

---

---

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

---

---

Плодородие почв

УДК 631.6:631.417.2:631.465:631.445.152

## ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАНТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ И ЗАПАСЫ ГУМУСА, ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ АГРОТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОДБЕЛОВ ПРИМОРЬЯ<sup>§</sup>

© 2025 г. Л. Н. Пуртова<sup>1</sup>, Я. О. Тимофеева<sup>1,\*</sup>, Н. Л. Ключкова<sup>2</sup>, А. Н. Емельянов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН  
690022 Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159, Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки  
692539 Уссурийск, п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30, Россия

\*E-mail: timofeeva@biosoil.ru

Исследовали влияние посевов однолетних и многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами (однолетние культуры — овес (контроль), овес + вика, овес + горох, овес + бобы, многолетние культуры — тимopheевка (контроль), тимopheевка + клевер, тимopheевка + люцерна, тимopheевка + клевер + люцерна) на основные физико-химические и биологические показатели почв. На основе оценки изученных показателей установлены основные тенденции к изменению процессов формирования и накопления гумуса и биологической активности почв при использовании различных фитомелиорантов. Отмечена общая закономерность постепенного возрастания содержания и запасов гумуса в почвах во всех исследованных вариантах опыта, которая была наиболее выражена в почвах посевов многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами. Активизация процессов формирования и накопления гумуса в пахотном горизонте при использовании всех изученных фитомелиорантов способствовала увеличению каталазной активности и изменению обогащенности почв каталазой от бедной до средней. Отмеченные различия в параметрах продуцирования CO<sub>2</sub> в почвах различных вариантов опыта определяли как складывающиеся гидротермические условия, так и уровень содержания и запасов гумуса и, соответственно, стабилизация гумусовой системы почв. Впервые для региона проведения исследования установлен состав травосмесей однолетних и многолетних трав с бобовыми культурами (овес + вика, тимopheевка + клевер, тимopheевка + люцерна + клевер), оказавших наиболее позитивное влияние на плодородие агротемногумусовых подбелов региона.

**Ключевые слова:** фитомелиорация, гумус, каталазная активность, продуцирование CO<sub>2</sub>, агротемногумусовый подбел, Приморье.

**DOI:**

### ВВЕДЕНИЕ

Фитомелиоративные приемы повышения уровня плодородия почвы широко используют на территории РФ и за ее пределами. Основой фитомелиорации является использование природного потенциала растений, что способствует эффективному улучшению качества почв сельскохозяйственных угодий малозатратным способом [1–3]. Результатами многочисленных исследований доказано позитивное влияние фитомелиорации на показатели плодородия почв в результате улучшения структурно-агрегатного

состояния, физических и химических параметров почв, снижения скорости развития эрозионных процессов [4–10]. Эффективность использования фитомелиорации на различных типах почв отмечена рядом исследователей для большинства регионов РФ и смежных республик [2, 11–14], тем более что фитомелиорация относится к одному из способов получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Среди широкого спектра фитомелиорантов наиболее эффективными являются сеносеменные смеси на основе бобовых и злаковых трав, что обосновано их высокой средо- и почвоулучшающей способностью [2, 6, 11]. Исследованиями ряда авторов отмечено позитивное влияние посевов трав и их травосмесей с бобовыми культурами на улучшение

---

<sup>§</sup> Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 124012400285-7).

показателей гумусного состояния широкого спектра почв [2, 12–15].

Изучение эффективности использования однолетних и многолетних трав с высокой продуктивностью биомассы на почвах буроземного ряда в агроландшафтах Приморского края позволило установить улучшение фитосанитарного состояния пахотных почв и аргументировать возможность применения таких фитомелиорантов для восстановления плодородия почв, длительное время используемых в рисосеянии (агрообраземов) [3, 16]. Однако применение фитомелиоративных приемов в агрофитоценозах на территории Приморского края до настоящего времени остается недостаточно развитым. Одной из возможных причин ограничения использования фитомелиорации является недостаточное количество достоверных результатов исследований и научно-доказательной базы в отношении эффективности использования фитомелиорантов для повышения продуктивности и устойчивости агроэкосистем с учетом специфики основных почвообразующих процессов и особенностей климатических условий территории.

Наряду с установленным влиянием посевов трав на направленность процессов трансформации органического вещества, увеличение содержания и запасов гумуса, активизацию почвенной микрофлоры необходимо учитывать воздействие фитомелиорации на продуцирование  $\text{CO}_2$  как одного из важнейших показателей интенсивности продукционных и деструкционных процессов в почвах агрофитоценозов.

В связи с этим весьма актуальным является проведение исследований, направленных на изучение влияния посевов однолетних и многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами на процесс гумусообразования и его взаимосвязи с показателями биологической активности в агротемногумусовых подбелах, широко используемых в земледелии Приморского края.

