

МЕЛИОРАТИВНАЯ РОЛЬ ЖИДКИХ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА СУХОДОЛЬНЫХ ЛУГОПАСТБИЩНЫХ УГОДЬЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹Д.В. Дудкин, кандидат химических наук, доцент

²И.М. Федяева, ведущий менеджер

³А.А. Пименова, ведущий инженер

¹Сургутский государственный университет

²АУ ХМАО-Югры «Технопарк высоких технологий»

³Филиал ФГБУ «ЦЛАТИ по УФО» по Ханты-Мансийскому АО

E-mail: dvdudkin@rambler.ru

Ключевые слова: гуминовые кислоты, гуминовые удобрения, химические мелиоранты, сенокосы, пастбища, флористическое разнообразие, плодородие.

Реферат. Проведена оценка эффективности применения жидких гуминовых удобрений нового поколения Гумовит, Лигновит, Гумовит-NPK и Лигновит-KP на естественном суходольном лугопастбищном угодье. Удобрения отличаются от аналогов безотходной технологией их получения из древесных отходов и верхового торфа энергоэффективным механохимическим способом. Оценивалось влияние удобрений на флористическое разнообразие луговой растительности, продуктивность лугопастбищного угодья, а также на изменение агрохимического состава почвенных горизонтов под луговой растительностью. Исследования проводились на опытном участке, расположенном на верхней террасе средней тайги Западной Сибири в окрестностях г. Ханты-Мансийска, с подзолистым типом почвенного покрова на осоково-разнотравной луговой растительности. Показано, что ежегодное пятикратное внесение данных гуминовых удобрений по вегетирующей фитомассе с интервалом обработки 10 дней рабочим раствором с концентрацией удобрения в рабочем растворе 50 мл/л и его расходом 2 л/м² обеспечивало увеличение продуктивности наземной фитомассы сенокоса в 1,5–2,0 раза. При этом существенно улучшается кормовая ценность фитомассы луга. Изменения в качественных характеристиках травостоя выражаются в увеличении доли бобовых и злаковых видов на фоне снижения осоковых. Происходит изменение агрохимических характеристик естественного луга, выражающееся в раскислении корнеобитаемых горизонтов почвы, накоплении ими заметного количества органического вещества почвы и питательных веществ. Положительный мелиоративный эффект затрагивает все почвенные горизонты, включая подзолистый подгоризонт. Наиболее эффективным следует считать применение сложных и комплексных жидких гуминовых удобрений Гумовит-NPK и Лигновит-KP.

RECLAMATION ROLE OF LIQUID HUMIC FERTILIZERS ON DRY GRASSLANDS OF THE MIDDLE TAIGA OF WESTERN SIBERIA

¹D.V. Dudkin, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

²I.M. Fedyeva, Lead Manager

³A.A. Pimenova, Principal Engineer

¹Surgut State University

²Autinomos Institution of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – UgraHigh Technology Park

³Branch of the federal state budgetary institution «Center for laboratory analysis and technical measurements in the Ural Federal district» in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug

Key words: humic acids, humic fertilizers, chemical meliorants, hayfields, pastures, floral diversity, fertility.

Abstract. An evaluation of the effectiveness of application of liquid humic fertilizer of new generation Gumovit, Lignovit, Gumovit-NPK and Lignovit-KP, on a natural upland grassland site. Fertilizers are distinguished from their analogues by the waste-free technology of their production from wood waste and top peat by an energy-efficient mechanochemical method. The influence of fertilizers on the floral diversity of meadow vegetation, productivity of grassland, as well as on changes in the agrochemical composition of soil horizons under meadow vegetation was evaluated. The research was conducted on a pilot site located on the upper terrace of the middle taiga of Western Siberia in the vicinity of Khanty-Mansiysk, with a podzolic type of soil cover on sedge-grass meadow vegetation. It is shown that a five-fold annual data entry of humic fertilizers on vegetative phytomass with a treatment interval of 10 days and working solution concentration of fertilizer in the working solution 50 ml/l and a consumption of 2l/m² provided increase of productivity of terrestrial phytomass of hay at 1.5–2.0 times. At the same time, the feed value of meadow phytomass is significantly improved. Changes in the quality characteristics of herbage are expressed in an increase in the share of legumes and cereals against the background of a decrease in sedge species. There is a change in the agrochemical characteristics of the natural meadow, which is expressed in the deoxidation of root-fed soil horizons, their accumulation of a noticeable amount of soil organic matter and nutrients. The positive reclamation effect affects all soil horizons, including the podzolic subhorizon. The most effective should be the use of sophisticated and integrated liquid humic fertilizer Gumovit-NPK and Lignovit-KP.

