

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.45:57.014

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-3-115-130

Потенциал регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании полевых культур на орошаемых землях Нижнего Поволжья

Михаил Николаевич Лытов

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация, LytovMN@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>

Аннотация. Цель: количественная оценка потенциала регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании сои, озимой пшеницы и горчицы сарептской на орошаемых землях Нижнего Поволжья. **Материалы и методы.** Исследование построено на результатах полевого эксперимента с посевами сои, горчицы сарептской и озимой пшеницы. Возможности увеличения биопродуктивности посевов орошаемой сои изучали в рамках трехфакторного полевого опыта (сорт, органические удобрения и фоллиарные обработки микрокомплексом), горчицы сарептской и озимой пшеницы – в рамках двухфакторных опытов (предшественник, последствие органических удобрений). **Результаты.** Установлено, что пожнивно-корневые остатки сои позволяют ежегодно возмещать не более 0,88 т/га органического углерода и 12,7–12,9 кг/га азота. Использование побочной продукции сои обеспечивают увеличение регуляторного потенциала сои по органическому углероду на 2,8–2,9 т/га и по азоту на 93,4–101,4 кг/га. С побочной продукцией наиболее развитых посевов горчицы в почву поступает до 1,42 т/га органического углерода и 40,4–46,7 кг/га азота, а при запашке сидеральной биомассы – до 2,57–3,39 т/га органического углерода и 97,5–128,8 кг/га азота. Потенциальное поступление органического углерода в почву за счет пожнивно-корневых остатков и побочной продукции озимой пшеницы составляет 2,06 т/га, что сопоставимо с регуляторным потенциалом сои. Однако азота при этом поступает не более 19,5 т/га, что формирует дефицитный углеродно-азотный баланс, C:N = 104–116. **Выводы.** Орошаемая культура сои при использовании побочной продукции обеспечивает формирование одного из самых сильных потенциалов регулирования оборота органического углерода и азота почвы. Научно обоснованная система приемов возделывания сои на 12,2–14,7 % увеличивает возможности пополнения органического углерода и азота почвы за счет использования дополнительно сформированной растительной биомассы.

Ключевые слова: орошаемые земли, органическое вещество, регулирование оборота, полевые культуры, повышение биопродуктивности, использование биомассы

Финансирование: работа финансировалась в рамках Государственного задания по теме FNFR-2025-0003 «Мониторинг длительно орошаемых агроландшафтов для прогнозирования их состояния, управления экологической устойчивостью и продуктивностью с использованием цифровых технологий в адаптивных системах земледелия», регистрационный номер: 1022041300043-4-4.1.1.

Для цитирования: Лытов М. Н. Потенциал регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании полевых культур на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 3. С. 115–130. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-3-115-130>.



LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Potential for regulating the turnover of organic carbon and nitrogen in soils during field crops cultivation on irrigated lands of the Lower Volga region

Mikhail N. Lytov

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation, LytovMN@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>

Abstract. Purpose: The quantitative assessment of the potential for regulation of soil organic carbon and nitrogen turnover during cultivation of soybeans, winter wheat and Sarepta mustard on irrigated lands of the Lower Volga region. **Materials and methods.** The study is based on the results of a field experiment with soybeans, Sarepta mustard and winter wheat. The possibilities of increasing the bioproductivity of irrigated soybeans were studied in a three-factor field experiment (variety, organic fertilizers and foliar treatments with a microcomplex), Sarepta mustard and winter wheat – in two-factor experiments (predecessor, aftereffect of organic fertilizers). **Results.** It was found that stubble and root residues of soybeans allow replacing annually no more than 0.88 t/ha of organic carbon and 12.7–12.9 kg/ha of nitrogen. The use of soybean by-products provides an increase in the regulatory potential of soybeans for organic carbon by 2.8–2.9 t/ha and for nitrogen by 93.4–101.4 kg/ha. With the by-products of the most developed mustard crops, up to 1.42 t/ha of organic carbon and 40.4–46.7 kg/ha of nitrogen enter the soil, and when plowing in green manure biomass – up to 2.57–3.39 t/ha of organic carbon and 97.5–128.8 kg/ha of nitrogen. The potential supply of organic carbon to the soil due to crop and root residues and by-products of winter wheat is 2.06 t/ha, which is comparable with the regulatory potential of soybeans. However, no more than 19.5 t/ha of nitrogen is supplied, which creates a deficient carbon-nitrogen balance, C:N = 104–116. **Conclusions.** Irrigated soybean crops with the use of by-products provide the formation of one of the strongest potentials for regulating the turnover of organic carbon and nitrogen in the soil. A scientifically substantiated system of soybean cultivation techniques increases the possibilities of replenishing organic carbon and nitrogen in the soil by 12.2–14.7 % due to the use of additionally formed plant biomass.