Цель работы – изучение влияния различных фитомелиорантов на процессы гумусообразования, ферментативную активность и продуцирование  $\text{CO}_2$  в агротемногумусовых подбелах Приморья.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на территории Приморского края в центральной части долины р. Раздольная (пос. Тимирязевский, Уссурийского р-на Приморского края), входящей в область Приморской юго-западной гидротермической провинции [17]. Исследование проводили в период 2023–2024 гг. В течение вегетационного периода 2023 г. сумма активных температур составила  $2863^\circ\text{C}$ , сумма осадков – 833.5 мм, величина ГТК составила 2.91 и его оценивали как избыточно-влажные условия. Агроклиматические условия вегетационного периода 2024 г.

характеризовались существенными различиями в распределении осадков и варьировании температурного режима: сумма активных температур составила  $2939^\circ\text{C}$ , сумма осадков – 575.1 мм, ГТК – 1.9 (влажные условия).

Объектом исследования были опытные образцы агротемногумусового подбела глееватого (Luvic Albic Stagnosol (Loamic, Aric)) отобранного из верхнего, пахотного горизонта профиля (PU), имевшего мощность 22–25 см. Названия почв приведены согласно классификации и диагностики почв России и World Reference Base for Soil Resources [18, 19]. Отбор почвенных образцов осуществляли на глубину пахотного слоя согласно рекомендациям ГОСТ Р 58595-2019 [20].

Образцы почвы отбирали в микроделяночных полевых опытах с посевом многолетних и однолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами (опытные поля стационара ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки). Опыты закладывали на делянках площадью  $3 \text{ м}^2$ , в четырехкратной повторности. Схема закладки микроделяночных полевых опытов, варианты с однолетними культурами: 1 – овес (контроль), 2 – овес + вика, 3 – овес + горох, 4 – овес + бобы; варианты с многолетними культурами: 5 – тимофеевка (контроль), 6 – тимофеевка + клевер, 7 – тимофеевка + люцерна, 8 – тимофеевка + клевер + люцерна. В опытах были использованы следующие культуры: овес (*Avena sativa* L.) сорта Покров 2, вика яровая (*Vicia sativa* L.) сорта Луговская 85, горох посевной (*Lathyrus oleraceus* L.) сорта Кумир, кормовые бобы (*Vicia gaba* L.) сорта Сибирские кормовые, тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) сорта Приморская местная, клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) сорта Командор, люцерна изменчивая (*Medicago sativa* L.) сорта Находка. Фенологические наблюдения проводили согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [21].

Определение физико-химических и биологических параметров почв проводили общепринятыми в почвоведении и агрохимии методами, определяли: реакцию среды почвенного раствора ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) – потенциометрическим методом на pH-метре HI 2215 (HANNA), содержание  $\text{C}_{\text{общ}}$  – методом мокрого сжигания дихроматом калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) по Тюрину, содержание подвижных соединений фосфора и калия – методом Кирсанова согласно рекомендациям ГОСТ Р 54650-2011, плотность сложения почв – весовым методом, ферментативную (каталазную) активность – газометрическим методом по Галстяну, продуцирование  $\text{CO}_2$  в условиях *in exp.* – абсорбционным методом [22–26]. Запасы гумуса в пахотном горизонте исследованных почв, оценку содержания и запасов гумуса проводили в соответствии с рекомендациями и грациями, предложенными в работе [27].

Анализ каждого параметра в отдельном образце проводили в трехкратной аналитической повторности. Математическая обработка полученных результатов включала расчет среднего арифметического, величину стандартной ошибки среднего арифметического, корреляционный анализ и ее проводили по общепринятым методикам с применением программ Statistica и Microsoft Excel 2007. Уровень значимости полученных результатов ( $P$ ) не превышал 0.05. Оценка степени корреляционной связи проведена в соответствии с градацией, рекомендованной в работе [28].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пахотный горизонт (ПУ) исследованных почв до начала посева фитомелиорантов характеризовался слабокислой ( $pH_{H_2O}$  5.90 ед.) и кислой ( $pH_{KCl}$  4.75 ед.) реакцией среды почвенного раствора, содержание подвижных форм калия соответствовало высокому уровню содержания (26.1 мг/100 г почвы), подвижных форм фосфора — среднему уровню (3.31 мг/100 г почвы), содержание гумуса находилось в диапазоне ниже среднего (4.01%).

В течение 2-летнего периода ведения фитомелиоративного опыта реакция среды почвенного раствора существенно не изменилась и оставалась в диапазоне слабокислой по величине  $pH_{H_2O}$  и кислой по величине  $pH_{KCl}$  (табл. 1).

Содержание подвижных форм калия также оставалось высоким. Однако отмечено снижение содержания подвижных форм калия (от 9.3 до 25.0%) в почвах пахотного горизонта большинства вариантов опыта по сравнению с величиной показателя до посева трав.

Содержание подвижных форм фосфора в почвах различных вариантов опыта, согласно региональным оценочным грациям, варьировало от низких (2.25 мг/100 г почвы) до повышенных (3.86 мг/100 г почвы) показателей. При этом для почв большинства вариантов опыта также отмечено снижение уровня содержания подвижных форм фосфора от 14.8 до 33.6%. Отличительной особенностью почв вариантов 2 (овес + вика) и 7 (тимopheевка + люцерна) являлось увеличение содержания подвижных форм калия (на 35.3 и 3.0% соответственно) и фосфора (на 17.0 и 8.8% соответственно) по сравнению с начальным уровнем содержания в почвах.