Особенности агроклиматических условий и уровень плодородия почв таёжной зоны Западной Сибири наибольшим образом соответствуют развитию на данной территории сельскохозяйственной деятельности с преобладанием мясомолочного животноводства [1]. Основная масса лугостепных угодий таёжной зоны Западной Сибири расположена в обширной пойме гидрологической сети Обь-Иртышского бассейна. Частые и продолжительные паводки, длящиеся зачастую весь период вегетации, делают данные угодья недоступными для их сельскохозяйственного использования. Поскольку территория характеризуется избыточным увлажнением [1], выпадением основной доли (до 70% годовой нормы) осадков в тёплый период года, коротким периодом вегетации и интенсивным накоплением почвенной влаги в результате многоснежных зим, сельскохозяйственное использование суходольных лугопастбищных угодий приобретает особое хозяйственное значение. Однако эти угодья, в силу промывного почвенного режима, особенностей растительного покрова, выражающихся в отсутствии листового опада хвойного древесного яруса и моховом характере лугового яруса, формируют малопродуктивные подзолистые и глееватоподзолистые почвы с крайне низким уровнем продуктивности естественных сенокосов. Поскольку гидромелиоративное преобразование пойменных ландшафтов в агроценозы является труднореализуемым, капиталоемким проектом, вовлечение в сельскохозяйственное использование лесных гарей и вырубок на суходольных участках более перспективно. Таким образом, повышение продуктивности естественных пастбищ и сенокосов на суходольных участках является приоритетной задачей, определяющей успех развития сельхозпроизводства на данной территории.

В условиях пониженного агроклиматического потенциала территории [1] наибольшее значение придаётся развитию малозатратных технологий ведения сельского хозяйства. В этой связи практический интерес представляет исследование в качестве дешёвых химических мелиорантов лесных почв таёжных ландшафтов жидких гуминовых удобрений, имеющих широкое распространение в последнее время [2–4]. Многофакторный характер положительного воздействия гуматов, полученных механохимическим способом [5–9], позволяет предположить их высокую эффективность для химической мелиорации и повышения продуктивности лугопастбищных угодий. При этом обширные торфяные ресурсы делают возможным их неограниченное производство.

Цель исследования – оценка пригодности и степени эффективности жидких гуминовых удобрений, полученных механохимическими способами [6, 10–13], в качестве химических ме-

лиорантов для естественных лугопастбищных угодий на подзолистых типах почв в условиях суходольных верхних террас таёжной зоны Западной Сибири.

Изучалось влияние опытно-промышленных образцов жидких гуминовых удобрений Гумовит, Гумовит-НПК, Лигновит и Лигновит-КР, разработанных ООО «ХимТехнологии» (г. Ханты-Мансийск) [10–14]. Агрономические исследования проводились на опытном поле Югорского государственного университета в окрестностях п. г. т. Шапша Ханты-Мансийского района в вегетационные периоды 2016–2018 гг. Оценивалось влияние удобрений на продуктивность естественного сенокоса, изменение его флористического разнообразия, а также агрохимического состава почвенных горизонтов сенокоса. Агрофоном опытного участка служил подзол иллювиально-железистый на среднем суглинке. Флористическое разнообразие луговой растительности на начальном этапе опыта представлено разнотравно-осоково-злаково-бобовым сообществом с высоким содержанием осоки двудомной (30%); мезофильными корневищными злаками: тимофеевкой луговой (5%), мятликом луговым (5%), пыреем ползучим (5%); разнотравьем, представленным семейством астровых: тысячелистником (19%), одуванчиком (5%) и семейством лютиковых (21%), и бобовыми, представленными двумя видами клевера (10%).

Погодные условия периода проведения опытов и предшествующих лет можно охарактеризовать как типичные по климату для данной территории. Вегетационный период достаточно обеспечен теплом и осадками для луговой растительности на учётных делянках.

Обработка гуминовыми препаратами осуществлялась дождеванием рабочим раствором с концентрацией гуминовой кислоты $5 \cdot 10^{-3}$ % (масс.) при его расходе 2 л/м². Обработка луговой растительности проводилась на протяжении двух лет (2017–2018 гг.) пятикратно с интервалом 10 дней, начиная с первой декады июня. Контрольные деляны обрабатывали водой по ГОСТ Р 51232–98 с нормой расхода воды 2 л/м². Учётный размер деляны – 50 м². Повторность четырёхкратная. На третий год (2019) удобрения не вносили и оценивали последствие препаратов.

Наряду с гуминовыми кислотами, опытные образцы удобрений содержали азот в аммонийной форме, фосфор и калий в растворимой форме гидрофосфата калия (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические характеристики гуминовых удобрений