Keywords: irrigated lands, organic matter, turnover regulation, field crops, increasing bioproductivity, using biomass

Funding: the work was funded within the framework of the State assignment on the theme FNFR-2025-0003 “Monitoring of long-term irrigated agricultural landscapes for predicting their condition and managing environmental sustainability and productivity using digital technologies in adaptive farming systems”, registration number 1022041300043-4-4.1.1.

For citation: Lytov M. N. Potential for regulating the turnover of organic carbon and nitrogen in soils during field crops cultivation on irrigated lands of the Lower Volga region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(3)115–130. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-3-115-130>.

Введение. Мелиорация как фундаментальное направление «коренных улучшений» сельскохозяйственных земель предполагает расширенное воспроизводство плодородия почвы, как эффективного, так и потенциального [1–3]. Гидромелиоративные технологии регулирования биологически

оптимального водного режима почвы, ориентированного на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, не всегда обеспечивают выполнение этого условия. Нередко наблюдается отрицательный эффект, когда гидротехнические мелиорации сопровождаются усилением вымывания питательных веществ, возрастает динамика минерализации органического вещества почвы, в корне изменяются сложившиеся веками условия почвообразования, изменяется гидрологическая обстановка [4, 5]. Водный режим почвы является мощным фактором, определяющим условия почвообразования. Однако сегодня необходимо комплексное решение задачи сбалансированного регулирования водного режима почвы и оборота биогенных элементов, включая минеральные и органические производные таким образом, чтобы это способствовало усилению почвообразовательных процессов.

Растительная биомасса является основным источником пополнения органического углерода (C) в почве. При этом часть азота (N) также может вернуться в почву с остатками растений, и этому необходимо уделять особое внимание [6–8]. В антропогенно-преобразованных агроландшафтах большая доля поступающего в почву азота приходится на синтетические формы [9–12]. Однако этот механизм не свойственен природным системам и должен рассматриваться скорее как вынужденная мера сиюминутного восполнения дефицита азота для формирования высоких урожаев в условиях интенсивного земледелия [13]. В сбалансированных агросистемах удельный вес этого потока должен снижаться, а эффективное плодородие почвы должно обеспечиваться ростом поступления азота посредством известных в природе механизмов.

Очень важно работу по восполнению органического вещества почвы, вовлечению в оборот органического углерода и пополнению почвенных источников азота вести непрерывно. Для этого необходимо понимать регуляторный потенциал возделываемых в севообороте культур и тех культур, которые потенциально могли бы быть введены в севооборот [13–15].

Возможности регулирования оборота органического углерода и азота почв должны учитываться в качестве еще одного важного критерия проектирования систем орошаемого земледелия.

Цель исследований – количественно оценить потенциал регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании сои, озимой пшеницы и горчицы сарептской на орошаемых землях Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Исследование построено на результатах полевого эксперимента, реализованного в 2022–2024 гг. с посевами трех полевых культур, включенных в специализированный овощной севооборот по производству лука репчатого. Экспериментальные исследования проводили на опытных площадках КФХ «Выборнов В. Д.» Ленинского района Волгоградской области. Почвы опытного участка светло-каштановые, малоплодородные, с содержанием гумуса не более 1,5 % и плотностью сложения 1,27–1,32 т/м², в подпахотных слоях – до 1,38 т/м². Использование интенсивных технологий выращивания овощных культур в этих условиях связано с риском деградации мелиорированных земель и последующим выводом их из сельскохозяйственного оборота. Введение в севооборот полевых культур с высоким регуляторным потенциалом является необходимым условием сохранения экологической стабильности и производственной функции мелиорированных земель. Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности увеличения потенциала регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании полевых культур за счет обоснования системы приемов, увеличивающих биопродуктивность посевов, и стратегии последующего использования сформированной биомассы.