Увеличение содержания подвижных форм элементов питания растений в почвах указанных вариантов, вероятно, было обусловлено способностью отмеченных растительных сообществ к поглощению и удержанию значительных объемов ионов калия и фосфора симбиотическим сообществом микроорганизмов корневой системы данных видов растений, что подтверждено результатами работ ряда авторов [29, 30]. В целом по величине содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотном горизонте изученных агрономогумусовых подбелов в вариантах с посевами однолетних культур установлен следующий убывающий ряд: овес + вика > овес + горох > овес (контроль) > овес + бобы. Это указывало на схожее влияние выращиваемых культур на изменение уровня содержания подвижных форм отмеченных элементов питания в почвах. Для почв вариантов с посевами многолетних трав убывающий ряд по содержанию подвижных форм фосфора и калия отличался только 2-мя вариантами (5 — тимopheевка (контроль) и 8 — (тимopheевка + клевер + люцерна) из 4-х исследованных, что могло

**Таблица 1.** Изменение агрохимических показателей пахотного горизонта агрономогумусовых подбелов в условиях фитомелиоративного опыта

Вариант	pH, ед.		Содержание подвижных форм элементов, мг/100 г почвы	
	$pH_{H_2O}$	$pH_{KCl}$	фосфора	калия
1. Овес (контроль)	$5.81 \pm 0.25$	$4.80 \pm 0.20$	$2.69 \pm 0.11$	$20.4 \pm 0.9$
2. Овес + вика	$5.83 \pm 0.26$	$4.83 \pm 0.22$	$3.86 \pm 0.17$	$35.3 \pm 1.5$
3. Овес + горох	$5.81 \pm 0.21$	$4.85 \pm 0.21$	$3.43 \pm 0.15$	$23.7 \pm 1.1$
4. Овес + бобы	$5.80 \pm 0.19$	$4.75 \pm 0.19$	$2.25 \pm 0.10$	$19.6 \pm 0.9$
5. Тимopheевка (контроль)	$5.97 \pm 0.25$	$4.97 \pm 0.21$	$2.19 \pm 0.10$	$22.3 \pm 1.1$
6. Тимopheевка + клевер	$5.88 \pm 0.23$	$4.89 \pm 0.19$	$2.81 \pm 0.12$	$23.1 \pm 1.1$
7. Тимopheевка + люцерна	$5.97 \pm 0.26$	$4.93 \pm 0.20$	$3.59 \pm 0.16$	$26.9 \pm 1.2$
8. Тимopheевка + люцерна + клевер	$5.86 \pm 0.21$	$4.84 \pm 0.15$	$2.45 \pm 0.12$	$22.1 \pm 1.1$

Примечания. 1. Указаны среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка среднего.

То же в табл. 2, 3. 2. Нумерация вариантов та же в табл. 2, 3.

быть результатом различного выноса подвижных форм элементов питания зеленой массой растений.

В условиях региона проведения исследования одним из факторов, существенно влияющих на процессы гумусообразования и ферментативную активность почв, является неравномерное выпадение осадков, вызывающее длительное переувлажнение почв летом и иссушение в осенне-зимний период [31]. Результаты исследования содержания гумуса в пахотном горизонте почв большинства вариантов с посевом однолетних культур и их травосмесей с бобовыми травами (1 – овес (контроль), 3 – овес + горох, 4 – овес + бобы) указывали на снижение показателя в первый год посева и на плавное возрастание содержания гумуса во 2-й год фитомелиоративного опыта (табл. 2).

Запасы гумуса в слое 0–20 см в почвах 3-х отмеченных вариантов оставались на низком уровне согласно оценочной градации Орлова [27]. В почвах варианта опыта 2 (овес + вика) отмечен обратный характер накопления гумуса: увеличение содержания в первый год посева и снижение содержания гумуса во 2-й год. Однако, несмотря на снижение содержания гумуса, во второй год ведения фитомелиоративного опыта в почвах установлено увеличение запаса гумуса с низких до средних показателей в результате увеличения плотности сложения почвы (с 0.91 (2023 г.) до 1.09 г/см<sup>3</sup> (2024 г.)).

