /100г почвы	ммоль /100г почвы	мг/кг	мг/кг
Горизонт А	0,05	226,8	295,8	6,34	0,9	3,5	1,5	5,04	1,84
Горизонт В	0,025	161,6	107,0	3,8	4,5	3,8	1,3	6,68	2,89
Горизонт С	0,024	61,6	69,3	3,68	4,32	4,2	0,6	6,26	2,63
Метод конверта	0,1	222,9	241,3	6,28	1,8	4,4	2,2	4,82	2,13

Почва опытного участка «Тушково-1» дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины более 1 м.

По данным опытного поля балл бонитета пашни – 36,5, содержание гумуса – 1,48, %. Для создания равного надлежащего фона для будущего опыта, а также установления и повышения однородности почвенного плодородия в 2021 году в вегетационных сосудах проводился уравнивательный посев озимого рапса сорта «Батис», как сидеральной

культуры. В результате почва приобрела плотность и структуру, близкую структуре в месте отбора почвенных образцов в учебно-оросительном комплексе «Тушково-1».

Исследования проводили в вегетационных сосудах с имитацией полевого опыта с проведением сопутствующих наблюдений, учетов и лабораторных анализов.

Для получения программируемой урожайности и определения эффективности использования иловых отложений в качестве комплексных удобрений, методом элементарного баланса, который является классическим примером расчета доз удобрений по выносу NPK, было определено количество питательных веществ (кг д.в./га), которое необходимо внести с удобрениями и разработана схема опыта, согласно которой в 2022 году был проведен вегетационный опыт. Схема опыта приведена в таблице 2.

Таблица 2. Схема опыта

Вариант опыта	Используемые удобрительные смеси
1	Контрольный (ДВУ) 18,9 ц/га
2	Навоз КРС 30 т/га (N ₂₇ P ₁₅ K ₆₀) + Мин. уд. (N ₈₃ P ₃₉ K ₂₅)
3	Ил 30 т/га (N ₁₅ P ₇ K ₂₃) + Мин. уд. (N ₉₅ P ₄₇ K ₆₂)
4	Минеральные удобрения (N ₁₁₀ P ₅₄ K ₈₅)
5	Навоз КРС 10 т/га (N ₉ P ₅ K ₂₀) + Ил 25 т/га (N ₁₃ P ₆ K ₁₉) + Мин. уд. (N ₈₈ P ₄₃ K ₄₆)
6	Навоз КРС 10 т/га (N ₉ P ₅ K ₂₀) + Ил 20 т/га (N ₁₀ P ₄ K ₁₅) + Мин. уд. (N ₉₁ P ₄₅ K ₅₀)
7	Навоз КРС 10 т/га (N ₉ P ₅ K ₂₀) + Ил 15 т/га (N ₈ P ₃ K ₁₁) + Мин.уд. (N ₉₃ P ₄₆ K ₅₂)

Для проведения опыта использовались сосуды с объемом 10 литров, высотой 25 см и площадью открытой поверхности 0,053 м² с отверстием в дне, через которое вода просачивались и дренировалась в поддонники для сбора инфильтрата. Сосуды были установлены на специально подготовленных стеллажах. В опытах использовали 7 вариантов комбинаций удобрений, каждый из которых выполнен в 4-х кратной повторности.

Поддержание режима влажности почвы на заданном уровне, рекомендованном предыдущими исследованиями (80% от НВ) регулировалось поливами, способствующими обеспечению потребности сельскохозяйственных растений в воде в период их вегетации.

Анализы почвы из вегетационных сосудах выполнены в соответствии с общепринятыми методиками, в специализированных лабораториях. Обменная кислотность – ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH – по методу ЦИНАО. Органическое вещество – ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы

определения органического вещества. Подвижный фосфор и калий – ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Азот – ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. Цинк, медь, марганец – ФР 1.34.2005.02199. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА. Железо – ГОСТ 27395-87. Почвы. Метод определения подвижных соединений двух – и трехвалентного железа по Верегиной-Аринушкиной. Результаты опытов обработаны математическими и статистическими методами с определением НСР₀₅.

