

УДК 631.459.3/631.459.4

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-396-07-114-121

Е.Я. Чебоचाков¹ ✉А.А. Шпедт²М.А. Мартынова¹О.А. Иванов¹А.И. Капсаргин³В.Н. Муртаев¹

¹НИИ аграрных проблем Хакасии — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», с. Зеленое, Усть-Абаканский р-н, Республика Хакасия, Россия

²ФИЦ «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Россия

³Станция агрохимической службы «Хакасская», Абакан, Россия

✉ echebochakov@mail.ru

Поступила в редакцию: 04.04.2025

Одобрена после рецензирования: 11.06.2025

Принята к публикации: 26.06.2025

© Чебоचाков Е.Я., Шпедт А.А., Мартынова М.А., Иванов О.А., Капсаргин А.И., Муртаев В.Н.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-396-07-114-121

Egor Ya. Chebochakov¹ ✉Alexander A. Shpedt²Marina A. Martynova¹Oleg A. Ivanov¹Alexey I. Kapsargin³Valery N. Murtaev¹

¹Research institute of agrarian problems of Khakassia — Branch of the Federal state budgetary scientific institution «Federal research center “Krasnoyarsk Science Center of the Siberian branch of the Russian academy of sciences”», village Zelenoye, Ust-Abakansky district, Republic of Khakassia, Russia

²Krasnoyarsk scientific center of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, Krasnoyarsk, Russia

³Khakassian agrochemistry service station, Abakan, Russia

✉ echebochakov@mail.ru

Received by the editorial office: 04.04.2025

Accepted in revised: 11.06.2025

Accepted for publication: 26.06.2025

© Chebochakov E.Ya., Shpedt A.A., Martynova M.A., Ivanov O.A., Kapsargin A.I., Murtaev V.N.

Дегградация почв степных агроландшафтов Средней Сибири

РЕЗЮМЕ

Исследования проводили с целью анализа влияния антропогенных факторов на дегградацию почв степной зоны в XX веке и современных условиях.

Анализ антропогенных факторов в проявлении эрозионных процессов осуществляли в предгорном степном почвенно-географическом районе Республики Хакасия, расположенной на юге Средней Сибири. Изучение проводили по материалам научных исследований Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии на эродированных почвах, СибНИИПИ землеустройства и мелиорации, «Росгипрозема» и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Хакасия. Антропогенная нагрузка на степные экосистемы (большая распаханность территории, нерегулируемое поголовье овец и коз), отсутствие почвозащитной технологии освоения целинных и залежных земель привели к уничтожению растительного покрова и дегградации почв в 1960-х годах, и в настоящее время эти факторы являются причиной проявления дефляции в предгорной степи Средней Сибири. Полезащитные 4-рядные лесные полосы, созданные из вяза приземистого, березы повислой, тополя, расположенные через 300–350 м, повышают противодефляционную устойчивость степного агроландшафта. В современных условиях применение агролесомелиоративного противоэрозионного комплекса (полезащитные лесные полосы, полосное размещение сельскохозяйственных культур, ресурсосберегающая обработка почв, сокращение площади пахотных земель) позволяет уменьшить нагрузку на степные агроландшафты.

Ключевые слова: степь, целина, лес, почва, эрозия, технология, обработка

Для цитирования: Чебоचाков Е.Я., Шпедт А.А., Мартынова М.А., Иванов О.А., Капсаргин А.И., Муртаев В.Н. Дегградация почв степных агроландшафтов Средней Сибири. *Аграрная наука*. 2025; 396(07): 114–121.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-396-07-114-121>

Degradation of soils in the steppe agrolandscapes of Middle Siberia

ABSTRACT

The research was carried out in order to analyze the influence of anthropogenic factors on soil degradation in the steppe zone in the 20th century and modern conditions.

The analysis of anthropogenic factors in the manifestation of erosion processes was carried out in the foothill steppe soil-geographical region of the Republic of Khakassia, located in the south of Middle Siberia. The study was conducted based on research materials from the Scientific Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia on Eroded Soils, SibNIPI of Land Management and Land Reclamation, “Rosgiprozem” and the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Khakassia. Anthropogenic pressure on steppe ecosystems (large plowed areas, unregulated sheep and goat populations), lack of soil protection technology for the development of virgin and fallow lands led to the destruction of vegetation and soil degradation in the 1960s, and currently these factors are the cause of deflation in the foothill steppe of Middle Siberia. Protective 4-row forest strips created from squat elm, hanging birch, poplar, located 300–350 m apart, increase the anti-deflationary stability of the steppe agricultural landscape. In modern conditions, the use of an agroforestry anti-erosion complex (protective forest strips, striped placement of crops, resource-saving soil treatment, reduction of arable land) can reduce the burden on steppe agrolandscapes.

Key words: steppe, agricultural landscape, anthropogenic conditions, soil, erosion, deflation

For citation: Chebochakov E.Ya., Shpedt A.A., Martynova M.A., Ivanov O.A., Kapsargin A.I., Murtaev V.N. Degradation of soils in the steppe agrolandscapes of Middle Siberia. *Agrarian science*. 2025; 396(07): 114–121 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-396-07-114-121>

Введение/Introduction

Изучение влияния эрозии почв на ранних стадиях цивилизаций показало, что главной причиной упадка многих процветавших государств была деградация почв [1]. Примеры из истории за 7000 лет ясно говорят об опасности эрозии, однако важность проблемы доходит до умов человечества еще очень медленно [2]. «Веками множится проблема деградации сельскохозяйственных земель в степи. Найти правильный выход... пути решения проблем — актуальная государственная задача» [3].