Исследуемые варианты повышения биопродуктивности одновидовых посевов сои закладывались в рамках трехфакторного полевого эксперимента. Фактор А включал изучение отзывчивости сортов сои (Нордика,

Киото и Волгоградка 2) на комплекс внешних факторов в условиях орошения. В рамках фактора В изучалась эффективность применения органических удобрений (навоз КРС, 20 т/га), а по фактору С количественно оценивалась результативность фолиарных обработок микрокомплексом (гумат калия, Сиамино, жидкая сера и молибден).

Для наблюдения за развитием растений в посевах горчицы сарептской (с. Ракета) и озимой пшеницы (с. Лидия) выделены участки, где предшественником была зернобобовая культура сои (фактор А, вариант А1) и овощные культуры (фактор А, вариант А2), а также где в предшествующий год вносили органические удобрения (фактор В, вариант В1 – навоз КРС, 20 т/га) и, соответственно, не вносили их (фактор В, вариант В2). Это позволило одновременно решать сразу две комплексные задачи:

- по показателю биопродуктивности оценить возможности повышения плодородия почвы при разных схемах регулирования оборота органического углерода и азота почвы с использованием биомассы сои и органических удобрений животного происхождения;
- оценить собственный потенциал регулирования оборота органического углерода и азота почвы для горчицы сарептской и озимой пшеницы.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 приведены обобщенные оценки источников органического углерода, которые потенциально могли бы быть использованы для регулирования поступления этого ресурса в почву при возделывании сои. В качестве источников органического углерода рассматривается не только биомасса самой культуры, но и те элементы агротехники, технологии, которые связаны с использованием органического вещества. В частности, рассматриваются органические удобрения, если их внесение предусмотрено технологией возделывания культуры. Расчеты показывают, что при внесении 20 т/га навоза КРС в почву поступает до 1600 кг/га органического углерода.

Таблица 1 – Потенциал регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании сои на орошаемых землях Нижнего Поволжья (по обобщенным оценкам 2022–2024 гг.)

Table 1 – Potential for regulating the turnover of soil organic carbon and nitrogen during soybean cultivation on irrigated lands of the Lower Volga region (according to generalized estimates for 2022–2024)

Сорт	Навоз КРС	Обра- ботка микро- ком- плексом	Статья пополнения органического углерода и азота почвы			
			Органиче- ские удобрения	Пожнивно- корневые остатки	Побочная продукция	Сидераль- ная био- масса
Поступление органического углерода, кг/га						
Нордика	0,00	—	0	660	2485	3945
Нордика	0,00	+	0	820	2695	4685
Киото	0,00	—	0	740	2355	3955
Киото	0,00	+	0	850	2730	4580
Киото	20 т/га	—	1600	885	2700	4630
Киото	20 т/га	+	1600	880	2910	4870
Волгоградка 2	0,00	—	0	795	2400	4060
Волгоградка 2	0,00	+	0	880	2710	4555
Волгоградка 2	20 т/га	—	1600	895	2800	4650
Волгоградка 2	20 т/га	+	1600	895	2930	4855
НСР ₀₅ для частных сравнений			—	42,4	71,2	104,3
Поступление азота в почву, кг/га						
Нордика	0,00	—	0	9,5	86,0	189,1
Нордика	0,00	+	0	11,8	93,2	228,4
Киото	0,00	—	0	10,7	81,5	214,0
Киото	0,00	+	0	12,2	94,5	247,1
Киото	20 т/га	—	90	12,7	93,4	239,5
Киото	20 т/га	+	90	12,7	100,7	264,3
Волгоградка 2	0,00	—	0	11,4	83,0	213,9
Волгоградка 2	0,00	+	0	12,7	93,8	240,2
Волгоградка 2	20 т/га	—	90	12,9	96,9	243,7
Волгоградка 2	20 т/га	+	90	12,9	101,4	262,6
НСР ₀₅ для частных сравнений			—	0,7	3,2	8,4

Ресурс пожнивно-корневых остатков по органическому углероду в два раза меньше, чем при внесении 20 т/га органических удобрений, а побочной продукции (солома, створки бобов) почти в два раза больше, чем при использовании навоза КРС. Необходимо отметить, что наибольший выход органического углерода с пожнивно-корневыми остатками и побочной продукцией при возделывании сои обеспечивался при внесении органиче-

ских удобрений. Суммарно это позволяет сформировать наиболее мощные инструменты регулирования оборота органического углерода почвы.

В качестве источника органического углерода также рассматривается возможность использования сои в качестве сидерального удобрения. Возможности пополнения органического углерода почвы при этом возрастают до 3945–4870 кг/га. Формирование наибольшей сидеральной биомассы и, соответственно, содержащегося в ней органического углерода (4855–4870 кг/га), обеспечивалось при внесении органических удобрений и применении вегетативных обработок сои микрокомплексом.