Результаты и обсуждение

Под влиянием внесенных органо-минеральных удобрений, как в чистом виде, так и с добавлением ила полученного при рекультивации понижений западного рельефа местности, изменялись агрохимические свойства почвы.

Содержание общего азота, калия и фосфора в почве до и после проведения вегетационных опытов представлены в таблице 3.

Данных таблицы 3 показывают, что содержание азота в почве после проведения вегетационных опытов незначительно увеличилось во втором варианте с внесением 30 т/га навоза КРС (N₂₇P₁₅K₆₀) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества (N₈₃P₃₉K₂₅) и в третьем варианте с внесением ила 30 т/га (N₁₅P₇K₂₃) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества (N₉₅P₄₇K₆₂) на 40 и 20% соответственно. Данное увеличение можно объяснить большим количеством микроорганизмов, содержащимся в данных видах удобрений.

Таблица 3. Содержание N (%), P₂O₅, K₂O (мг/кг) в почве

Варианты	Результаты испытаний почвенных образцов					
	до проведения опытов			после проведения опытов		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вариант 1	0,05	226,8	295,8	0,03	328,3	359,3
Вариант 2				0,07	366,0	439,0
Вариант 3				0,06	396,4	453,0
Вариант 4				0,02	364,0	456,8
Вариант 5				0,03	402,7	522,6
Вариант 6				0,02	426,3	513,4
Вариант 7				0,01	413,7	471,7
НСР ₀₅					33	37

В остальных вариантах содержание азота значительно снизилось, что можно объяснить выносом данного элемента питания из почвы растениями. Самое низкое содержание азота выявлено в седьмом варианте с внесением 10 т/га навоза КРС (N₉P₅K₂₀), 15 т/га ила (N₈P₃K₁₁) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества (N₉₃P₄₆K₅₂). Данный показатель снизился в этом варианте на 80%.

Содержание фосфора в почвенных образцах после проведения уборки урожая значительно увеличилось во всех вариантах применения удобрений, что обусловлено, в первую очередь, метеорологическими условиями, влияющими на способность растений к поглощению влаги. Общеизвестным является повышение доступности (подвижности) фосфатов при повышении уровня увлажнения почвы. Период от появления всходов до созревания характеризовался наименьшим варьированием показателя запасов влаги в 20-сантиметровом слое почвы. Наибольшее увеличение содержания фосфора в почве выявлено в шестом варианте с внесением 10 т/га навоза КРС (N₉P₅K₂₀), 20 т/га ила (N₁₀P₄K₁₅) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества (N₉₁P₄₅K₅₀). Оно составило 426,3 мг/кг, что на 88% превышает содержание фосфора в почве до проведения опыта.

В целом лучшими по накоплению фосфора и калия были пятый и шестой варианты с применением навоза КРС и иловых отложений 20-25 т/га.

Содержание кальция, магния цинка, меди в почве представлено в таблице 4.

Таблица 4. Содержание Ca, Mg (ммоль/100 г почвы) Zn, Cu (мг/кг) в почве

Варианты	Результаты испытаний почвенных образцов							
	до проведения опытов				после проведения опытов			
	Ca	Mg	Zn	Cu	Ca	Mg	Zn	Cu
Вариант 1	3,5	1,5	5,04	1,84	19,3	6,9	41,38	6,04
Вариант 2					30,4	11,6	38,59	5,76
Вариант 3					43,5	11,9	48,05	6,50
Вариант 4					38,6	11,3	38,81	5,60
Вариант 5					24,0	10,8	49,02	6,52
Вариант 6					25,4	11,3	42,33	5,97
Вариант 7					41,8	17,0	46,05	6,27
НСР ₀₅					1,2	0,5	2,5	0,6

Анализируя данные таблицы 4 можно сделать вывод, что содержание кальция в почве после проведения исследований значительно увеличилось во всех вариантах.

Наибольшее количество данного элемента наблюдается в третьем варианте с внесением ила 30 т/га ($N_{15}P_7K_{23}$) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества ($N_{95}P_{47}K_{62}$) и составляет 43,5 ммоль/100 г, что в 12,4 раза превышает содержание кальция в почвенных образцах до проведения опытов.