По сравнению с почвами вариантов с посевом однолетних трав, в почвах вариантов с посевом многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами отмечены более высокие показатели содержания и запасов гумуса. Отмеченные изменения, вероятно, были результатом большего продуцирования органического вещества, поступающего в почву с корневыми остатками многолетних трав, которые в 3–5 раз превышали таковые, оставленные однолетними травами [32]. Несмотря на отмеченное увеличение, содержание гумуса в почвах данных вариантов оставалось в диапазоне ниже средних показателей. В целом в почвах вариантов 5 (тимофеевка (контроль)), 6 (тимофеевка + клевер) и 8 (тимофеевка + люцерна + клевер) содержание гумуса возрастало с увеличением длительности посева трав. Наиболее высокое содержание гумуса установлено в почвах варианта 8 (тимофеевка + люцерна + клевер). В почвах варианта 7 (тимофеевка + люцерна) также отмечено увеличение содержания гумуса в первый год ведения опыта и его снижение на 8.8% во 2-й год посева травосмеси, что во многом было связано с вымерзанием посевов люцерны в зимний период и более низкой биологической активностью почв, о чем свидетельствовало снижение параметров продуцирования CO<sub>2</sub>. Запасы гумуса в слое 0–20 см в почвах большинства вариантов с посевом многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами за двухлетний период ведения опыта увеличивались и соответствовали уровню средних показателей.

**Таблица 2.** Содержание и запасы гумуса, показатели биологической активности пахотного горизонта агроотменногумусовых подбелов в условиях фитомелиоративного опыта

Вариант	Гумус, %	Запасы гумуса в слое 0–20 см, т/га	$K_a$ , см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /г/ мин	Эмиссия CO <sub>2</sub> , г C–CO <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> /сут
1. Овес (контроль)	<u>3.65 ± 0.10*</u>	<u>73.0 ± 3.0</u>	<u>1.58 ± 0.04</u>	<u>1.96 ± 0.04</u>
	3.95 ± 0.12	79.0 ± 3.5	4.41 ± 0.18	1.39 ± 0.03
2. Овес + вика	<u>5.07 ± 0.18</u>	<u>92.2 ± 4.2</u>	<u>2.43 ± 0.10</u>	<u>2.68 ± 0.13</u>
	4.69 ± 0.15	102.2 ± 1.2	4.04 ± 0.15	1.43 ± 0.02
3. Овес + горох	<u>3.85 ± 0.13</u>	<u>72.0 ± 3.4</u>	<u>2.19 ± 0.11</u>	<u>2.19 ± 0.09</u>
	4.28 ± 0.17	94.2 ± 4.5	3.99 ± 0.13	1.39 ± 0.04
4. Овес + бобы	<u>3.85 ± 0.15</u>	<u>62.4 ± 3.1</u>	<u>2.41 ± 0.11</u>	<u>1.87 ± 0.07</u>
	4.14 ± 0.11	96.8 ± 4.5	3.40 ± 0.13	0.91 ± 0.01
5. Тимофеевка (контроль)	<u>4.13 ± 0.19</u>	<u>91.2 ± 3.4</u>	<u>3.47 ± 0.10</u>	<u>1.48 ± 0.04</u>
	4.29 ± 0.20	106.6 ± 4.9	3.88 ± 0.11	1.96 ± 0.06
6. Тимофеевка + клевер	<u>4.25 ± 0.10</u>	<u>113.0 ± 5.0</u>	<u>2.31 ± 0.09</u>	<u>1.95 ± 0.08</u>
	4.86 ± 0.22	127.0 ± 6.0	4.20 ± 0.19	2.25 ± 0.10
7. Тимофеевка + люцерна	<u>4.56 ± 0.20</u>	<u>109.0 ± 5.0</u>	<u>1.69 ± 0.07</u>	<u>2.49 ± 0.11</u>
	4.16 ± 0.15	99.2 ± 4.0	3.91 ± 0.16	1.53 ± 0.06
8. Тимофеевка + люцерна + клевер	<u>4.56 ± 0.21</u>	<u>112.0 ± 5.0</u>	<u>2.74 ± 0.13</u>	<u>2.49 ± 0.10</u>
	5.07 ± 0.23	115.0 ± 5.0	4.21 ± 0.16	1.29 ± 0.04

Примечания. 1. Над чертой – результаты, полученные в первый год фитомелиоративного опыта (2023 г.), под чертой – во 2-й год (2024 г.). 2.  $K_a$  – каталазная активность.



Сравнительный анализ величины обогащенности почв каталазой (*Ka*) указывал на более высокую величину показателя в почвах вариантов с посевом многолетних трав и их травосмесей с бобовым культурами в первый год опыта (2023 г.). Во 2-й год ведения опыта отмечена общая тенденция к увеличению уровня *Ka* в почвах всех исследованных вариантов, что было связано с отмеченной активизацией процесса гумусонакопления и увеличения запасов гумуса в пахотном горизонте. Установленная закономерность подтверждена более высокими показателями *Ka* в почвах вариантов с посевами фитомелиорантов, для которых была свойственна более высокая гумусированность пахотного горизонта (варианты 2 – овес + вика, 3 – овес + горох, 6 – тимофеевка + клевер, 8 – тимофеевка + клевер + люцерна), и статистически значимым тесным уровнем корреляционной связи между величиной *Ka* и содержанием гумуса ( $r = 0.81$ ). Согласно градации Звягинцева [25], за 2-летний период опыта обогащенность почв каталазой изменялась от бедной (2023 г.) до средней (2024 г.).