Более 100 лет назад В.В. Докучаев отмечал «эксплуатацию и расхищение природных богатств русской земли, ...необходимость для поднятия земледелия доброй воли и просвещенного взгляда на дело и любви к земле...» [4].

В современных социально-экономических условиях, по мнению М.К. Сулейменова: «Мир озабочен набирающим устрашающий ход процессом опустынивания...» [5]. Деградация агроландшафтов на больших площадях отмечается в европейской и азиатской частях страны [6–9].

В настоящее время в Ставропольском крае угроза ветровой эрозии существует на площади 87% пашни [10], Оренбургской области из общей площади — 85% [11], Республики Хакасия — 82% [9].

Одним из способов защиты сельскохозяйственных угодий от деградации является создание полевых защитных лесных полос. Система полевых защитных лесных полос (ПЗЛП) — это действующий искусственно созданный каркас территории [12–15].

Земледелие в начале XXI столетия в засушливых степных агроландшафтах развивается в сложных социально-экономических и экологических условиях.

В настоящее время для сохранения земельных ресурсов, плодородия почв засушливых степных агроландшафтов необходимо разработать и освоить агролесомелиоративные противоэрозионные комплексы с учетом современных условий.

Цель исследований — агроэкологическая устойчивость почв степной зоны в 60-х гг. прошлого века и в современных условиях для обоснования подходов к предотвращению опустынивания агроландшафтов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объекты исследований — технологии и подходы к использованию земель сельскохозяйственного назначения, деградация почв агроландшафтов в 1960-х гг. и начале XXI в. в предгорно-степном районе Республики Хакасия Российской Федерации, расположенной в Средней Сибири.

Анализ осуществляли по материалам научных исследований на подверженных дефляции черноземных и каштановых почвах в степной зоне Республики Хакасия во второй половине XX в. (по 2024 г.). Данные брали из отчетов Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии за 1960–2023 гг., Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Хакасия, Генеральной схемы противоэрозионных мероприятий Восточно-Сибирского филиала института «Росгипрозем»¹, крупномасштабного почвенного обследования Научно-исследовательского и проектно-изыскательного института землеустройства и мелиорации земель в границах акционерных обществ «Табатское»², «Бондаревское»³, «Означенское»⁴ Бейского района Республики Хакасия.

При выполнении исследований использовали статистические и графические методы (метод полевого опыта Б.А. Доспехова⁵, пакет программ AgCStat⁶ в виде надстройки Excel). Эродированность определяли по методу Е.И. Шиято⁷.

Химический анализ почв осуществляли в ФГБУ «Станция агрохимической службы “Хакасская”»: органическое вещество⁸, общий азот⁹, валовый фосфор и калий¹⁰. Образцы для анализа почв отбирали по длине золотого отложения в трехкратной повторности.

Объектом исследований являлась и лесоводно-мелиоративная оценка полевых защитных лесных полос (ПЗЛП) разного породного состава: 1-я система состояла из 10 лесополос (выбраны 3 объекта), 2-я — из 3 (выбран 1), 3-я — из 3 массивных защитных лесных насаждений (выбран 1 объект), которые выполняли важные противодефляционные, средообразующие и мелиоративные функции. Возраст насаждений 36–41 год.

Системы ПЗЛП находились вблизи населенных пунктов Верх-Киндерла, Будёновка, Бея. Расстояние между полевых защитными лесными полосами — от 300 до 350 м. Схема посадки 3 × 1 м.

¹ Генеральная схема противоэрозионных мероприятий на Хакасскую автономную область Красноярского края. Красноярск: Восточно-Сибирский филиал института «Росгипрозем», 1973.

² Крупномасштабное почвенное обследование в границах акционерного общества «Табатское» Бейского района Республики Хакасия. Технический отчет о выполненном почвенном обследовании. Абакан, 1994.

³ Крупномасштабное почвенное обследование в границах акционерного общества «Бондаревское» Бейского района Республики Хакасия. Технический отчет о выполненном почвенном обследовании. Абакан, 1994.

⁴ Крупномасштабное почвенное обследование в границах акционерного общества «Означенское» Бейского района Республики Хакасия. Технический отчет о выполненном почвенном обследовании. Абакан, 1994.

⁵ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: КолосС. 1985.

⁶ Пакет программ AgCStat в виде надстройки Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов.

⁷ Шиятый Е.И. Основы защиты почв от ветровой и водной эрозии. В кн.: Почвозащитная система земледелия. Алма-Ата: Кайнар. 1985; 8–22.

⁸ ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁹ ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота.

¹⁰ ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

Перед выбором объектов исследования проводили рекогносцировочное обследование, а затем определяли типичные места их расположения, закладывали временные пробные площадки, охватывающие всю ширину лесных полос на площади 400 м².