Среди вариантов, комбинирующих разные виды удобрений, наибольшее увеличение содержания кальция наблюдается в седьмом варианте, содержащим 10 т/га навоза КРС ($N_9P_5K_{20}$), 15 т/га ила ($N_8P_3K_{11}$) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества ($N_{93}P_{46}K_{52}$).

Динамика увеличения данного элемента положительно сказывается на качестве почвы, так как высокий уровень содержания кальция снижает восприимчивость растений к болезням. Регулируя водный баланс, он связывает кислоты почвы, обеспечивает нормальные условия для развития корневой системы растений, улучшает растворимость многих соединений в почве. При увеличении количества кальция в почве возрастает поступление в растение ионов аммония, молибдена, но снижается подвижность марганца, цинка, бора. Недостаток катионов кальция в почве приводит к повышению кислотности почвенного раствора (если только почва не засолена и не содержит избыток натрия).

Содержание магния после проведения вегетационных опытов увеличилось во всех почвенных образцах. В седьмом варианте содержание данного элемента составило 17 ммоль на 100 г почвы, что в 11,3 раза превышает содержание магния в почвенных образцах до начала исследований.

В остальных вариантах содержание магния превышает начальное значение в среднем на 608%.

По мнению С.А. Барбера [11], избыток магния не проявляется в снижении урожайности сельскохозяйственных культур, пока соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ существенно больше единицы, а оптимальное соотношение находится в пределах 2–7. Однако его величина может изменяться в силу того, что почвы различаются по относительной силе связывания этих элементов на катионообменных частицах.

После проведения вегетационных опытов содержание цинка в почвенных образцах увеличилось в среднем в 8,6 раз.

Наибольшее значение данного элемента наблюдается в третьем варианте с внесением ила 30 т/га ($N_{15}P_7K_{23}$) и фоновым внесением минеральных удобрений с

содержанием действующего вещества ($N_{95}P_{47}K_{62}$) и пятом варианте с внесением 10 т/га навоза КРС ($N_9P_5K_{20}$), 25 т/га ила ($N_{13}P_6K_{19}$) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества ($N_{88}P_{44}K_{46}$)

Повышение содержания цинка в почве тесно связано с увеличением органического вещества в ней, что говорит о биологической аккумуляции данного элемента. Баланс цинка в почвах различных экосистем показывает, что его атмосферное поступление преобладает над выносом за счет выщелачивания и образования биомассы.

Содержание меди увеличилось во всех почвенных образцах в среднем в 2,4 раза.

Медь играет важную роль в ряде физиологических процессов, однако становится токсичной для растений при поступлении в высоких концентрациях, так как может привести к изменению биохимических процессов в растениях и в итоге к снижению их продуктивности [12].

Прослеживается положительная тенденция по накоплению кальция и микроэлементов в почве в результате использования иловых отложений в составе агроулучшающих смесей.

Важным показателем почвенного плодородия является содержание органического вещества, которое в свою очередь делится на негумифицированные органические остатки растительного и животного происхождения, содержащиеся в почве и гумифицированные – гумусовые, перегнойные. Гумусовые в свою очередь делятся на гуминовые и фульвокислоты.

Исследуемая почва характеризовалась низким содержанием органического вещества. Перед закладкой опыта содержание органического вещества в пахотном горизонте составило 0,9%.

Содержание органического вещества в почвенных образцах до и после проведения исследования, а также кислотность почвы представлены в таблице 5.

Анализируя результаты полученных данных почвенных образцов можно сделать вывод, что после проведения вегетационных опытов содержание органического вещества увеличилось во всех вариантах в среднем на 92,9%.

Наибольшее увеличение органического вещества наблюдается в третьем варианте с внесением ила 30 т/га ($N_{15}P_7K_{23}$) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества ($N_{95}P_{47}K_{62}$). Среди вариантов, комбинирующих

разные виды удобрений, наибольшее увеличение содержания органического вещества наблюдается в седьмом варианте, содержащим 10 т/га навоза КРС (N₉P₅K₂₀), 15 т/га ила (N₈P₃K₁₁) и фоновым внесением минеральных удобрений с содержанием действующего вещества (N₉₃P₄₆K₅₂).