Показатель	Метод исследований	Фактическое значение для удобрения			
		Гумовит	Лигновит	Гумовит-НПК	Лигновит-КР
pH _{сол}	ГОСТ 27979	13,8	13,6±0,3	10,0	6,9
Массовая доля золы, %	ГОСТ 26714	64,03±1,10	64,03±1,10	66,57±1,10	69,29±1,10
Массовая доля (в сухом веществе) общего азота, %	ГОСТ 26715, п.2	7,18±0,30	0,81±0,10	3,62±0,30	0,37±0,10
Массовая доля (в сухом веществе) общего фосфора (P ₂ O ₅), %	ГОСТ 26717	0,44±0,05	0,10±0,05	3,20±0,20	3,00±0,20
Массовая доля (в сухом веществе) общего калия (K ₂ O), %	ГОСТ 26718	3,75±0,10	6,05±0,10	8,40±0,10	8,80±0,10
Массовая доля (в сухом веществе) органического вещества в пересчёте на углерод, %	ГОСТ 27980, п. 1	21,40±1,20	18,00±1,50	16,70±1,50	15,40±1,50
Массовая доля аммонийного азота, мг/100 г	ГОСТ 27894.3, п. 3	17,50±1,80	15,50±1,50	11,25±1,10	12,50±1,30
Массовая доля подвижных форм фосфора, мг/ 100 г	ГОСТ 2794.5, п. 3	245,00±73,00	7,00±1,40	1960,00±196,00	1960,00±196,00
Массовая доля подвижных форм калия, мг/ 100 г	ГОСТ 27894.6	775,00±43,00	988,00±43,00	1073,00±43,00	1058,00±43,00

В результате исследований установлено, что системное внесение исследуемых гуминовых удобрений способствует повышению продуктивности луга в 1,5–2 раза (табл. 2) за счёт существенной трансформации его растительного сообщества (табл. 3).

Таблица 2

**Продуктивность луговой растительности на сено при внесении гуминовых удобрений
(влажность 20 %), т/га**

Удобрение	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Контроль (вода)	0,386±0,002	0,734±0,036	0,756±0,078
Лигновит	0,624±0,031	0,906±0,045	0,897±0,036
Гумовит	0,578±0,028	1,350±0,054	0,982±0,049
Гумовит-NPK	1,030±0,030	2,249±0,062	1,574±0,069
Лигновит-КР	0,787±0,031	2,115±0,043	1,480±0,044

Заметное конкурентное преимущество получают низкорослые мезотрофы с широкой формой листа. Вследствие изменения условий существования происходит замещение осоковых видов злаковыми. Наряду с увеличением численности популяции злаковых прослеживается тенденция к росту численности бобовых вследствие их высокой отзывчивости на повышение в почвенном растворе подвижных форм фосфора и калия. Увеличение их концентрации происходит из-за раскисления почвы, трансформации агрофона из олиготрофного в мезотрофный (табл. 4–8). Изменения обусловлены щелочной реакцией среды вносимых рабочих растворов гуминовых удобрений (см. табл. 1).

Рост обилия пырея ползучего, мятлика лугового, тимофеевки луговой, клевера гибридного указывает на раскисление верхних почвенных горизонтов до слабокислой или нейтральной реакции среды (см. табл. 4–6). Однако сохранение незначительного присутствия в травостое таких растений, как лютик едкий и щавель кислый, свидетельствует о неполном раскислении и слабокислой реакции корнеобитаемых почвенных горизонтов луга.

Таблица 3

Изменение флористического разнообразия луговой растительности под действием гуминовых удобрений и скашивания за 2016–2018 гг., %

Вид	Контроль		Гумовит		Лигновит		Гумовит-NPK		Лигновит-КР	
	2016 г.	2018 г.	2016 г.	2018 г.	2016 г.	2018 г.	2016 г.	2018 г.	2016 г.	2018 г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Осоковые (Cyperaceae)</i>										
Осока двудомная (<i>Carex dioica</i>)	30	5	30	5	29	-	28	10	28	3
<i>Злаковые (Gramineae)</i>										
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i>)	5	24	4	15	2	10	4	25	4	25
Пырей ползучий (<i>Elytrigia repens</i>)	5	-	4	-	18	10	3	-	5	5
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>)	5	30	3	30	3	40	1	15	1	20
<i>Бобовые (Fabaceae)</i>										
Клевер гибридный (<i>Trifolium hybridum</i>)	8	5	10	30	10	10	10	10	10	10
Клевер белый (<i>Trifolium repens</i>)	2	15	4	1	3	3	5	2	5	5
Мышиный горошек (<i>Vicia cracca</i>)	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Лютиковые (Ranunculaceae)</i>										
Лютик многоцветковый (<i>Ranunculus polyanthemos</i>)	1	3	3	-	3	-	1	-	2	-
Лютик едкий (<i>Ranunculus acris</i>)	20	7	12	3	10	5	13	4	8	3
<i>Астровые (Asteraceae)</i>										
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>)	15	5	4	2	2	10	15	10	10	3
Тысячелистник азиатский (<i>Achillea asiatica</i>)	4	-	2	1	2	-	2	-	3	-

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нивяник обыкновенный (<i>Leucanthemum vulgare</i>)	-	-		1	1		-	-	3	3
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i>)	5	5	11	5	7	2	15	2	15	4
Сушеница болотная (<i>Gnaphalium uliginosum</i>)	-	-	-	-	1		-	-		
<i>Розовые (Rosaceae)</i>										
Лапчатка гусиная (<i>Potentilla anserina</i>)	-	-	-	-	2		2	5	1	5
<i>Яснотковые (Lamiaceae)</i>										
Черноголовка обыкновенная (<i>Prunella vulgaris</i>)	-	-	-	-	1	5	-		1	7
<i>Мареновые (Rubiaceae)</i>										
Подмаренник топяной (<i>Galium uliginosum</i>)	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Подорожниковые (Plantaginaceae)</i>										
Подорожник средний (<i>Plantago media</i>)	-	-	11	2	5		-	2	3	2
<i>Гречишные (Polygonaceae)</i>										
Щавель кислый (<i>Rumex acetosa</i>)	-	1	2	-	1		1	5	1	
<i>Гвоздичные (Caryophyllaceae)</i>										
Звездчатка злаковидная (<i>Stellaria graminea</i>)	-	-	-	5		5		-	-	-