Еще одним из значимых показателей деятельности микрофлоры почв и продукционных и деструкционных процессов в ней является эмиссия  $CO_2$  [33]. В первый год ведения опыта значительной разницы между величиной продуцирования  $CO_2$  в почвах вариантов с посевами однолетних и многолетних культур не было выявлено (табл. 2). Однако во 2-й год опыта в почвах посевов однолетних трав установлена устойчивая тенденция к снижению эмиссии  $CO_2$ . Наиболее вероятной причиной отмеченной закономерности является переувлажнение почв опытного

участка, вызванное интенсивными ливневыми осадками летнего периода 2024 г., что обусловило затруднение газообмена в почвенной системе. Наиболее длительный период анаэробнобиозиса соответствовал значительному снижению эмиссии  $CO_2$  в почве варианта 4 (овес + бобы), что также было подтверждено морфометрическими параметрами почв участка. Более высокое продуцирование  $CO_2$  как в первый, так и во 2-й год опыта отмечено для почв вариантов 2 (овес + вика) и 3 (овес + горох), что во многом было связано с возникающими физиолого-биохимическими взаимодействиями через корневые выделения в результате активизации жизнедеятельности клубеньковых бактерий, усиливающих поступление биологического азота и тем самым стимулирующих развитие микрофлоры даже при стадийном переувлажнении почв [34]. В почвах вариантов с посевом многолетних культур и их травосмесей с бобовыми травами во 2-й год опыта убывание продуцирования  $CO_2$  зафиксировано только в 2-х вариантах: 7 (тимофеевка + люцерна) и 8 (тимофеевка + люцерна + клевер). Несмотря на обилие выпавших в 2024 г. осадков в почвах вариантов 5 (тимофеевка (контроль)) и 6 (тимофеевка + клевер) во 2-й год опыта установлено возрастание эмиссии  $CO_2$ . Почвы отмеченных вариантов характеризовались наиболее активным увеличением запаса гумуса и, соответственно, стабилизацией гумусовой системы. Это создавало благоприятные условия для функционирования микрофлоры и процессов трансформации органического вещества в условиях переменного переувлажнения. Менее контрастные изменения

**Таблица 3.** Результаты фенологических наблюдений за однолетними и многолетними культурами в условиях фитомелиоративного опыта (2024 г.)

Вариант	Высота растений, см	Урожайность зеленой массы, кг/м <sup>2</sup>	Урожайность сена, кг/м <sup>2</sup>
1. Овес (контроль)	78.4 ± 3.7	2.25	0.68
2. Овес + вика	82.0 ± 4.0 70.3 ± 3.3	3.96	0.89
3. Овес + горох	80.1 ± 3.9 67.2 ± 3.1	2.70	0.61
4. Овес + бобы	83.3 ± 4.2 78.4 ± 3.6	3.08	0.80
5. Тимофеевка (контроль)	90.4 ± 4.4	0.50	0.34
6. Тимофеевка + клевер	98.0 ± 4.7 67.6 ± 3.3	1.84	0.37
7. Тимофеевка + люцерна	86.8 ± 4.0 63.8 ± 3.2	0.55	0.22
8. Тимофеевка + клевер + люцерна	92.0 ± 4.5 62.1 ± 2.9	1.10	0.16
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	—	0.43	0.10

Примечание. Над чертой – злаковый компонент, под чертой – бобовый компонент.

в функционировании микрофлоры в почвах, сформированных в условиях муссонного климата, с более высоким содержанием и запасом гумуса были отмечены ранее [35, 36].

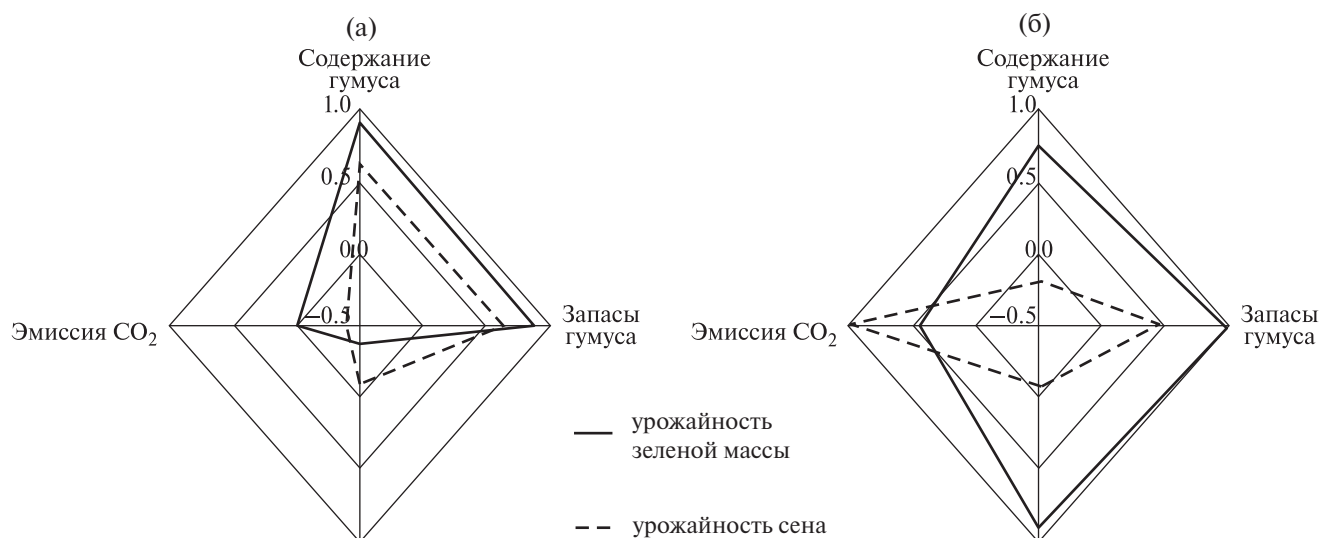
Результаты фенологических наблюдений указывали на большую урожайность зеленой массы и сена в посевах однолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами, что свидетельствовало о поступлении в почвы 4-х вариантов опыта большего количества легкоразлагаемого органического вещества (табл. 3).