На выбранных объектах обследовали таксационные, лесоводственные, а также мелиоративные показатели насаждений: состав насаждений, средний диаметр и высоту растений, густоту, сомкнутость полога. Определяли степень задернения поверхности почвы, наличие и мощность лесной подстилки. Лесомелиоративные показатели оценивали по интегральной 5-балльной шкале академика Е.С. Павловского¹¹. Плотность конструкций защитных лесных насаждений определяли в облиственном состоянии глазомерным методом.

Результаты и обсуждения / Results and discussion

В XX в. — начале XXI в. в стране произошли крупные общественно-экономические изменения и реформы по использованию земельных ресурсов. Только в первые три года (1954–1956 гг.) в Республике Хакасия были распаханы значительные площади целинных и залежных земель. Площадь посева сельскохозяйственных культур в республике увеличилась в 2,3 раза.

Без учета местных условий и почвенно-эрозийного обследования были освоены легкоподатливые дефляции легкосуглинистых и щебнистых почв.

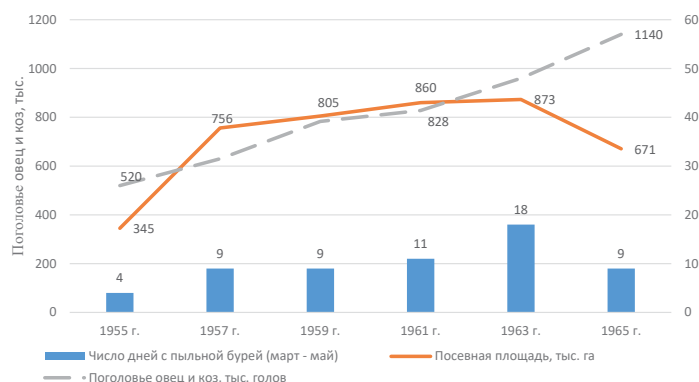
В эти же годы значительно (в 3,3 раза) увеличилось поголовье овец и коз — вторая антропогенная нагрузка на степные пастбища и пашню (рис. 1).

В первые годы освоения целинных и залежных земель дефляция почв проявлялась на незначительной площади. В 1954 году весной отмечены всего 4 дня с пыльными бурями, и они не приносили большего ущерба сельскому хозяйству.

Распашка новых земель в экстремальных природных условиях засушливой степной зоны юга Средней Сибири (с сильными ветрами) значительно усилила эрозионные процессы,

Рис. 1. Технология использования земель и проявления пыльных бурь в середине XX в. в степной зоне Средней Сибири

Fig. 1. Technology of land use and dust storms in the middle of the 20th century in the steppe zone of Middle Siberia



увеличилось количество дней с пыльными бурями и поземками.

Особенно сильно эрозионные процессы проявлялись в Абакано-Енисейском междуречье, где имеются несколько районов сильного развития дефляции. Среди них отмечается Бейский предгорно-степной почвенно-географический район (табл. 1, рис. 2).

В защите почв от эрозии большое значение имеет соотношение сельскохозяйственных угодий. Максимальная продуктивность может быть получена при соотношении площадей преобразованных и естественных экосистем 40% и 60% [16].

Рис. 2. Очаг выдувания почвы. Фото архива научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии. 1978 г. Автор Е.Я. Чебокаков

Fig. 2. The center of soil blowing. Photo from the archive of the Scientific Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia. 1978. Author E.Ya. Chebochakov



Таблица 1. Соотношение земельных угодий и доля пашни в хозяйствах Бейского предгорно-степного района
Table 1. The ratio of land use and the share of arable land in the farms of the Beisky foothill-steppe region

Хозяйство	Площадь	Доля сельскохозяйственных земель в общей площади	Доля угодий в площади сельскохозяйственных земель, %			Древесно-кустарниковая растительность		Доля пашни, %	
			пашни	сенокосов	пастбищ	общая залесенность, %	в том числе лесополосы	общей площади	в с.-х. угодьях
«Табатское»	тыс. га	20,3	11,9	1,1	7,4	6,1			
	%	71,7	58,5	5,5	36,0	21,5		42,4	58,5
«Бондаревское»	тыс. га	35,4	17,0	4,7	13,7	6,5			
	%	57,5	48,0	13,3	38,7	10,5		27,6	47,9
«Означенское»	тыс. га	5,0	3,9	37	1,1	3,8	0,01		
	%	55,6	77,5	0,7	21,8	42,2	0,1	39,4	77,5

¹¹ Павловский Е.С. Устройство агролесомелиоративных насаждений. М.: Лесная промышленность. 1973; 128.

Общая площадь территории АО «Табатское» 28,3 тыс. га, из них 20,3 тыс. га занимают сельскохозяйственные угодья, в том числе 11,9 тыс. га — пашня, которая составляет 42,1% от общей территории или 58,5% от сельскохозяйственных угодий.

Следовательно, большая распаханность земель свидетельствует о том, что территория относится к экологически неустойчивой. Кроме того, компактное расположение леса в предгорной зоне, видимо, не оказывает большого влияния на проявление эрозионных процессов на остальной части территории открытой степи.

Аналогичное соотношение угодий отмечается в других хозяйствах предгорно-степного района.