Наряду с трансформацией осоково-разнотравного сообщества в злаково-бобовое-разнотравное отмечено существенное снижение доли ядовитых растений, таких как лютики. Подобные изменения повышают кормовую ценность наземной части луговой растительности для жвачных животных и согласуются с аналогичными исследованиями для таёжной зоны [15].

Наиболее эффективным является внесение сложных и комплексных гуминовых удобрений (Гумовит-NPK, Лигновит-КР). Это объясняется сложным характером их воздействия на биогеоценоз. Данная группа удобрений дает ауксиноподобное ростостимулирующее воздействие на растения, оказывает мелиоративный эффект раскисления почвы и выступает в качестве органоминерального удобрения, привнося дополнительное количество элементов минерального питания через листовой аппарат и корни растений. Большая отзывчивость злаковых и бобовых на комплексные и калийно-фосфорные подкормки на бедных подзолистых почвах обеспечивает наибольшую прибавку наземной биомассы. Интенсивное внесение комплексных и сложных жидких гуминовых удобрений позволяет повысить продуктивность суходольного естественного сенокоса до уровня средней региональной продуктивности суходольного сенокоса – 1,1–1,6 т/га [14]. Наибольший дефицит аммонийного азота в почвенном растворе делает наиболее эффективным применение удобрений в форме гумата калия (Гумовит и Гумовит-NPK). Все исследуемые гуминовые удобрения обладают эффектом последействия в течение следующего вегетационного периода (2019 г.), обеспечивая дополнительную прибавку наземной фитомассы на уровне 18–108 % к контролю.

Агромелиоративный эффект применения жидких гуминовых удобрений на естественном суходольном лугопастбищном угодье отображён в табл. 4–8. Анализ представленных данных позволяет резюмировать, что регулярное внесение водно-щелочных растворов гуминовых кислот приводит к замещению процесса оподзоливания почвы процессом гумусообразования. На это, в частности, указывает интенсивное накопление органического вещества почвы всеми почвенными горизонтами, включая подзолистый. Поскольку органически связанный азот напрямую обусловлен массовой долей органического вещества почвы, почвенные горизонты в сопоставимых долях с органическим веществом накапливают аммонийный азот.

Таблица 4

Агрохимическая характеристика горизонта почвы A₀

Показатель	Контроль			Гумовит			Лигновит			Гумовит-NPK			Лигновит-KP		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Органическое вещество, %	7,40± 0,74	5,91± 0,59	8,50± 0,26	4,15± 0,62	4,18± 0,63	12,81± 0,38	5,40± 0,12	5,50± 0,55	9,20± 0,28	0,99± 0,20	4,91± 0,74	11,14± 0,33	5,35± 0,13	5,64± 0,56	12,40± 0,37
pH _{сол}	5,72± 0,10	5,74± 0,10	5,59± 0,10	4,00± 0,10	5,33± 0,10	5,54± 0,10	4,79± 0,10	5,51± 0,10	4,70± 0,10	5,12± 0,10	6,00± 0,10	5,59± 0,10	5,87± 0,10	5,62± 0,10	5,68± 0,10
pH _{водн}	6,38± 0,10	6,50± 0,10	6,98± 0,10	6,38± 0,10	6,65± 0,10	6,06± 0,10	5,62± 0,10	6,70± 0,10	5,8± 0,10	7,03± 0,10	6,57± 0,10	6,23± 0,10	6,02± 0,10	6,84± 0,10	6,3± 0,10
Азот аммонийный, мг/кг	15,30± 1,53	31,0± 2,30	<5	13,77± 1,38	17,0± 1,70	<5	<5	20,1± 2,00	<5	29,07± 2,91	26,2± 2,60	<5	<5	17,6± 1,80	<5
Подвижные соединения фосфора, мг/кг	373,17± 111,95	123,41± 24,68	296,15± 59,23	46,83± 14,05	143,90± 28,78	387,69± 77,54	42,93± 12,88	150,24± 30,05	285,38± 7,08	85,85± 25,76	262,93± 52,59	511,54± 102,31	63,93± 12,88	242,93± 48,59	549,23± 109,85
Калий (водной вытяжки), мг/кг	17,34± 6,94	72,94± 29,18	-	20,30± 8,12	62,17± 24,87	-	11,93± 4,77	61,98± 24,79	-	15,26± 6,10	180,4± 72,16	-	35,73± 3,27	64,57± 25,83	-
Натрий (водной вытяжки), мг/кг	4,28± 1,71	8,49± 3,40	-	6,69± 2,68	11,16± 4,46	-	5,13± 2,05	10,18± 4,07	-	5,34± 2,14	15,04± 6,02	-	18,13± 2,05	12,67± 5,07	-

Примечание. Здесь и далее: I – май 2017 г.; II – сентябрь 2017 г.; III – октябрь 2018 г.