Рассматриваются три стратегии использования растительной биомассы сои для восполнения запасов органического углерода почвы. Первый вариант: в качестве источника органического углерода учитываются только пожнивно-корневые остатки, а в вариантах с внесением навоза еще и углерод органических удобрений. Наибольший ресурс пополнения органического углерода почвы при этом обеспечивается именно за счет внесения органических удобрений, и вкупе с пожнивно-корневыми остатками он составляет 2480–2495 кг/га.

Следующий вариант предполагает использование побочной продукции, и ресурс органического углерода при этом представлен пожнивно-корневыми остатками, органическими удобрениями и соломистой биомассой сои. Наибольшее поступление органического углерода 5390–5425 кг/га возможно при внесении навоза и проведении вегетативных обработок посевов сои микрокомплексом.

Сидеральная культура является еще одним вариантом использования растительной биомассы сои для восполнения запасов органического углерода почвы. В сочетании с внесением навоза эта технология может обеспечить выход до 6250–6455 кг/га органического углерода и наибольший регуляторный потенциал сои.

Те же ресурсы органического вещества, которые используются для

пополнения органического углерода почвы, можно рассматривать в качестве потенциальных источников азота. Расчеты показали, что при использовании 20 т/га навоза КРС в почву поступает около 90 кг/га азота. При этом с пожнивно-корневыми остатками в почву может быть возвращено не более 9,5–12,7 кг/га азота. Побочная продукция, представленная соломистой биомассой и створками соевых бобов, обеспечивает выход 86,0–101,4 кг/га азота. Причем максимальный ресурс азота (100,7–101,4 кг/га) обеспечивается при внесении органических удобрений. Однако самым мощным источником азота является сидеральная биомасса сои, с которой в почву может поступить 189,1–264,3 кг/га азота.

В зависимости от стратегии использования растительной биомассы регулирующий потенциал сои по азоту почвы имеет следующие количественные оценки:

- навоз КРС в дозе 20 т/га совместно с пожнивно-корневыми остатками обеспечивает поступление 102,7–102,9 кг/га азота в почву;
- вариант с использованием побочной продукции позволит пополнить почвенные запасы азота на 92,1–106,7 кг/га без внесения органических удобрений и на 196,2–204,3 кг/га при использовании 20 т/га навоза;
- использование сои в качестве сидеральной культуры позволяет увеличить почвенные запасы азота на 189,1–247,1 кг/га как самостоятельная технология и на 329,5–354,3 кг/га при использовании в сочетании с применением органических удобрений.

Для оценки собственного регуляторного потенциала горчицы сарептской в таблице 2 приведены суммарные данные по поступлению органического углерода и азота в почву в зависимости от стратегии использования растительной биомассы. В качестве источников органического углерода при возделывании горчицы сарептской рассматривались пожнивно-корневые остатки и возможность использования побочной продукции при уборке урожая маслосемян. Кроме того, оценивалась возможность использования горчицы в качестве сидеральной культуры.

Таблица 2 – Потенциал регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании горчицы сарептской на мелиорированных землях Нижнего Поволжья

Table 2 – Potential for regulating the turnover of organic carbon and soil nitrogen during Sarepta mustard cultivation on reclaimed lands of the Lower Volga region

Показатель		Предшествующая культура			
		соя		овощи	
		Использование органических удобрений под предшествующую культуру			
		–	+20 т/га	–	+20 т/га
Поступление органического углерода, т/га	с поживно-корневыми остатками	0,51	0,59	0,37	0,45
	с побочной продукцией	1,25	1,42	1,30	1,23
	с сидеральной биомассой	2,93	3,39	2,57	2,81
Отчуждение азота с урожаем семян, кг/га		66,8	76,8	45,6	63,6
Поступление азота в почву, кг/га	с поживно-корневыми остатками	7,7	8,8	5,6	6,7
	с побочной продукцией	41,1	46,7	42,7	40,4
	с сидеральной биомассой	111,2	128,8	97,5	106,8
Примечание – НСР ₀₅ для частных сравнений поступления органического вещества – 0,17 т/га; для частных сравнений отчуждения азота с урожаем – 5,6 кг/га; для частных сравнений поступления азота в почву – 7,2 кг/га.					

