

ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 504.53:504.54:504.38:633.1

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ СТЕПНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ К АНТРОПОГЕННЫМ И КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)

© 2022 г. Ю. А. Гулянов^а, А. А. Чибилёв (мл.)^{а, *}, А. А. Чибилёв^а, С. В. Левыкин^а

^аИнститут степи Оренбургского ФИЦ УрО РАН, Оренбург, Россия

*e-mail: orensteppe@mail.ru

Поступила в редакцию 07.06.2021 г.

После доработки 10.09.2021 г.

Принята к публикации 12.10.2021 г.

Среди субъектов степной зоны Российской Федерации Оренбургская область — типично степной регион с развитым зерновым производством. Практикуемые здесь на протяжении длительного времени традиционные почвозатратные технологии, ориентированные преимущественно на мобилизацию природного почвенного плодородия, привели к повсеместной деградации степных угодий, иссушению территории, снижению продуктивности агроценозов и кризисному сокращению ландшафтного и биологического разнообразия. Цель исследований заключалась в анализе современных вызовов устойчивому степному землепользованию, выявлении исторических, технологических и климатических предпосылок снижения качества земель и продуктивности сельскохозяйственных угодий (на примере Оренбургской области), разработке и научном обосновании подходов к адаптации степного землепользования к современным почвенным и климатическим изменениям. Использованы размещенные в свободном доступе электронные материалы о климатических ресурсах, результатах хозяйственной деятельности, а также материалы экспедиционных исследований. Анализ результативности полеводства, выявление климатических тенденций и определение их связи проведены в соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием и агроэкологической группировкой земель. Подтверждено сохранение устойчивой почвозатратной направленности современной структуры сельскохозяйственных угодий. Выявлена крайне неблагоприятная динамика гидротермических условий, имеющих особенно выраженный засушливый тренд в Заволжской и Казахстанской провинциях степной и сухостепной зон области, сопровождающийся снижением продуктивности фитомассы искусственных и природных ценозов. Установлена сильная прямая связь продуктивности полевых культур (яровой пшеницы) с количеством осадков и гидротермическим коэффициентом Селянинова в период вегетации и обратная связь с суммой активных температур. Систематизированы проблемы оптимизации структуры земельных угодий юридического, землеустроительного и технологического характера, препятствующие официальному изменению их статуса. Предложено внедрение адаптивного стратегического подхода. Проанализированы научные теории оптимизации степного землепользования с использованием адаптивно-ландшафтных систем земледелия, оценена вероятность их внедрения в современных условиях. Обосновано применение природоподобных земледельческих технологий, способствующих более эффективному использованию природных ресурсов и щадящему антропогенному воздействию на прилегающие ландшафты.

Ключевые слова: деградация степных угодий, сокращение ландшафтного и биологического разнообразия, снижение продуктивности агроценозов, оптимизация степного землепользования, адаптивная поляризация земельных угодий, адаптивно-ландшафтные системы земледелия

DOI: 10.31857/S258755662201006X

ВВЕДЕНИЕ

Среди субъектов степной зоны России Оренбургская область является типично степным регионом, стабильно поставляющим на российский рынок продукцию агропромышленного комплекса. Земельные ресурсы региона преимущественно угодьями сельскохозяйственного назначения, занимающими около

11.0 млн га, или 88.2% территории. Обеспеченность сельскохозяйственными угодьями значительно превышает общероссийский показатель и составляет 5.5 га на 1 человека.

В структуре земель сельскохозяйственного назначения наибольшую долю составляют пашня и пастбища (около 90.0%), основные массивы которых располагаются в центральных и восточных