Таблица 5

Агрохимическая характеристика горизонта почвы A₁A₂

Показатель	Контроль			Гумовит			Лигновит			Гумовит-NPK			Лигновит-KP		
	I	II	III	I	II	III									
Органическое вещество, %	0,96± 0,19	3,41± 0,51	3,42± 0,51	2,57± 0,53	2,50± 0,50	5,21± 0,52	1,21± 0,21	1,45± 0,29	5,96± 0,60	1,65± 0,33	3,91± 0,59	7,12± 0,71	1,35± 0,21	2,95± 0,59	4,17± 0,63
pH _{сол}	5,28± 0,10	5,11± 0,10	4,09± 0,10	5,09± 0,10	4,64± 0,10	4,06± 0,10	5,31± 0,10	5,22± 0,10	3,85± 0,10	4,28± 0,10	4,99± 0,10	4,62± 0,10	5,12± 0,10	5,03± 0,10	4,12± 0,10
pH _{водн}	7,02± 0,10	6,84± 0,10	5,61± 0,10	6,88± 0,10	6,97± 0,10	5,84± 0,10	6,32± 0,10	7,09± 0,10	5,8± 0,10	6,72± 0,10	6,67± 0,10	6,00± 0,10	6,43± 0,10	7,21± 0,10	5,69± 0,10
Азот аммонийный, мг/кг	<5	18,8± 1,9	<5	<5	<5	<5	<5	5,2± 0,8	<5	<5	8,2± 1,2	<5	<5	<5	<5
Подвижные соединения фосфора, мг/кг	41,95± 12,59	106,34± 21,27	72,59± 14,52	47,62± 12,05	113,66± 22,73	71,56± 14,31	47,95± 17,00	138,05± 27,61	82,44± 16,49	44,39± 13,32	128,78± 25,76	146,74± 29,35	37,55± 10,30	104,39± 20,88	149,33± 29,87
Калий (водной вытяжки), мг/кг	3,29± 1,32	16,1± 6,44	-	3,44± 1,38	10,11± 4,04	-	7,4± 1,12	7,78± 3,11	-	5,67± 2,27	5,55± 2,22	-	6,30± 1,22	9,63± 3,85	-
Натрий (водной вытяжки), мг/кг	3,56± 1,42	5,98± 2,39	-	6,38± 3,35	6,15± 2,46	-	4,30± 1,32	8,87± 3,55	-	5,70± 2,28	15,72± 6,29	-	5,58± 1,12	8,40± 3,36	-

Таблица 6

Агрохимическая характеристика горизонта почвы А₂

Показатель	Контроль			Гумовит			Лигновит			Гумовит-NPK			Лигновит-KP		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Органическое вещество, %	1,94± 0,39	2,23± 0,45	2,86± 0,57	1,78± 0,36	1,82± 0,16	3,58± 0,54	0,94± 0,09	0,77± 0,15	4,37± 0,66	0,83± 0,36	0,82± 0,16	6,24± 0,62	1,04± 0,19	0,77± 0,15	5,17± 0,52
pH _{сол}	5,38± 0,10	4,29± 0,10	3,98± 0,10	4,15± 0,10	5,60± 0,10	4,22± 0,10	5,00± 0,10	4,48± 0,10	4,00± 0,10	5,27± 0,20	5,60± 0,10	4,79± 0,10	5,40± 0,10	4,17± 0,10	4,98± 0,10
pH _{водн}	6,71± 0,10	6,93± 0,10	5,83± 0,10	6,37± 0,10	6,85± 0,10	6,10± 0,10	6,12± 0,10	7,04± 0,10	5,99± 0,10	6,68± 0,10	7,05± 0,10	6,37± 0,10	6,80± 0,10	7,26± 0,10	6,15± 0,10
Азот аммонийный, мг/кг	<5	<5	<5	<5	7,0± 1,1	<5	<5	<5	<5	<5	5,6± 0,8	<5	<5	<5	<5
Подвижные соединения фосфора, мг/кг	32,20± 9,66	148,78± 29,76	70,00± 14,00	36,59± 10,98	98,54± 19,71	74,67± 14,93	33,20± 7,00	45,37± 9,07	35,26± 7,05	42,21± 8,44	62,44± 12,49	76,22± 15,24	41,20± 8,71	97,56± 19,51	90,74± 18,15
Калий (водной вытяжки), мг/кг	4,52± 1,81	4,10± 1,64	-	2,22± 0,89	4,44± 1,78	-	5,58± 2,30	3,51± 1,40	-	3,52± 1,61	3,82± 1,53	-	6,52± 1,31	6,15± 2,46	-
Натрий (водной вытяжки), мг/кг	6,55± 2,62	5,92± 2,37	-	7,21± 2,88	8,05± 3,22	-	7,00± 1,22	11,13± 4,45	-	5,69± 2,62	14,35± 5,74	-	6,65± 1,32	8,34± 3,34	-