Регуляторный потенциал поживно-корневых остатков горчицы по органическому углероду невелик и пропорционален формированию суммарной сухой биомассы посева. Кратно больший потенциал регулирования поступления органического углерода в почву можно получить, если использовать побочную биомассу после уборки урожая. В наиболее развитых посевах с побочной продукцией в почву поступает до 1,42 т/га органического углерода. В результате заделки сидеральной биомассы в почву может поступать до 2,57–3,39 т/га органического углерода. Это самый мощный инструмент регулирования поступления органического углерода при возделывании горчицы. Совокупный регуляторный потенциал от использования побочной продукции горчицы и поживно-корневых остатков может достигать 2,00 т/га на самых продуктивных вариантах.

С урожаем семян горчицы выносятся до 45,6–76,8 кг/га азота, потреб-

ляемого растениями из почвы. Исследования показали, что значительная часть азота может быть возвращена в почву при правильной организации оборота органического вещества. В совокупности с пожнивно-корневыми остатками использование побочной продукции для непосредственной заделки позволяет вернуть в почву до 47,1–55,5 азота. При использовании горчицы в качестве сидеральной культуры в почву заделывается вся зеленая биомасса растений, что обеспечивает поступление 97,5–128,8 кг/га азота.

В качестве контроля исследованиями оценена эффективность использования пожнивно-корневых остатков и соломы озимой пшеницы как инструмента регулятора оборота органического углерода и азота в почве. Солома зерновых колосовых уже давно используется в качестве органического удобрения, когда продукция ее избыточна или в хозяйстве нет животноводческого сектора. В КФХ «Выборнов В. Д.» побочная продукция озимой пшеницы также уже не первый год используется для пополнения почвенной органики. Однако в настоящем исследовании мы выполнили количественную оценку ее регуляторного потенциала в отношении малого биогеохимического цикла.

Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы (3,45 т/га) и биомасса посева (7,56 т/га) были получены на участках, где предшественником были удобренные навозом КРС сидеральные посевы сои. На участках, где предшественником озимой пшеницы была соя, возделываемая без применения органических удобрений, урожайность зерна составила 3,12 т/га, однако сухая биомасса посева оставалась все еще достаточно высокой – 7,12 т/га. Увеличение биопродуктивности озимой пшеницы в посевах определяет повышение уже собственного регуляторного потенциала этой культуры (таблица 3).

Озимая пшеница обладает одним из самых больших потенциалов регулирования поступления органического углерода в почву. Уже с пожнивно-корневыми остатками в почву попадает 0,67–0,92 т/га органического

углерода. За счет использования побочной продукции поступление органического углерода в почву можно существенно увеличить: в среднем на 1,13–1,18 т/га. Суммарный регуляторный потенциал озимой пшеницы, при использовании пожнивно-корневых остатков и соломы составляет 1,80–2,06 т/га органического углерода. Больше поступление органического углерода в почву (до 2,36–2,95 т/га) обеспечивается только при использовании ее в качестве сидеральной культуры.

Таблица 3 – Потенциал регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании озимой пшеницы на мелиорированных землях Нижнего Поволжья

Table 3 – Potential for regulating the turnover of organic carbon and soil nitrogen during the winter wheat cultivation on reclaimed lands of the Lower Volga region

Показатель		Предшествующая культура			
		соя		овощи	
		Использование органических удобрений под предшествующую культуру			
		–	+20 т/га)	–	+20 т/га)
Поступление органического углерода, т/га	с поживно-корневыми остатками	0,81	0,92	0,67	0,80
	с побочной продукцией	1,19	1,14	1,13	1,18
	с сидеральной биомассой	2,61	2,95	2,36	2,57
Отчуждение азота с урожаем зерна, кг/га		78,0	86,3	61,0	70,8
Поступление азота в почву, кг/га	с поживно-корневыми остатками	7,0	7,9	5,8	6,8
	с побочной продукцией	12,1	11,6	11,5	12,0
	с сидеральной биомассой	78,3	88,4	70,8	77,1
Соотношение C:N					
Без использования побочной продукции		116	116	116	116
С использованием побочной продукции		105	105	104	105
Примечание – НСР ₀₅ для частных сравнений поступления органического вещества – 0,24 т/га; для частных сравнений отчуждения азота с урожаем – 4,2 кг/га; для частных сравнений поступления азота в почву – 5,7 кг/га.					