Таким образом, все перечисленные антропогенные факторы, включая уничтожение целинной растительности, защищавшей почву от воздействия сильных ветров при массовом освоении земель, большое поголовье овец, привели к нарушению экологического равновесия и являются главной причиной деградации агроландшафтов в середине XX в. в степной зоне юга Средней Сибири.

Кроме того, при освоении целинных и залежных земель в 1954–1960 гг. здесь использовалась традиционная технология, перенесенная из европейской части страны (обработка почвы плугами, луштыльниками в паровом и других полях на сплошных массивах). Возделывали в основном зерновые культуры (пшеницу, ячмень, овес). Такая технология в течение длительного времени привела к сильному развитию эрозии почв (табл. 2).

Обследование почв через 25 лет (1993–1994 гг.) показало существенное изменение в степени проявления дефляции почв. Так, в АО «Табатское» за длительный период использования земель площадь слабоэродированных почв уменьшилась на 14,0%, среднеэродированных — увеличилась на 1,3%, а сильноэродированных — еще больше (на 12,7%).

Содержание гумуса слабоэродированных почв снизилось на 1%, среднеэродированных и сильноэродированных — на 1–2%.

Такие же изменения за 25 лет произошли в АО «Бондаревское».

Несмотря на исключение сильноэродированных почв из структуры пашни и отсутствия вспашки на 20–22 см из технологических операций, эрозионные процессы отмечаются в паровом поле (табл. 3).

После одной обработки почвы осенью дискатором отмечалась незначительная эродированность (2,6 г / 5 мин).

Стерня при механических обработках в паровом поле полностью заделывается, разлагается (необходимо 100–150 шт/м²), почва распыляется, эродированность в 2,6 раза больше, чем при одной обработке.

Расчеты эродированности почвы подтверждаются данными полевых наблюдений. Учеты после сильного ветра 25 марта 2022 года показали, что на разном удалении от края парового поля (1500 × 400 м) фракции почвы > 1 мм на пастбище отложились толщиной от 0,3 до 20 см.

Наибольшая толщина эолового отложения (20 см) отмечалась на удалении 1 м от края парового поля, 3,0–6,5 см — на 50–80 м; 0,3–0,5 см — на 90–100 м, прерывистые небольшие отложения местами — на 110 м, в лесной полосе — меньше 1 см.

Ветровая эрозия наносит огромный ущерб сельскому хозяйству [17, 18], плодородию почв (табл. 4).

Ветром на большие расстояния уносятся тонкопылевая и илистая часть почвы с содержащими в ней элементами питания растений. Об этом свидетельствует одинаковое содержание их в исходной почве и эоловом отложении. Так, содержание физической глины в исходной почве составило 49,08%, в эоловом отложении (на расстоянии 40 м от края поля) — 48,99% (НСП₀₅ 1,76), валового фосфора, соответственно, 0,27% и 0,23%

Таблица 2. Влияние длительного использования земель на эрозию почв

Table 2. The impact of long-term land use on soil erosion

Степень эрозии почв	АО «Табатское»					АО «Бондаревское»				
	1968–1969 гг.		1993–1994 гг.		изменения (+, -)	1964–1965 гг.		1993–1994 гг.		изменения (+, -)
	тыс. га	%	тыс. га	%		тыс. га	%	тыс. га	%	
Слабая	4,4	37,9	2,1	23,9	-14,0	6,4	43,9	5,5	30,8	-13,6
Средняя	5,9	50,9	4,6	52,2	+1,3	4,6	31,8	9,7	53,6	+21,8
Сильная	1,3	11,2	2,1	23,9	+12,7	3,5	24,3	2,8	15,6	-3,7
Итого	11,6	100,0	8,8	100,0		14,5	100,0	18,0	100,0	

Таблица 3. Эродированность почвы при разных обработках и предшественниках, 2022 г.

Table 3. Soil erodibility under different treatments and predecessors, 2022

Предшественник	Фракции > 1 мм, %	Количество стерневых остатков, шт/м ²	Эродированность, г / 5 мин
Пар чистый (4–5 обработок)	59,9	0,0	58,7
Пшеница (до обработки почвы)	90,8	247,3	0,6
Пшеница (после одной обработки дискатором)	84,2	137,9	2,6
НСП ₀₅	5,89		

Таблица 4. Содержание органического вещества, общего азота, валового фосфора, валового калия и физической глины в почве и золовом отложении, %

Table 4. Content of organic matter, total nitrogen, gross phosphorus, gross potassium, and physical clay in soil and aeolian deposits, %

Расстояние от края парового поля, м	Органическое вещество, %	Общий азот, %	Общий фосфор, %	Общий калий, %	Физическая глина, %
Паровое поле	8,26	0,48	0,27	0,98	49,08
2	7,15	0,42	0,18	0,87	48,39
10	6,87	0,39	0,19	0,88	43,22
20	6,91	0,42	0,20	0,94	45,35
40	7,07	0,43	0,23	1,02	48,99
50	7,28	0,43	0,19	1,02	48,97
НСП ₀₅	0,27	0,03	0,05	0,08	1,76

(НСП₀₅ 0,05), валового калия — 0,98% и 1,02% (НСП₀₅ 0,08).