Таблица 7

Агрохимическая характеристика горизонта почвы В₁

Показатель	Контроль			Гумовит			Лигновит			Гумовит-NPK			Лигновит-KP		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Органическое вещество, %	1,25± 0,25	2,95± 0,59	3,70± 0,55	1,01± 0,20	0,95± 0,19	6,28± 0,63	0,25± 0,25	0,23± 0,05	2,15± 0,43	0,98± 0,22	0,68± 0,14	8,55± 0,85	0,71± 0,15	0,59± 0,12	2,54± 0,51
pH _{сол}	4,60± 0,1	4,25± 0,1	4,19± 0,1	4,14± 0,1	5,31± 0,1	4,06± 0,1	3,90± 0,1	3,88± 0,1	3,72± 0,1	4,58± 0,1	5,27± 0,1	4,25± 0,1	4,30± 0,1	3,99± 0,1	4,86± 0,1
pH _{водн}	7,06± 0,1	7,38± 0,1	5,99± 0,1	6,31± 0,1	7,40± 0,1	5,99± 0,1	6,96± 0,1	7,19± 0,1	5,68± 0,1	6,98± 0,1	7,10± 0,1	6,08± 0,1	7,03± 0,1	7,19± 0,1	6,34± 0,1
Азот аммонийный, мг/кг	<5	7,9± 1,2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Подвижные соединения фосфора, мг/кг	92,20± 27,66	114,63± 22,93	50,30± 10,06	36,10± 10,83	102,93± 20,59	53,41± 10,68	27,20± 17,36	<25	<25	79,20± 27,66	82,44± 16,49	76,74± 15,35	97,20± 31,56	191,22± 38,24	59,63± 11,93
Калий (водной вытяжки), мг/кг	6,78± 2,71	2,31± 0,92	-	2,23± 0,89	3,64± 1,46	-	6,66± 3,21	1,43± 0,57	-	7,02± 2,71	3,09± 1,24	-	4,78± 1,72	4,94± 1,98	-
Натрий (водной вытяжки), мг/кг	15,43± 6,17	5,64± 2,26	-	9,36± 3,74	7,92± 3,17	-	5,21± 2,19	6,38± 2,55	-	16,32± 5,14	13,87± 5,55	-	13,23± 3,76	7,60± 3,04	-

Агрохимическая характеристика горизонта почвы В₂

Показатель	Контроль		Гумовит		Лигновит		Гумовит-NPK		Лигновит-КР	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Органическое вещество, %	1,85±0,37	4,10±0,61	2,03±0,37	3,98±0,6	1,55±0,41	2,19±0,44	2,15±0,23	4,45±0,67	1,76±0,43	6,88±0,69
pH _{сол}	4,90±0,10	3,99±0,10	4,93±0,10	3,46±0,10	3,43±0,10	3,47±0,10	4,70±0,10	3,71±0,10	4,83±0,10	5,21±0,10
pH _{водн}	6,54±0,10	6,05±0,10	6,51±0,10	5,57±0,10	5,32±0,10	5,47±0,10	5,56±0,10	5,77±0,10	6,34±0,10	6,72±0,10
Азот аммонийный, мг/кг	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Подвижные соединения фосфора, мг/кг	113,17± 33,95	41,48± 8,30	114,18± 31,95	53,93± 10,79	27,18± 26,00	30,07± 6,01	65,16± 23,75	73,11± 14,62	52,30± 20,12	75,70± 15,14

В первый год внесения удобрений основные изменения обусловлены мелиоративным эффектом раскисления почвы и сопряжённым с этим перераспределением органического вещества почвы. Поскольку часть элементов минерального питания химически или сорбционно связана с органическим веществом, то миграция гуминовых кислот по почвенным горизонтам приводит также и к перераспределению элементов минерального питания растений. Так, удерживаемые хемосорбционно элементы минерального питания из горизонта А₀ (см. табл. 4) мигрируют в составе гуминовых кислот, а также в свободном виде в более глубокие почвенные горизонты вследствие их последовательного раскисления. Происходит накопление органического вещества в элювиальном А₂ (см. табл. 6) и иллювиальном горизонте (см. табл. 7, 8).

В последующие периоды более интенсивное накопление органического вещества почвенными горизонтами происходит как за счёт внесения гуматов, так и за счёт гумификации растительных остатков, более интенсивно образующихся вследствие лучшей обеспеченности подвижными элементами минерального питания растений, ростостимулирующего действия самих гуматов [5–9]. Так, например, заметная часть фосфора переходит из валовых форм в подвижную. Дополнительное внесение фосфора и калия в составе сложного и комплексного удобрений усиливает процесс накопления фосфора в подвижной форме, что существенно повышает продуктивность луговой растительности.

Исходя из характера распределения органического вещества и изменения кислотности-основности свойств очевиден факт накопления фульвокислот в иллювиальном почвенном горизонте, что повышает кислотность почвенного раствора горизонта (см. табл. 7, 8).