При создании мощных инструментов регулирования органического углерода почвы озимая пшеница обеспечивает очень бедные поступления азота с остатками растительной биомассы. С пожнивно-корневыми остатками в почву возвращается не более 5,8–7,9 кг/га азота. С побочной про-

дукцией в почву может быть возвращено еще 11,5–12,1 кг/га азота, а суммарные поступления в этом случае не превышают 17,3–19,5 кг/га. При этом с урожаем зерна пшеницы отчуждается порядка 61,0–86,3 кг/га доступных форм азота.

Углеродно-азотное соотношение при использовании озимой пшеницы для регулирования оборота органического вещества не оптимально. Например, если для пополнения почвенной органики используются только пожнивно-корневые остатки, то поступление органического углерода с растительной биомассой в 116 раз превышает поступление азота.

Использование побочной продукции позволяет существенно увеличить поступление органического углерода в почву, однако соотношение C:N при этом остается на уровне 104–105. В почве при поступлении биомассы такого качества активизируются процессы иммобилизации доступных форм азота, в результате чего актуальное плодородие почвы в кратко- и среднесрочный периоды может снижаться.

Выводы. Исследованиями получены количественные оценки потенциала различных вариантов использования фитомассы сои для регулирования органического углерода и азота почвы. Пожнивно-корневые остатки сои позволяют ежегодно возмещать не более 0,88 т/га органического углерода и 12,7–12,9 кг/га азота. Использование побочной продукции сои обеспечивает увеличение регуляторного потенциала сои по органическому углероду на 2,8–2,9 т/га и по азоту на 93,4–101,4 кг/га. Сидеральная культура является еще одним вариантом использования растительной биомассы сои, обеспечивающим поступление в почву до 4,6–4,8 т/га органического углерода и 239,5–262,6 кг/га азота. Экспериментальные исследования показали, что с пожнивно-корневыми остатками горчицы сарептской в почву поступает не более 5,6–8,8 кг/га азота и до 0,59 т/га органического углерода. С побочной продукцией наиболее развитых посевов горчицы в почву поступает до 1,42 т/га органического углерода и 40,4–46,7 кг/га азота, а

при запашке сидеральной биомассы – до 2,57–3,39 т/га органического углерода и 97,5–128,8 кг/га азота. В целом регуляторный потенциал горчицы ниже, чем у орошаемой сои, однако особые санирующие свойства этой культуры делают ее хорошим предшественником. Потенциальное поступление органического углерода в почву за счет пожнивных остатков озимой пшеницы составляют 0,92 т/га, а при использовании побочной продукции (соломы) – 2,06 т/га, что сопоставимо с регуляторным потенциалом сои. Однако азота при этом поступает не более 19,5 т/га, что формирует дефицитный углеродно-азотный баланс (C:N = 104–116) и снижает актуальный уровень плодородия почвы.

Список источников

1. Шевченко В. А., Кирейчева Л. В. Комплексная мелиорация – основа технологического обеспечения продовольственной безопасности и сохранения плодородия почв // Природообустройство. 2025. № 1. С. 6–12 DOI: 10.26897/1997-6011-2025-1-6-12. EDN: WULZRS.
2. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 157–176. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176. EDN: INKOLR.
3. Агробιοιογιϰеские приемы восстановления плодородия деградированных орошаемых земель юго-востока Казахстана / А. С. Досжанова, Ж. Оспанбаев, А. С. Сембаева, А. С. Майбасова, Н. Д. Ибаш, Б. Жексемб // Почвоведение и агрохимия. 2023. № 2. С. 14–28. DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_14. EDN: YFRMOJ.
4. Пронько Н. А., Корсак В. В., Корнева Т. В. Особенности дегумификации орошаемых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья // Вестник Саратовского государственного университета им. Н. И. Вавилова. 2009. № 10. С. 42–46. EDN: KWCUNH.
5. О балансе азота в почвенно-растительном покрове аридных экосистем северо-западного Прикаспия / Т. А. Асварова, Г. Н. Гасанов, К. М. Гаджиев, Р. Р. Баширов // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29, № 3(96). С. 36–45. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-3-36-45. EDN: YBSEMS.
6. Цветнов Е. В., Марахова Н. А. Применение базовой и модифицированной методики оценки нейтрального баланса деградации земель в контексте изучения связи деградации и агропроизводства // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2023. № 2. С. 106–116. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-106-116. EDN: IKLCJO.
7. Ахадов Д. Р. Значение основных почвенных критериев при формировании плодородия почв // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7, № 11. С. 99–111. DOI: 10.33619/2414-2948/72/12. EDN: SFIIGC.
8. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Баланс органического вещества и меры по его поддержанию в орошаемых севооборотах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 4–10. EDN: XTTPSA.