В основном эрозионные процессы (пыльные бури, поземки, золовые отложения) сейчас наблюдаются в паровых полях. Так, в весенне-летний период 2022 г. авторами отмечены 3 дня с пыльными бурями локального характера и поземками. Весной 2023 г. зафиксированы 4 дня с такими бурями и поземками только в паровых полях. Прежде (в 1960–1965 гг.) при отвальной системе обработки почвы пыльные бури проявлялись весной на всех полях севооборотов.

Полезащитные лесные полосы играют большую противозерозионную роль. В 2022 году в лесополосе мелкозема отложилось на расстоянии 2 м от наветренной стороны 10 мм, на расстоянии 3 м — 3 мм, 4 м — 2 мм, 10 м — 2 мм, 20 м — 1 мм, 27 м — 0,5 мм.

Лесоводственно-мелиоративные показатели повсем обследованным ПЗЛП представлены в таблице 5.

В ПЗЛП № 1 санитарное состояние деревьев не везде было удовлетворительным: в одном ряду тополь *Populus* sp. был усыхающим, в следующем — ослабленным, вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.) — сильно ослабленным, в другом — ослабленным. Сохранность посадок (57,5%) относилась к средней.

За счет тех рядов, которые имели ослабленное состояние, полезашитная лесная полоса имела хорошую сомкнутость за счет сильно ослабленных растений — необходимые просветы в кронах. В противном случае при полностью здоровом состоянии и 100%-ной сохранности конструкция ПЗЛП была бы плотной. ПЗЛП хорошо выполняла свои мелиоративные функции, несмотря на сильно ослабленное или усыхающее состояние двух рядов.

Тополь и вяз приземистый характеризовались хорошим ростом. Деревья достигали максимальных значений высоты в данных лесорастительных условиях. В наветренных и заветренных рядах и внутри ПЗЛП не обнаружено мелкозема. Дефляция в полях не проявлялась. Степень задернения почвы сильная, злаки являлись доминирующими видами в растительных сообществах. Лесоводственно-мелиоративная оценка ПЗЛП по существующей шкале соответствовала баллу 4а.

Таблица 5. Лесоводственно-мелиоративная оценка систем ПЗЛП в Бейском предгорном степном районе юга Средней Сибири, 2023 г.

Table 5. Forestry and meliorative assessment of protective forest strip systems in the Beisky foothill steppe region of southern Siberia, 2023

№ ПЗЛП	№ ряда	Порода*	Высота деревьев, м	Санитарное состояние деревьев	Сохранность посадок, %	Конструкция лесополос	Лесомелиоративная оценка
1-я система							
1	1	В	13,2±0,6	сильно ослабленные	85	ажурно-продуваемая	4а
	2	Т	12,8±1,6	усыхающие	25		
	3	Т	13,5±1,4	ослабленные	25		
	4	В	6,4±0,8	ослабленные	95		
2	1	В	7,8±0,6	сильно ослабленные	45	ажурная	4а
	2	В	–	усыхающие	45		
	3	В	–	усыхающие	65		
	4	В	8,9±0,2	ослабленные	65		
3	1	В	9,6±0,1	ослабленные	70	ажурная	5а
	2	Т	13,5±0,8	ослабленные	78		
	3	Т	15,7±1,2	сильно ослабленные	69		
	4	В	13,3±0,5	ослабленные	65		
2-я система ПЗЛП							
4	1	В	8,8±0,4	усыхающие	75	ажурно-продуваемая	4а
	2	Б	14,0±0,3	ослабленные	70		
	3	Б	12,0±0,2	ослабленные	60		
	4	В	6,8±0,7	здоровые	55		

Примечание: * В — вяз приземистый, Т — тополь, Б — береза повислая.

В полезашитной лесной полосе № 2 в двух рядах вяз приземистый был усыхающим, в остальных — ослабленным или сильно ослабленным. Деревья этого вида характеризовались хорошим ростом. Конструкция ПЗЛП имела просветы в кронах, не превышающие 35%, и относилась к ажурной. Сохранность посадок средняя — 55%. ПЗЛП полностью выполняла свои мелиоративные функции. В наветренных и заветренных рядах и внутри ПЗЛП не обнаружено мелкозема. Дефляция в полях отсутствовала. Степень задернения почвы сильная, злаки являлись доминирующими видами в растительных сообществах. Мелиоративную

эффективность этой ПЗЛП оценили баллом 4а. Возраст насаждений достиг своего критического состояния. Так как в дальнейшем будет прогрессировать ухудшение санитарного состояния посадок, следует провести реконструкцию насаждений, направленную на омоложение древесных растений.

ПЗЛП № 3 имела лучшие показатели, чем предыдущие, в первую очередь это относилось к санитарному состоянию посадок, в большинстве случаев они были ослабленными. Тополь и вяз приземистый характеризовались хорошим ростом и средней степенью сохранности. При обследовании наветренных, заветренных рядов и внутри ПЗЛП мелкозема не обнаружено. Снегом не фиксировался. Дефляция на полях не отмечена. Злаки являлись доминирующими видами в фитоценозах. Задернение почвы среднее. ПЗЛП хорошо выполняла свои мелиоративные функции. Оценка лесоводственно-мелиоративных показателей насаждения в баллах равнялась 5а. В 2023 году обследована ПЗЛП во второй системе ПЗЛП, находящейся в окрестностях дер. Буденовка.