Среди тестируемых фитомелиорантов наибольшая урожайность зеленой массы и сена отмечена в варианте 2 (овес + вика), что соответствовало отмеченным позитивным изменениям в процессах гумусоаккумуляции и обогащения пахотного слоя почв данного варианта доступными для питания растений формами калия и фосфора. Урожайность зеленой массы и сена в посевах многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами указывала на значительное снижение объема поступления массы органического вещества в почвы. Наибольшая урожайность зеленой массы и сена отмечена в варианте 6 (тимофеевка + клевер). Однако по сравнению с показателями урожайности варианта 2 (овес + вика) урожайность зеленой массы в варианте 6 (тимофеевка + клевер) была меньше на 53, урожайность сена – на 58%.

Использование люцерны в травосмеси с многолетними культурами сопровождалось снижением урожайности сена по сравнению с контрольным вариантом (тимофеевка (контроль)). Результаты отдельных исследований указывали на меньшую продуктивность люцерны в первые годы выращивания в связи с оттоком органического вещества на формирование мощной корневой системы [37].

На основе результатов корреляционного анализа установлен очень тесный и тесный уровень корреляционной связи между величиной содержания и запасов гумуса и урожайностью зеленой массы всех тестируемых культур (рис. 1).

Это подтвердило эффективность использования фитомелиорации на агротемногумусовых подбелах и указало на формирование легкодоступного для роста и развития растений комплекса органических соединений и благоприятного режима питания однолетних и многолетних растений. Схожий уровень взаимосвязи между содержанием гумуса и урожайностью сельскохозяйственных культур был отмечен в работе [38]. Кроме того, использование фитомелиорантов способствовало формированию пула лабильного гумуса, доступного для использования при выращивании сельскохозяйственных культур. Влияние изученных показателей биологической активности почв на урожайность однолетних и многолетних культур на основе корреляционного анализа существенно различалось. Очень тесный уровень корреляционной связи отмечен между урожайностью сена многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами и величиной эмиссии  $\text{CO}_2$ . Также очень тесный уровень корреляционной связи отмечен между величиной урожайности зеленой массы многолетних трав и уровнем  $\text{Ca}$ . Возможно, это было связано с большей биологической активностью почв за счет поступления органических остатков с корневой массой растений многолетних трав и последующей их минерализацией, при которых усиливалось продуцирование  $\text{CO}_2$  и его поступление в приземный слой воздуха, что в целом способствовало активизации процесса фотосинтеза



**Рис. 1.** Коэффициенты корреляции между содержанием гумуса, запасами гумуса, показателями биологической активности почв и величиной урожайности зеленой массы и сена в посевах однолетних (а) и многолетних (б) фитомелиоративных культур.

и в конечном итоге было фактором, определяющим урожайность. Также различия химического состава биомассы однолетних и многолетних трав и более высокое содержание сухого вещества в биомассе многолетних травянистых растений могли способствовать более интенсивной минерализации органического вещества [39].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гумусообразование в пахотных горизонтах агро-темногумусовых подбелов глееватых, используемых в фитомелиоративном опыте с посевами однолетних и многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами, происходило в условиях слабокислой ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) и кислой ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) реакции среды почвенного раствора. Выращивание фитомелиоративных культур сопровождалось снижением содержания в почвах подвижных форм калия и фосфора по сравнению с начальным уровнем их содержания. Исключением были почвы вариантов, на которых произрастали травосмеси овес + вика и тимофеевка + люцерна. Несмотря на уровень содержания гумуса, соответствующий градации “ниже среднего”, использование фитомелиорантов в течение 2-летнего периода сопровождалось постепенным возрастанием содержания и запасов гумуса. Отмеченная закономерность была более выражена в почвах вариантов с посевом многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами. Наиболее благоприятные условия для процесса гумусообразования складывались при посеве травосмеси тимофеевка + люцерна + клевер. Активизация процессов формирования и накопления гумуса в пахотном горизонте при использовании всех изученных фитомелиорантов способствовала увеличению уровня каталазной активности и изменению обогащенности почв каталазой от бедной до средней. В почвах большинства исследованных вариантов отмечено снижение величины продуцирования  $\text{CO}_2$  во 2-й год опыта, что являлось результатом их длительного переувлажнения в период прохождения летних муссонов. Исключением были почвы вариантов опыта с посевами многолетних трав (тимофеевка (контроль), тимофеевка + клевер), которые характеризовались более активным увеличением запаса гумуса, создающего благоприятные условия для процессов трансформации органического вещества микрофлорой.