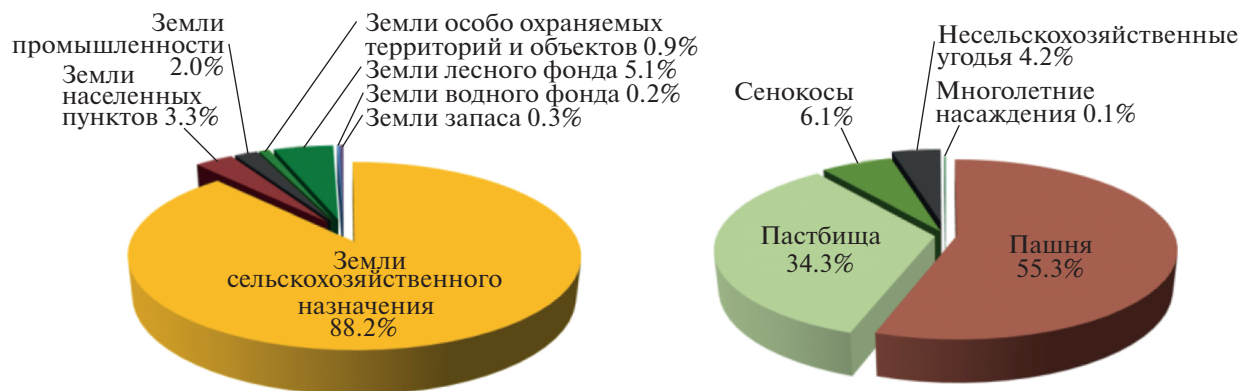


Рис. 1. Структура земельного фонда (а) и земель сельскохозяйственного назначения (б) Оренбургской области на 01.01.2020 г.

районах области. В более влагообеспеченных западных районах освоены наибольшие площади сенокосных угодий, приуроченных в основном к долинам рек Урал, Сакмара, Самара и их основным притокам. Площадь земель водного фонда сравнительно невелика и составляет 21.5 тыс. га¹, немногим более 5.0% территории занято лесным фондом (630.7 тыс. га). Под земли населенных пунктов отведено 406.0 тыс. га, из которых более 35.0% (144.3 тыс. га) находится под городами. Более 250.0 тыс. га занято предприятиями промышленности, энергетики, транспорта, связи, обороны и иного специального назначения. На площади 268.1 тыс. га организовано 336 особо охраняемых природных территории (ООПТ) (рис. 1).

Земельные ресурсы области являются ее основным богатством, их рациональное и эффективное использование, направленное на удовлетворение жизненных потребностей населения при сохранении безопасной среды обитания и биологического разнообразия для будущих поколений, относятся к числу первоочередных приоритетов стратегического развития.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ УСТОЙЧИВОМУ СТЕПНОМУ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЮ

Земельные ресурсы степного Оренбуржья многим поколениям промышленников и сельхозтоваропроизводителей представлялись неисчерпаемыми, причем без особых затрат на сохранение и воспроизводство почвенного плодородия, защиту почв от разрушительных степных

ветров, сохранение биологического разнообразия. Бессистемный выпас, многократно превышающий допустимые нагрузки на пастбища, отвальная обработка почвы, особенно в условиях повышающейся засушливости климата, пренебрежение законами земледелия и традиционная надежда на случайные урожаи стали причиной снижения запасов гумуса, уменьшения почвенно-биологической активности, способствовали развитию эрозии почвы и привели к ее значительной пестроте. В процессе хозяйственной деятельности большие территории были отведены под карьеры, выемки, насыпи, отвалы, что при полном отсутствии или безответственной рекультивации привело к нарушению земель, существенно снизило их пригодность для дальнейшего использования².

Особенно сильно устойчивость и продуктивность степных угодий была подорвана в XX в., в период так называемой целинной кампании 1954–1963 гг., характеризовавшейся многократным превышением разумных пределов подъема целинных земель. Наряду с научно обоснованной площадью распашки (11–13 млн га) черноземных почв на востоке степной зоны России (по прогнозным проектам академиков Н.И. Вавилова, Н.М. Тулайкова и других авторитетных ученых) в обработку были вовлечены десятки миллионов гектаров потенциально низкопродуктивных земель (Рычков, 2013).

Освоение целинных земель позволяло быстро увеличить производство зерна для истощавшегося по вольному хлебу в военный и послевоенный период населения СССР. При такой безусловной мотивации и патриотическом настрое первоцелинников, всячески поощряемом со сторо-

¹ Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. <https://rosreestr.gov.ru/site/activity/-gosudarstvennyy-nationalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/> (дата обращения 20.03.2021).

² Территориальное планирование Оренбургской области. <https://minstroyoren.orb.ru/activity/1558/> (дата обращения 15.03.2021).

ны руководства страны, было достигнуто существенное перевыполнение плановых показателей. В итоге первоначальный план целинной кампании, ориентированный на подъем 13–15 млн га, завершился вовлечением в обработку еще около 30 млн га. Как впоследствии выяснилось, широкомасштабное вовлечение в пашню степных угодий не стало гарантом стабильности зернового производства, прежде всего по причине стремительной деградации и снижения плодородия малопригодных для обработки почв.