Первый заветренный ряд, находящийся с северной стороны от ПЗЛП, из вяза приземистого относился к категории «усыхающие». Причиной плохого состояния деревьев могла быть неосторожная обработка гербицидами прилегающих полей в ветреную погоду, что способствовало попаданию какой-то части ядохимикатов на листву.

Среднеарифметическое значение сохранности деревьев в насаждении составляло 65%, поэтому приравнивали к градации «среднее». Отложения мелкозема в ПЗЛП, наветренных и заветренных рядах не обнаружено. Дефляция в полях отсутствовала. Степень задернения почвы средняя. В растительном покрове доминирующими видами являлись злаки. В полезащитной полосе № 4 береза повислая (*Betula pendula* Roth) и вяз приземистый характеризовались хорошим ростом. Конструкция ПЗЛП относилась к ажурно-продуктивной. ПЗЛП полностью выполняла свои мелиоративные функции. Оценка в баллах равна 4а.

В 2023 году обследовано массивное 27-рядное защитное лесное насаждение шириной 100 м в окрестностях с. Бея Бейского района. Состав насаждения — *Betula pendula*, *Hippophae rhamnoides* L., *Pinus sylvestris* L. Сохранность по рядам варьировала от 5 до 80%, среднее значение — 34,7% (низкий показатель). Высота березы повислой, находящейся в крайнем ряду с северной стороны системы ПЗЛП, равнялась $13,9 \pm 4,7$ м, в крайнем ряду с южной стороны системы — $12,3 \pm 0,3$ м. Высота сосны обыкновенной — $4,2 \pm 0,3$ м. Санитарное состояние насаждений из березы повислой и сосны обыкновенной ослабленное. Конструкция ПЗЛП плотная. Так как состав насаждений для данных лесорастительных условий является оптимальным, древесина растения обладает хорошим ростом, ослаблением санитарным состоянием, то лесоводственно-мелиоративная оценка массива

Рис. 3. Агролесомелиоративный противозерозионный комплекс в степи предгорий (КФХ «Трейзе»). Автор Е.Я. Чебоचाков. 2021 г.

Fig. 3. Agroforestry erosion control complex in the steppe of the foothills (Peasant farm enterprise "Treize"). Author E.Ya. Chebochakov. 2021



соответствует баллу 4а, несмотря на то что защитные свойства снижены из-за плотной конструкции. Плотная конструкция ПЗЛП ослабляет мелиоративную роль.

В отличие от прошлого (середины XX в.), в настоящее время разработанный и освоенный противозерозионный комплекс, включающий полосное размещение сельскохозяйственных культур, полезащитные лесные полосы (экологические каркасы степных территорий) и почвозащитные обработки в КФХ «Трейзе» позволяют предотвратить деградацию почв агроландшафтов (рис. 3).

Эффективность противозерозионного комплекса заключается не только предотвращении эрозии и сохранении продуктивности степных агроландшафтов (табл. 6).

Так, прибавка урожайности зерновых культур (пшеницы, овса) и гречихи в среднем за пять лет (2019–2023 гг.) в крестьянско-фермерском хозяйстве (КФХ) «Трейзе», где освоен противозерозионный комплекс с полезащитными лесными полосами в сочетании с другими почвозащитными приемами, составила 0,3–3,2 ц/га по сравнению с продуктивностью этих культур в Бейском районе.

Такая технология использования земельных ресурсов обеспечила устойчивое развитие хозяйства. При этом противозерозионная устойчивость повысилась. Количество дней с пыльными бурями уменьшилось.

В современных условиях сильно деградированные почвы исключены из пахотных угодий (табл. 7).

Таблица 6. Урожайность сельскохозяйственных культур (2019–2023 гг.), ц/га

Table 6. Yield of agricultural crops (2019–2023), c/ha

Год	Зерновые культуры (пшеница, овес)		Гречиха	
	КФХ «Трейзе»	Бейский район	КФХ «Трейзе»	Бейский район
2019	25,8	23,3	18,4	13,1
2020	25,2	22,5	17,2	14,7
2021	22,6	22,0	26,5	19,7
2022	7,6	9,9	13,0	9,2
2023	19,1	21,2	10,9	13,2
Среднее	20,1	19,8	17,2	14,0

Таблица 7. Влияние технологии использования земель в 1960-х годах и в современных условиях на эрозионные процессы в предгорной степи Республики Хакасия

Table 7. The Impact of Land Use Technology in the 1960s and Modern Conditions on Erosion Processes in the Foothill Steppe of the Republic of Khakassia

Приемы и условия использования земли	В период освоения целинных и залежных земель по традиционной технологии (1954–1965 гг.)	После аграрной реформы (2020–2024 гг.)
Использование сильнодефилированных почв в пашне	использовались	не использовались
Основная обработка почвы	отвальная	минимальная
Срок основной обработки почвы	осенняя	осенняя, весенняя
Почвообрабатывающее орудие	плуг	дискатор
Полезосащитные лесные полосы	нет	есть
Гербициды	нет	есть
Проявление дефляции	сильное	слабое
Количество дней с пыльной бурей весной	18	локально