Наибольшая урожайность зеленой массы и сена однолетних культур отмечена для травосмеси овес + вика, для многолетних культур — травосмеси тимофеевка + клевер. Наиболее явно взаимосвязь между изученными параметрами биологической активности почв и урожайности фитомелиорантов отмечена в посевах многолетних трав и их травосмесей с бобовыми культурами.

Для всех тестируемых фитомелиоративных культур основными параметрами, влияющими на урожайность зеленой массы, являлись содержание и запас гумуса. Это, с одной стороны, указывало на активное формирование в почвах лабильных органических соединений, легкодоступных для питания растений, с другой, на образование пула органического вещества, который в дальнейшем мог быть использован при производстве растениеводческой продукции.

Полученные результаты подтвердили эффективность использования фитомелиорации на агро-темногумусовых подбелах глееватых. Исходя из изменений изученных показателей (содержание гумуса, запасы гумуса, каталазная активность, эмиссия  $\text{CO}_2$ ), установлено, что наиболее позитивное влияние на состояние плодородия изученных почв оказывали травосмеси тимофеевка + клевер, тимофеевка + люцерна + клевер (многолетние культуры) и овес + вика (однолетние культуры).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суюндуков Я.Т., Миркин Б.М., Абдуллин М.Р., Хасанова Г.Р., Сальманова Э.Ф. Роль фитомелиорации в воспроизводстве плодородия черноземов Зауралья (Башкирия) // Почвоведение. 2007. № 10. С. 1217–1225.
2. Сагалбеков У.М., Сагалбеков Е.У., Кусанова М.Е. Агрофизические показатели черноземов обыкновенных под многолетними травами (Северный Казахстан) // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1234–1238.
3. Скалозуб О.М. Эффективность включения донника белого в состав многолетней травосмеси // Кормопроизводство. 2012. № 12. С. 7–8.
4. Евсеев В.В. Микробиологическая активность чернозема выщелоченного в зернопаровом и кормовом севооборотах лесостепной зоны Зауралья // Аграрн. вестн. Урала. 2005. № 1(25). С. 54–56.
5. Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Емельянов А.Н., Инишкова С.Н. Влияние фитомелиорации на гумусное состояние, микрофлору и оптико-энергетические показатели агрообразцов Приморья // Вестн. БГСХА им. В.Р. Филиппова. 2013. № 4(33). С. 41–46.
6. Пуртова Л.Н., Киселева И.В., Тимофеева Я.О., Емельянов А.Н., Тимошинов Р.В. Изменение содержания гумуса и биологической активности агро-темногумусовых подбелов при различных агротехнических приемах обработки почв // Изв. ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естеств. науки. 2022. № 3. С. 139–150.
7. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: МСХА, 2000. 474 с.
8. Зотиков В.И., Задорин А.Д. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем. Орел: Картуш, 2007. 197 с.