Таблица 5. Содержание органического вещества (%) в почвенных образцах и кислотность почвы

Варианты	Результаты испытаний			
	до проведения опытов		после проведения опытов	
	Органическое вещество	pH	Органическое вещество	pH
Вариант 1	0,9	6,34	1,62	5,46
Вариант 2			1,59	5,52
Вариант 3			1,91	5,48
Вариант 4			1,83	5,37
Вариант 5			1,72	5,32
Вариант 6			1,70	5,47
Вариант 7			1,80	5,43
НСП ₀₅			0,06	0,02

Данные изменения благоприятно сказываются на качестве почвы. Так как общеизвестно, что увеличение количества органического вещества, в том числе за счет внесения органических удобрений, способствует улучшению структуры почвы, водно-воздушного режима, физико-химических свойств почвы, а также увеличивает микробиологическую активность почвы.

Кислотность почвы во всех образцах снизилась в среднем на 14,3%. Можно предположить, что снижение значения pH связано с увеличением количества кальция в почве после воздействия на них вносимых удобрений.

Заключение

Внесение в почву удобрений не только улучшает питание растений, но и изменяет условия существования почвенных микроорганизмов, которые также нуждаются в питательных элементах. При благоприятных климатических условиях количество микроорганизмов и их активность после удобрения почвы значительно возрастают. Усиливается распад гумуса, а вследствие этого увеличивается мобилизация азота, фосфора и других элементов.

Список использованных источников:

1. Bhunia G.S., Chatterjee U., Shit P.K. Emergence and challenges of land reclamation: issues and prospect. – 2021. – V10. – P.1-15.
2. Jiao J.J., Nandy S., Li H. Analytical studies on the impact of land reclamation on ground water flow // Ground Water. – 2001. – V 39 (6). – P. 912-920.
3. He D., Ruan H., Chen H.Y.H. Long term effect of land reclamation from lake on chemical composition of soil organic matter and its mineralization // PLoS One. – 2014. – V 9. – № 6. – P. 99251.
4. Borrelli P., Ballabio C., Panagos P., Montanarella L. Wind erosion susceptibility of European soils // Geoderma. – 2014. – №232–234. – P. 471–478.
5. Kazberuk W., Szulc W., Rutkowska B. Use bottom sediment to Agriculture – Effect on Plant and Heavy Metal Content in Soil //Agronomy. – 2021. – №11. – P. 1077.
6. Kiani M., Raave H., Simojoki A., Tammeorg O., Tammeorg P. Recycling lake sediment to agriculture: Effects on plant growth, nutrient availability, and leaching // Science of The Total Environment. – 2020. – №753. – P. 141984.
7. Zhong F., Bai N., Chu X., He Y., Zhang H., Li H. Effects of Lake Sediment on Soil Properties, Crop Growth, and the phoD-Harboring Microbial Community // Agriculture. – 2020. – №12. – P. 2065.
8. Volchak A., Meshyk A., Mazhayskiy Y., Chernikova O. Modeling dynamics of stored soil moisture at stage of control of structures of amelioration systems // Engineering for Rural Development. – 2020. – №19. – P.114–120.
9. Levshunov I., Mazhayskiy Y., Chernikova O. The feasibility of using soil runoff in calculating the water balance of ameliorated soil // E3S Web of Conferences. – 2021. – №285. – P. 06003.
10. Volchak A., Meshyk A., Parfomuk S., Mazhayskiy Y., Chernikova O. Nonlinear modeling of annual runoff of main rivers in Belarus // Engineering for Rural Development. – 2021. – №20. – P 49–56.
11. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
12. Frontiers in Environmental Sciences. – 2017. – V. 5. – P. 64.

Цитирование:

Шляхтицева О.И., Мажайский Ю.А., Черникова О.В. Влияние иловых отложений понижений в комплексе с органическими и минеральными удобрениями на свойства почв западного рельефа [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_542.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202135542>.