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет средств Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии — филиала ФИЦ КНЦ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Lowdermilk W.C. Conquest of the Land Through 7,000 Years. Agricultural Information Bulletin No. 99. United States Department of Agriculture. 1953; 24.
- Гудзон Н. Охрана почвы и борьба с эрозией. М.: КолосС. 1974; 304.
- Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Проблемы и перспективы земледелия России. Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия. VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения. Материалы Международной научно-практической конференции. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья. 2018; 294–302. <https://www.elibrary.ru/yruolp>
- Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. М.; Л.: Сельхозгиз. 1936; 116.
- Сулейменов М.К. Оценка основных элементов почвозащитной системы земледелия в изменяющихся социально-экономических условиях. Развитие идей почвозащитного земледелия в новых социоэкономических условиях. Астана: Шортанды. 2003; 8–17.
- Косолапов В.М., Трофимова И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.Н. Кормопроизводство в сельском хозяйстве и сохранении плодородия почв. Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия. VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения. Материалы Международной научно-практической конференции. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья. 2018; 78–84. <https://www.elibrary.ru/mixflf>
- Гамзиков Г.П. Система No-till в сибирском земледелии: проблемы, реальности и перспективы. Земледелие. 2024; (3): 10–17. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-3-10-17>
- Хлыстун В.Н., Алакоз В.В. О государственном регулировании сельскохозяйственного землепользования. Плодородие. 2022; (3): 61–67. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.126.17>

Выводы/Conclusions

Уничтожение целинной степной растительности, защищавшей почву от воздействия сильных ветров при освоении земель, привело к нарушению экологического равновесия и деградации степных агроландшафтов в предгорно-степном районе юга Средней Сибири.

Увеличение посевных площадей в 1954–1965 гг. (в 2,3 раза) и поголовье овец и коз (в 3,3 раза) способствовало проявлению пыльных бурь (до 18 дней за весну).

В настоящее время на проявление эрозионных процессов повлияли увеличение посевных площадей сельскохозяйственных культур, традиционная система обработки почвы на сплошных массивах.

Освоение агролесомелиоративного противоэрозионного комплекса, включающего почвозащитные обработки, полосное размещение сельскохозяйственных культур и четырехрядные полезосащитные лесные полосы, созданные из вяза приземистого, березы повислой и тополя с междуполосным расстоянием 300–350 м, уменьшает эрозионные процессы.

Перенос мелкозема ветром с открытого парового поля и эоловое отложение на пастбище составляли от 0,3 до 20 см, в лесной полосе — 0,1–1,0 см.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The research was funded by the Research Institute of Agaric Problems of Khakassia — a branch of the Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

REFERENCES

- Lowdermilk W.C. Conquest of the Land Through 7,000 Years. Agricultural Information Bulletin No. 99. United States Department of Agriculture. 1953; 24.
- Hudson N. Soil Conservation. Moscow: KolosS. 1974; 304 (in Russian).
- Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Problems and prospects of agriculture in Russia. Soil fertility and agricultural productivity assessment. VIII Siberian Pryanishnikov agrochemical readings. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals. 2018; 294–302 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yruolp>
- Dokuchaev V.V. Our steppes before and now. Moscow; Leningrad: State Publishing House of Agricultural Literature. 1936; 116 (in Russian).
- Suleymenov M.K. Assessment of the main elements of the soil protection system of agriculture in changing socio-economic conditions. Development of the ideas of soil-protective agriculture in new socio-economic conditions. Astana: Shortandy. 2003; 8–17 (in Russian).
- Kosolapov V.M., Trofimova I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.N. Feed production in agriculture and soil fertility preservation. Soil fertility and agricultural productivity assessment. VIII Siberian Pryanishnikov agrochemical readings. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Tyumen: Northern Trans-Ural State Agricultural University. 2018; 78–84 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mixflf>
- Gamzikov G.P. The No-till system in Siberian agriculture: problems, realities and prospects. Zemledelie. 2024; (3): 10–17 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-3-10-17>
- Khlystun V.N., Alakoz V.V. About state regulation agricultural land use. Plodorodie. 2022; (3): 61–67 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.126.17>

9. Чебоचाков Е.Я., Иванов О.А., Капсаргин А.И., Муртаев В.Н. Влияние технологий освоения и использования целинных, залежных земель на агроэкологическую устойчивость и плодородие почвы. *Аграрная наука*. 2024; (9): 82–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-82-87>
10. Кулинцев В.В. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: АГРУС. 2013; 518. ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://www.elibrary.ru/tbgyoz>
11. Скороходов В.Ю., Максюттов Н.А., Зоров А.А., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А. Сохранение плодородия и защита почвы от эрозии в степной зоне Южного Урала. *Плодородие*. 2021; (6): 22–25. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.123.06>
12. Грибачева О.В., Черская Н.А., Сотников Д.В. Видовое описание унпак ЛНАУ «Колос». *Вестник аграрной науки*. 2023; (3): 46–54. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.46>
13. Танюкевич В.В., Рулев А.С., Бородин В.В., Тюрин С.В., Хмелева Д.В., Кваша А.А. Продуктивность и природоохранная роль лесозащитных лесонасаждений *Robinia pseudoacacia* L. Прикубанской равнины. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2020; (6): 88–97. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-6-88-97>
14. Манаенков А.С., Подгаецкая П.М., Попов В.С. Влияние лесозащитных лесных полос на развитие яровой пшеницы в приопушенной зоне посевов. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2023; (4): 97–106. <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.9>
15. Реймерс Н.Ф. Экология: теория, законы, правила и гипотезы. М.: Журнал «Россия молодая». 1994; 367.
16. Лапенко Н.Г., Хонина О.В., Старостина М.А. Обзор вопросов сохранения степных экосистем. *Аграрная наука*. 2024; (12): 117–124. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-117-124>
17. Завалин А.А. Проблемы и пути решения технологического развития земледелия. *Земледелие*. 2024; (2): 25–29. <https://www.elibrary.ru/djveig>