Таким образом, продуктивность сенокоса детерминирована обеспеченностью агрофона элементами минерального питания в доступных для усвоения формах. Исследуемые удобрения сочетают в себе свойства химического мелиоранта кислых лесных почв и жидких гуминовых удобрений. Мелиоративная трансформация почвы от олиготрофной к мезотрофной приводит к резкому изменению флористического разнообразия, что существенно улучшает продуктивность и кормовую ценность наземной фитомассы естественных лугопастбищных угодий в подзоне средней тайги.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Регулярное пятикратное внесение жидких гуминовых удобрений по вегетирующей фитомассе луга с концентрацией гуминовой кислоты $5 \cdot 10^{-3} \%$ (масс.) и расходом рабочего раствора 2 л/м² увеличивает продуктивность луга в качестве сенокоса в 1,5–2 раза, повышает кормовую ценность сена за счёт увеличения доли злаковых и бобовых растений в травостое, а также уровень плодородия почвы.

2. Применение жидких гуминовых удобрений как комплексного азотно-фосфорно-калийного органоминерального удобрения является наиболее эффективным способом повышения продуктивности лугопастбищных угодий. Наибольший агро-мелиоративный эффект на биогеоценоз оказывают простые жидкие гуминовые удобрения, содержащие действующее вещество в виде водно-аммиачного раствора гумата аммония.

3. Систематическое применение жидких гуминовых удобрений, полученных механохимическим способом, позволяет за трехлетний период существенно повысить уровень плодородия почвы лугопастбищного угодья таёжной зоны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заров Е. А., Дудкин Д. В. Агроклиматические ресурсы Нижневартовского района ХМАО – Югры // Вестник Югорского государственного университета. – 2016. – № 3 (42). – С. 37–43.
2. Кирдей Т. А. Фитопротекторная роль гумата при комплексном действии засоления и высоких концентраций свинца // Научная жизнь. – 2016. – № 3. – С. 169–177.
3. Мисников О. С., Тимофеев А. Е., Гамаюнов С. Н. Разработка технологии производства гумусового мелиоранта почв на основе механохимической активации наноструктур торфа // Инновационные технологии использования торфа в сельском хозяйстве: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – М.: Россельхозакадемия. ГНУ ВНИИОУ, 2010. – С. 237–246.
4. Тимофеев А. Е., Мисников О. С., Гамаюнов С. Н. Инновационное средство на основе торфа для технологии рекультивации песчаных почв // Тверской государственный технический университет – опорный региональный ВУЗ в подготовке инженерных кадров: сб. тез. докл. внутривуз. науч.-практ. конф. преподавателей и сотрудников Твер. гос. техн. ун-та. – 2015. – С. 118–120.
5. Дудкин Д. В., Бояндина Т. Е. Практика применения гуминового препарата «Гумовит» в качестве стимулятора корнеобразования при размножении вишни степной // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1 (50). – С. 20–30.
6. Дудкин Д. В., Змановская А. С., Литвинцев П. А. Влияние продуктов искусственной гумификации на рост и урожайность озимой пшеницы, возделываемой в условиях лесостепной зоны Алтайского края // Вестник Югорского государственного университета. – 2013. – № 3 (30). – С. 19–24.
7. Дудкин Д. В., Кашнова Е. В. Практика применения искусственно полученных гуминовых кислот на овощных культурах в условиях Алтайского Приобья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (56). – С. 28–31.
8. Дудкин Д. В., Литвинцев П. А. Влияние продуктов искусственной гумификации на рост и урожайность яровой пшеницы, возделываемой в условиях лесостепной зоны Алтайского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 6 (44). – С. 47–50.
9. Оценка эффективности жидких гуминовых удобрений как почвенных мелиорантов и стимуляторов роста на подзолистой целинной почве средней тайги Западной Сибири [электрон. ресурс] / Д. В. Дудкин [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st_137.doc.
10. Дудкин Д. В., Федяева И. М. Малоотходная технология получения растворов гуминовых веществ из торфа различного ботанического состава и степени разложения // Химия растительного сырья. – 2018. – № 2. – С. 175–182. – DOI: <http://dx.doi.org/10.14258/jcprm.2018023356>.
11. Дудкин Д. В., Федяева И. М. Механохимическая технология переработки коры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в жидкое гуминовое удобрение [электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/2/st_255.doc.
12. Способ гумификации растительных материалов: пат. 2442763 Рос. Федерация. № 2010122182/13 / Дудкин Д. В., Евстратова Д. А.; заявл. 31.05.2010; опубл. 20.02.2012, Бюл. № 5.

13. *Способ* гумификации растительного сырья: пат. 2581531 Рос. Федерация. № 2014125651/13 / Дудкин Д. В., Федяева И. М.; заявл. 24.06.2014; опубл. 20.04.2016, Бюл. № 11.