9. Оптимизация водообеспечения и минерального питания посевов кормовых культур / Г. Н. Кониева, Е. А. Джиргалова, В. А. Батыров, С. А. Оросов // Орошаемое земледелие. 2023. № 2(41). С. 41–44. DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-3. EDN: ВННРАФ.

10. Рабданова З. К., Магомедова Д. С., Курбанов С. А. Приемы повышения урожайности лука репчатого на малопродуктивных песчаных землях Республики Дагестан // Орошаемое земледелие. 2024. № 2(45). С. 16–20. DOI: 10.35809/2618-8279-2024-2-3. EDN: ZKCGQQ.

11. Васбиева М. Т., Шишков Д. Г. Влияние длительного применения азотных, фосфорных и калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, баланс органического углерода и элементов питания // Агрохимия. 2025. № 2. С. 16–25. DOI: 10.31857/S0002188125020036. EDN: VBVOPM.

12. Оценка эффективности различных форм азотных удобрений при выращивании растений-ремедиантов на нефтезагрязненном черноземе типичном / А. Д. Гальцова, Р. Р. Кинжаев, А. В. Арзамасова, В. А. Романенков // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2024. № 1. С. 33–41. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-1-33-41. EDN: BWMOQD.

13. Лытов М. Н. Принципы регулирования потоков и баланса биогенных элементов на мелиорированных землях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3(71). С. 141–152. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14. EDN: LSWBFJ.

14. Шарков И. Н., Антипина П. В. Некоторые аспекты углерод-секвестрирующей способности пахотных почв // Почвы и окружающая среда. 2022. Т. 5, № 2. DOI: 10.31251/pos.v5i2.175. EDN: LMWYAH.

15. Мамонтов В. Г. Изменение компонентного состава гумуса чернозема обыкновенного под влиянием агрогенеза // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 4. С. 83–86. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-14079. EDN: YBXQZM.

References

1. Shevchenko V.A., Kireycheva L.V., 2025. *Kompleksnaya melioratsiya – osnova tekhnologicheskogo obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti i sokhraneniya plodorodiya pochv* [Integrated land reclamation is the basis for technological support of food security and preservation of soil fertility]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 1, pp. 6-12, DOI: 10.26897/1997-6011-2025-1-6-12, EDN: WULZRS. (In Russian).

2. Babichev A.N., Babenko A.A., 2022. *Vliyanie razlichnykh tipov i vidov melioratsii na vosstanovlenie i povyshenie plodorodiya degradirovannykh pochv* [The effect of various kinds and types of irrigation on restoration and increase of fertility of degraded soils]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 1, pp. 157-176, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176, EDN: INKOLR. (In Russian).

3. Doszhanova A.S., Ospanbaev J., Sembayeva A.S., Maibasova A.S., Ibash N.D., Zheksemb B., 2023. *Agrobiologicheskie priemy vosstanovleniya plodorodiya degradirovannykh oroshaemykh zemel' yugo-vostoka Kazakhstana* [Agrobiological methods of fertility rehabilitation of degraded irrigated lands of the south-east of Kazakhstan]. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agrochemistry], no. 2, pp. 14-28, DOI: 10.51886/1999-740X_2023_2_14, EDN: YFRMOJ. (In Russian).

4. Pronko N.A., Korsak V.V., Korneva T.V., 2009. *Osobennosti degumifikatsii oroshaemykh temno-kashtanovykh pochv Saratovskogo Zavolzh'ya* [Peculiarities of dehumification in irrigated dark-chestnut soils of the Saratov Trans-Volga region]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova* [Bulet. of Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov], no. 10, pp. 42-46, EDN: KWCUHN. (In Russian).

5. Asvarova T.A., Gasanov G.N., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., 2023. *O balanse azota v pochvenno-rastitel'nom pokrove aridnykh ekosistem severo-zapadnogo Prikaspiya* [On the nitrogen balance in the soil and vegetation cover of arid ecosystems of the North-Western Precaspian]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], vol. 29, no. 3(96), pp. 36-45, DOI: 10.24412/1993-3916-2023-3-36-45, EDN: YBSEMS. (In Russian).