ОБ АВТОРАХ

Егор Яковлевич Чебоचाков¹

кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель группы агролесомелиорации
echebochakov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9398-4197>

Александр Артурович Шпедт²

член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор
fic@ksc.krasn.ru

Марина Александровна Мартынова¹

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
artemisiadracun61@mail.ru

Олег Анатольевич Иванов¹

кандидат технических наук, директор НИИ аграрных проблем Хакасии — филиала ФИЦ КНЦ СО РАН
niiapkhak@yandex.ru

Алексей Иосифович Капсаргин³

временно исполняющий обязанности директора
agrohimi_19@mail.ru

Валерий Николаевич Муртаев¹

младший научный сотрудник
valera.murtaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9474-3424>

¹Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», ул. Садовая, 5, с. Зелёное, Усть-Абаканский р-н, Республика Хакасия, 655132, Россия

²Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», ул. Академгородок, 50, Красноярск, 660036, Россия

³«РосАгрохимСлужба», ул. Хакасская, 25, Абакан, Республика Хакасия, 655017, Россия

9. Chebochakov E.Ya., Ivanov O.A., Kapsargin A.I., Murtaev V.N. The impact of technologies for the development and use of virgin, fallow lands on agroecological stability and soil fertility. *Agrarian science*. 2024; (9): 82–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-82-87>

10. Kulintsev V.V. et al. The system of agriculture of the new generation of the Stavropol Territory. Stavropol: AGRUS. 2013; 518 (in Russian). ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://www.elibrary.ru/tbgyoz>

11. Skorokhodov V.Yu., Maksyutov N.A., Zorov A.A., Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., Zenkova N.A. Fertility preservation and protection of soil from erosion in the steppe zone of the Southern Urals. *Plodородие*. 2021; (6): 22–25 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.123.06>

12. Gribacheva O.V., Cherskaya N.A., Sotnikov D.V. Species description of vegetation of protective forest strips on the farm of UNPAK LNAU «Kolos». *Bulletin of agrarian science*. 2023; (3): 46–54 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.46>

13. Tanyukevich V.V., Rulev A.S., Borodychev V.V., Tyurin S.V., Khmeleva D.V., Kvasha A.A. Productivity and Environmental Role of Forest Shelterbelts of *Robinia pseudoacacia* L. of the Kuban Lowland. *Russian Forestry Journal*. 2020; (6): 88–97 (in Russian). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-6-88-97>

14. Manaenkov A.S., Podgaetskaya P.M., Popov V.S. Impact of forest shelter belts on the development of spring wheat in the near-edge zone of crops. *Bulletin of the Moscow University. Episode 5: Geography*. 2023; (4): 97–106 (in Russian). <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.9>

15. Reymers N.F. Ecology: theory, laws, rules, and hypotheses. Moscow: «Rossiya molodaya» Journal. 1994; 367 (in Russian).

16. Lapenko N.G., Honina O.V., Starostina M.A. Overview of issues of conservation of steppe ecosystems. *Agrarian science*. 2024; (12): 117–124 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-117-124>

17. Zavalin A.A. Problems and solutions to the technological development of agriculture. *Zemledelie*. 2024; (2): 25–29 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/djveig>

ABOUT THE AUTHORS

Egor Yakovlevich Chebochakov¹

Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Agroforestry Group
echebochakov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9398-4197>

Alexander Arturovich Shpedt²

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Director
fic@ksc.krasn.ru

Marina Alexandrovna Martynova¹

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
artemisiadracun61@mail.ru

Oleg Anatolyevich Ivanov¹

Candidate of Technical Sciences, Director of the Khakassia Research Institute of Agrarian Problems — Branch of the Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
niiapkhak@yandex.ru

Alexey Iosifovich Kapsargin³

Acting Director
agrohimi_19@mail.ru

Valery Nikolaevich Murtaev¹

Junior Researcher
valera.murtaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9474-3424>

¹Scientific research institute of agricultural problems of Khakassia — branch of the Federal state budget scientific institution «Federal research center «Krasnoyarsk scientific center of the Siberian branch of the Russian academy of sciences», 5 Sadovaya Str., village Zelenoe, Ust-Abakan district, Republic of Khakassia, 655132, Russia

²Krasnoyarsk scientific center of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, 50 Akademgorodok Str., Krasnoyarsk, 660036, Russia

³«Russian Agrochemical Service», 25 Khakasskaya Str., Abakan, 655017, Russia