За последние 30 лет (1990–2020 гг.) в РФ произошли существенные изменения в структуре сельскохозяйственных угодий, связанные с рыночными преобразованиями в земельных отношениях и развитием многоукладных способов хозяйствования на земле. В 1990–2010 гг. они выражались в стихийном выведении из обработки истощенных и неустойчивых пахотных угодий и увеличении площади залежных земель. В последнее же десятилетие наблюдается процесс обратного вовлечения залежей в обработку, и площадь пашни снова приближается к размерам 1990 г. (Чибилёв (мл) и др., 2018).

Интенсивное вовлечение степного пространства в сельскохозяйственный оборот стало причиной практически полной утраты целинных зональных степей на полнопрофильных суглинистых почвах, в первую очередь на водораздельных и придолинных плакорах, на надпойменных террасах, создало угрозу поддержания стабильности биологических систем и биоразнообразия произрастающих и обитающих здесь видов растений и животных, значительная часть которых (дрофа, стрепет, красавка, степной орел и др.) занесена в Красную книгу Российской Федерации³.

В некоторой степени разряжает ситуацию формирование в Южном Предуралье и в Зауралье на залежных землях площадью 0.4–0.5 млн га вторичных степей с набором титульных красно-книжных видов (прежде всего птиц и животных), сохранение которых при правильном природоохранном подходе может способствовать некоторой стабилизации их численности.

Несмотря на приоритет лесных объектов при создании ООПТ в степной зоне, обострились проблемы сохранения старовозрастных естественных насаждений, количество и площадь которых в условиях климатических изменений стремительно сокращаются, а их возобновлению препятствуют антропогенные факторы. Начиная с 1960-х годов, наблюдается обеднение ресурсов наиболее массовых охотничьих видов дичи, в том числе водоплавающей, и существенно сокращаются рыбные ресурсы (Левыкин и др., 2020).

Следует отметить, что при всем многообразии жизнеобеспечивающих функций степей, направленных на поддержание биологического разнообразия и экологического баланса экосистемы, регионы степной зоны России являются основными производителями продовольственного зерна пшеницы. Здесь собирается до 12.6–17.5 млн т зерна в год, или 60.0–77.6% от общего валового сбора. Из них 0.7–1.3 млн т, или 5.5–7.7%, составляет зерно, собранное в Оренбургской области (Gulyanov et al., 2021). Данное обстоятельство свидетельствует о высокой актуальности весомых и стабильных оренбургских урожаев в поддержании продовольственной безопасности населения, особенно в условиях изменений климата (Шеврина, Корабейникова, 2020), принявших глобальный характер (Fawaz and Soliman, 2016; Harrison et al., 2020; Sommer et al., 2010).

Как свидетельствуют результаты анализа урожайности зерна яровой пшеницы по природно-сельскохозяйственным провинциям Оренбургской области (2008–2019 гг.), традиционные подходы в земледелии при сложившемся уровне почвенного плодородия в условиях современных климатических тенденций не способствуют росту урожайности. В отдельных же природно-сельскохозяйственных провинциях наблюдается ее заметное снижение (рис. 2).

Наиболее существенное снижение урожайности (на 0.28–0.33 т/га) отмечается в Казахстанской и Заволжской провинциях степной зоны. В Предуральской провинции лесостепной зоны выявлен ее практически нулевой тренд. В Заволжской и Казахстанской провинциях сухостепной зоны, отличающихся наименьшей степенью реализации биоклиматического потенциала (БКП) (30–35%), снижение гидротермического коэффициента Селянинова (далее ГТК) до 0.54 мм/°С позволяет поддерживать урожайность зерна только на минимальном для области уровне (0.56–0.58 т/га).

Результаты корреляционно-регрессионного анализа указывают на прямую зависимость урожайности зерна яровой пшеницы от уровня почвенного плодородия, количества осадков и ГТК в период вегетации и обратную зависимость от сумм активных температур (Гулянов, 2021).

Исходя из вышеизложенного, в условиях крайне обострившихся экологических проблем, порожденных длительной природозатратной деятельностью человека и ощутимыми климатическими изменениями, многократно возрастает актуальность адаптации к ним современного степного землепользования, а ее результаты представляют несомненный практический интерес.

Цель исследований заключалась в актуализации вызовов устойчивому степному землепользованию, выявлении исторических, технологиче-

³ Красная Книга России. <https://redbookrf.ru/> (дата обращения 25.05.2021).