6. Tsvetnov E.V., Marakhova N.A., 2023. *Primenenie bazovoy i modifitsirovannoy metodik otsenki neytral'nogo balansa degradatsii zemel' v kontekste izucheniya svyazi degradatsii i agroproduktstva* [Application of basic and modified method for assessing the land degradation neutrality in the context of studying the relationship between degradation and agricultural production]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie* [Bullet. of Moscow University. Series 17: Soil Science], no. 2, pp. 106-116, DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-106-116, EDN: IKLCJO. (In Russian).

7. Akhadov D.R., 2021. *Znachenie osnovnykh pochvennykh kriteriev pri formirovanii plodorodiya pochv* [Value of basic soil criteria in formation of soil fertility]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bullet. of Science and Practice], vol. 7, no. 11, pp. 99-111, DOI: 10.33619/2414-2948/72/12, EDN: SFIIGC. (In Russian).

8. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2022. *Balans organicheskogo veshchestva i mery po yego podderzhaniyu v oroshaemykh sevooborotakh* [Organic matter balance and measures to maintain it in irrigated crop rotations]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(85), pp. 4-10, EDN: XTTPSA. (In Russian).

9. Konieva G.N., Dzhirgalova E.A., Batyrov V.A., Orosov S.A., 2023. *Optimizatsiya vodoobespecheniya i mineral'nogo pitaniya posevov kormovykh kul'tur* [Optimization of water supply and mineral nutrition of forage crops]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2(41), pp. 41-44, DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-3, EDN: BHHPAF. (In Russian).

10. Rabdanova Z.K., Magomedova D.S., Kurbanov S.A., 2024. *Priemy povysheniya urozhaynosti luka repchatogo na maloproduktivnykh peschanykh zemlyakh Respubliki Dagestan* [Techniques for increasing the productivity of onions on low productive sandy land of the Republic of Dagestan]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2(45), pp. 16-20, DOI: 10.35809/2618-8279-2024-2-3, EDN: ZKCGQQ. (In Russian).

11. Vasbieva M.T., Shishkov D.G., 2025. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya azotnykh, fosfornykh i kaliynykh udobreniy na urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, balans organicheskogo ugleroda i elementov pitaniya* [Influence of long-term use of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on crop yields, the balance of organic carbon and nutrients]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 2, pp. 16-25, DOI: 10.31857/S0002188125020036, EDN: VBVOPM. (In Russian).

12. Galtsova A.D., Kinzhaev R.R., Arzamazova A.V., Romanenkov V.A., 2024. *Otsenka effektivnosti razlichnykh form azotnykh udobreniy pri vyrashchivaniy rasteniy-remediantov na neftezagryaznennom chernozeme tipichnom* [Assessment of effectiveness of different nitrogen fertilizers forms in phytoremediation on oil-contaminated typical chernozem]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie* [Bullet. of Moscow University. Series 17: Soil Science], no. 1, pp. 33-41, DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-1-33-41, EDN: BWMOQD. (In Russian).

13. Lytov M.N., 2023. *Printsipy regulirovaniya potokov i balansa biogennykh elementov na meliorirovannykh zemlyakh* [Principles of regulation of flows and balance of biogenic elements on reclaimed lands]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceed. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(71), pp. 141-152, DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14, EDN: LSWBFJ. (In Russian).

14. Sharkov I.N., Antipina P.V., 2022. *Nekotorye aspekty uglerod-sekvestriruyushchey sposobnosti pakhotnykh pochv* [Some aspects of carbon sequestration capacity of arable soils]. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda* [The Journal of Soils and Environment], vol. 5, no. 2, DOI: 10.31251/pos.v5i2.175, EDN: LMWYAH. (In Russian).

15. Mamontov V.G., 2020. *Izmenenie komponentnogo sostava gumusa chernozema obyknovennogo pod vliyaniem agrogenеза* [Changes in the humus composition of ordinary chernozem under the impact of agrogenesis]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 4, pp. 83-86, DOI: 10.24411/2587-6740-2020-14079, EDN: YBXQZM. (In Russian).

Информация об авторе

М. Н. Лытов – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), LytovMN@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2743-9825.

Information about the author

M. N. Lytov – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov (400002, Volgograd, st. Timiryazev, 9), LytovMN@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2743-9825.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 28.04.2025; одобрена после рецензирования 17.07.2025; принята к публикации 19.09.2025.
The article was submitted 28.04.2025; approved after reviewing 17.07.2025; accepted for publication 19.09.2025.*