14. *Способ* получения сложных жидких гуминовых удобрений из торфа: пат. 2686807 Рос. Федерация. № 2017143064 / Дудкин Д. В., Федяева И. М., Пименова А. А.; заявл. 08.12.2017; опубл. 30.04.2019, Бюл. № 13.

15. *Сажин Г. И.* Сенокосы и пастбища Вологодской области их улучшение и использование: монография. – Вологда: Красный Север, 1941. – 88 с.

REFERENCES

1. Zarov E.A., Dudkin D.V. Agroklimaticheskie resursy Nizhnevartovskogo rajona HMAO – YUgry // Vestnik YUgorskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 3 (42). – S. 37–43.

2. Kirdej T.A. Fitoprotekornaya rol» gumata pri kompleksnom dejstvii zasoleniya i vysokih koncentracij svinca // Nauchnaya zhizn». – 2016. – № 3. – S. 169–177.

3. Misnikov O.S., Timofeev A.E., Gamayunov S.N. Razrabotka tekhnologii proizvodstva gumusovogo melioranta pochv na osnove mekhanohimicheskoy aktivacii nanostruktur torfa // Innovacionnye tekhnologii ispol'zovaniya torfa v sel'skom hozyajstve: sb. dokl. Mezhdunar. nauch. – prakt. konf. – M.: Rossel'hozakademiya. GNU VNIIOU, 2010. – С. 237–246.

4. Timofeev A.E., Misnikov O.S., Gamayunov S.N. Innovacionnoe sredstvo na osnove torfa dlya tekhnologii rekul'tivacii peschanyh pochv // Tverskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet – opornyj regional'nyj VUZ v podgotovke inzhenernyh kadrov: sb. tez. dokl. vnutrivuz. nauch. – prakt. konf. prepodavatelej i sotrudnikov Tver. gos. tekhn. un-ta. – 2015. – S. 118–120.

5. Dudkin D.V., Boyandina T.E. Praktika primeneniya guminovogo preparata «Gumovit» v kachestve stimulyatora korneobrazovaniya pri razmnozhenii vishni stepnoj // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. – № 1 (50). – S. 20–30.

6. Dudkin D.V., Zmanovskaya A.S., Litvincev P.A. Vliyanie produktov iskusstvennoj gumifikacii na rost i urozhajnost» ozimoy pshenicy, vzdelyvaemoj v usloviyah lesostepnoj zony Altajskogo kraja // Vestnik YUgorskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 3 (30). – S. 19–24.

7. Dudkin D.V., Kashnova E.V. Praktika primeneniya iskusstvenno poluchennyh guminovyh kislot na ovoshchnyh kul'turah v usloviyah Altajskogo Priob'ya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 6 (56). – S. 28–31.

8. Dudkin D.V., Litvincev P.A. Vliyanie produktov iskusstvennoj gumifikacii na rost i urozhajnost» yarovoj pshenicy, vzdelyvaemoj v usloviyah lesostepnoj zony Altajskogo kraja // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 6 (44). – S. 47–50.

9. Ocenka effektivnosti zhidkih guminovyh udobrenij kak pochvennyh meliorantov i stimulyatorov rosta na podzolistoj celinnoj pochve srednej tajgi Zapadnoj Sibiri [elektron. resurs] / D.V. Dudkin [i dr.] // AgroEkoInfo. – 2018. – № 1. – Rezhim dostupa: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st_137.doc.

10. Dudkin D.V., Fedyaeva I.M. Maloothodnaya tekhnologiya polucheniya rastvorov guminovyh veshchestv iz torfa razlichnogo botanicheskogo sostava i stepeni razlozheniya // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – 2018. – № 2. – S. 175–182. – DOI: <http://dx.doi.org/10.14258/jcprm.2018023356>.

11. Dudkin D.V., Fedyaeva I.M. Mekhanohimicheskaya tekhnologiya pererabotki kory sosny obyknovenoj (Pinus sylvestris) v zhidkoe guminovoe udobrenie [elektron. resurs] // AgroEkoInfo. – 2018. – № 2. – Rezhim dostupa: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/2/st_255.doc.

12. Sposob gumifikacii rastitel'nyh materialov: pat. 2442763 Ros. Federaciya. № 2010122182/13 / Dudkin D. V., Evstratova D. A.; zayavl. 31.05.2010; opubl. 20.02.2012, Byul. № 5.
13. Sposob gumifikacii rastitel'nogo syr'ya: pat. 2581531 Ros. Federaciya. № 2014125651/13 / Dudkin D. V., Fedyaeva I. M.; zayavl. 24.06.2014; opubl. 20.04.2016, Byul. № 11.
14. Sposob polucheniya slozhnyh zhidkih guminovyh udobrenij iz torfa: pat. 2686807 Ros. Federaciya. № 2017143064 / Dudkin D. V., Fedyaeva I. M., Pimenova A. A.; zayavl. 08.12.2017; opubl. 30.04.2019, Byul. № 13.
15. Sazhinov G. I. Senokosy i pastbishcha Vologodskoj oblasti ih uluchshenie i ispol'zovanie: monografiya. – Vologda: Krasnyj Sever, 1941. – 88 s.