9. Завьялова Н.Е., Майсак Г.П., Казакова И.В., Иванова О.В. Фотосинтетическая и углерод-секвестрирующая способность левзеи сафлоровидной и накопление органического углерода в дерново-подзолистой почве // *Агрохимия*. 2024. № 7. С. 48–56.
10. Ithori T., Burke I.C., Lauenroth W.K., Coffin D.P. Effects of cultivation and abandonment of soil on soil organic matter in Northeastern Colorado // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1995. V. 59(4). P. 1112–1119.
11. Суюндуков Я.Т., Хасанова Р.Ф., Сальманова Э.Ф. Фитомелиоративный способ восстановления свойств почв степных экосистем // *Вестн. ОГУ*. 2014. № 6(167). С. 144–147.
12. Курсакова В.С. Влияние многолетних трав на физические свойства засоленных почв // *Почвоведение*. 2006. № 7. С. 836–841.
13. Рублюк М.В., Иванов Д.А., Пак Л.Н. Мониторинг плодородия дерново-подзолистой почвы при возделывании многолетних трав в осушаемом агроландшафте // *Плодородие*. 2024. № 4(139). С. 42–45.
14. Гребенников А.М. Влияние сидеральных бинарных смесей с участием подсолнечника на качество и плодородие типичных черноземов // *Агрохимия*. 2024. № 5. С. 13–20.
15. Пуртова Л.Н., Киселева И.В., Шапова Л.Н. Влияние фитомелиорации на процессы гумусоаккумуляции и микрофлору агрогенных почв Приморья. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2021. 109 с.
16. Иншакова С.Н., Емельянов А.Н. Использование фитомелиорантов в земледелии Приморского края. Уссурийск: Приморская ГСХА, 2016. 125 с.
17. Степанько А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. Владивосток: РИО ДВО РАН, 1992. 115 с.
18. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
19. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome: FAO, 2015.
20. ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. М.: Стандартинформ, 6 с.
21. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: РАСХН, 1997. 156 с.
22. Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, 1966. 256 с.
23. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
24. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 7 с.
25. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 303 с.
26. Шарков И.Н. Сравнительная характеристика двух модификаций абсорбционного метода определения дыхания почв // *Почвоведение*. 1987. № 10. С. 153–157.
27. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // *Почвоведение*. 2004. № 8. С. 918–926.
28. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Либроком, 2009. 328 с.
29. Обущенко С.В., Троц В.Б. Влияние многолетних трав на уровень плодородия почвы в саду // *Изв. Оренбург. ГАУ*. 2018. № 69(1). С. 74–77.
30. Норов М.С., Сардорев М.Н., Кодиров К.Г. Влияние последствий люцерны в чистом и совмещенном посевах на урожай последующих культур в условиях Таджикистана // *Изв. Оренбург. ГАУ*. 2022. № 94(2). С. 27–30.
31. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России. Оценка и методы индикации. Владивосток: Дальнаука, 2009. 124 с.
32. Эседулаев С.Т. Многолетние травы и их смеси – важнейший фактор повышения плодородия почв и продуктивности пашни в Верхневолжье // *Плодородие*. 2022. № 6. С. 59–63.
33. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д.: Изд-во Ростов. ун-та, 2003. 204 с.
34. Золотарев В.Н. Агробιοлогические основы возделывания вики посевной (*Vicia sativa* L.) на семена в гетерогенных агроценозах в условиях центрального Нечерноземья России // *Сел.-хоз. биол.* 2016. № 2(51). С. 194–203.
35. Шапова Л.Н. Микрофлора почв юга Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1994. 186 с.
36. Хавкина Н.В. Гумусοοбразοвание и трансформация органического вещества в условиях переменнο-глеевοгο почвоοбразοвания. Уссурийск: ПГСХА, 2004. 270 с.
37. Дедов А.В., Несмеянова М.А. Влияние многолетних трав на плодородие почв // *Агрохим. вестн.* 2012. № 4. С. 7–9.
38. Хуснидинов Ш.К., Замащиков Р.В., Дмитриев Н.Н., Иванова Е.И., Анатолян А.А., Дмитриев Н.Н., Тюриков А.В., Шурко Д.А. Фитомелиорация почв в органическом земледелии Предбайкалья: научн.-практ. рекомєнд. Молодежный: Иркутский ГАУ, 2021. 51 с.
39. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусοбразοвания. М.: Агропромиздат, 1989. 239 с.



## **Influence of Phytomeliorants on the Content and Reserves of Humus, Biological Activity Parameters of the Luvic Albic Stagnosol (Loamic, Aric) from the Primorye**

**L. N. Purtova<sup>a</sup>, Ya. O. Timofeeva<sup>a, #</sup>, N. L. Klochkova<sup>b</sup>, A. N. Emelyanov<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the RAS,  
prosp. 100-letiya Vladivostoka 159, Vladivostok 690022, Russia*

<sup>b</sup>*Federal Research Center of Agricultural Biotechnology of the Far East  
named after A.K. Chaika,*

*ul. Volozhenina 30, Ussuriisk 692539, Russia*

<sup>#</sup>*E-mail: timofeeva@biosoil.ru*

The influence of annual and perennial grasses and their mixtures with legumes was studied (annual crops – oats (control), oats + vetch, oats + peas, oats + beans, perennial crops – timofeyevka (control), timofeyevka + clover, timofeyevka + alfalfa, timofeyevka + clover + alfalfa) on the basic physical properties of chemical and biological parameters of soils. Based on the assessment of the studied indicators, the main trends towards changes in the processes of formation and accumulation of humus and the biological activity of soils using various phytomeliorants have been established. The general pattern of a gradual increase in the content and reserves of humus in soils in all the studied experimental variants was noted, which was most pronounced in the soils of perennial grasses and their mixtures with legumes. Activation of the processes of humus formation and accumulation in the arable horizon when using all the studied phytomeliorants contributed to an increase in catalase activity and a change in soil catalase enrichment from poor to medium. The noted differences in the parameters of CO<sub>2</sub> production in the soils of different experimental variants were determined by both the prevailing hydrothermal conditions and the level of humus content and reserves and, accordingly, the stabilization of the humus system of soils. For the first time in the region of the study, the composition of herb mixtures of annual and perennial grasses with legumes (oats + vetch, timofeyevka + clover, timofeyevka + alfalfa + clover) was established, which had the most positive effect on the fertility of the lumic albic stagnosol in the region.

*Keywords:* phytomelioration, humus, catalase activity, CO<sub>2</sub> production, luvic albic stagnosol, Primorye.