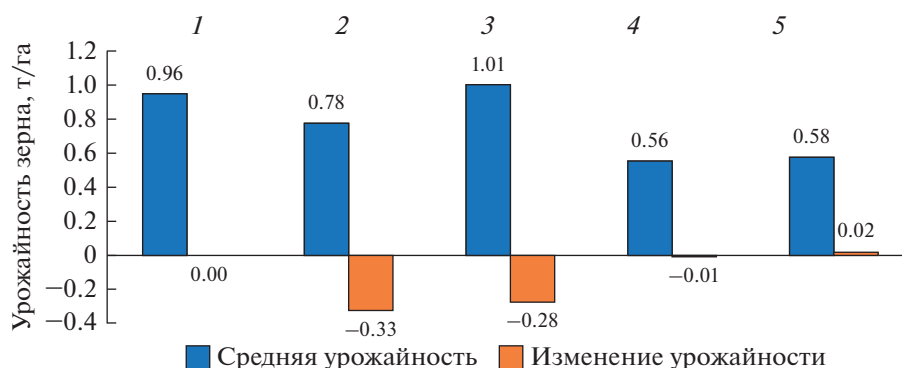


Рис. 2. Средняя урожайность и изменение урожайности зерна яровой пшеницы по природно-сельскохозяйственным провинциям Оренбургской области, 2008–2019 гг., т/га (1 — Предуральская лесостепной зоны, 2 — Заволжская степной зоны, 3 — Казахстанская степной зоны, 4 — Заволжская сухостепной зоны, 5 — Казахстанская сухостепной зоны).

ских и климатических предпосылок снижения качества земель и продуктивности сельскохозяйственных угодий (на примере Оренбургской области), разработке и научном обосновании подходов к адаптации степного землепользования к современным почвенным и климатическим изменениям.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве источника данных использовали размещенные в свободном доступе электронные ресурсы “ЕМИСС. Государственная статистика”⁴, “Регионы России. Социально-экономические показатели”⁵, “Погода и климат”⁶, “Осадки и температура”⁷, материалы экспедиционных исследований. Анализ результативности полеводства (2008–2019 гг.), выявление современных климатических тенденций (1990–2020 гг.) и определение их связи проведены в соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием Оренбургской области и агроэкологической группировкой земель (Система ..., 1999). Статистическая обработка цифрового материала осуществлена с применением стандартных методов корреляционного и регрессионного анализа (Доспехов, 1985).

⁴ ЕМИСС. Государственная статистика. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь). <http://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения 22.01.2021).

⁵ Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/fimgAF33/Region_Pokaz_-2020.pdf (дата обращения 11.05.2021).

⁶ Погода и климат. <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php> (дата обращения 15.03.2021).

⁷ Осадки и температура. <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения 10.02.2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исторические, технологические и климатические предпосылки снижения качества земель и продуктивности сельскохозяйственных угодий

Антропогенные предпосылки. Как свидетельствуют результаты широкомасштабных научных исследований, проведенных различными научными и учебными центрами, основными причинами деградации земельных угодий степных регионов России за истекшее столетие стало их повсеместное истощение вследствие преимущественно экстенсивного земледелия и значительного превышения антропогенной нагрузки на неполнопрофильные, склоновые и малоустойчивые к эрозионным проявлениям почвы (Кирушин, 2019).

В Оренбургской области наиболее остро проблема эрозии и системных потерь органики обозначилась в послецелинный период как результат вовлечения в пашню около 0.5 млн га (из 1.8 млн га распаханых земель в Предуралье) почв с укороченным профилем, карбонатных, засоленных, быстро перешедших в разряд сильно эродированных. В Зауралье из 1 млн га распаханых за целинную компанию земель более 0.3 млн га представляли собой солонцово-степные комплексы с маломощными, карбонатными, солонцеватыми легкими почвами. В пашню также было вовлечено около 120 тыс. га песчаных и супесчаных почв, 600 тыс. га солонцов и 500 тыс. га наиболее эрозионно-опасных, а в целом свыше 1.2 млн га малопродуктивных почв (Климентьев, 2000).

Распашка малопригодных для земледелия территорий при экстенсивном использовании сопровождалась потерей природного плодородия почв, которое, по разным оценкам, составило от 30 до 50% запасов гумуса, а площадь земель, под-

Таблица 1. Особенности выпадения атмосферных осадков по природно-сельскохозяйственным провинциям Оренбургской области, 1990–2020 гг.

Провинция	Атмосферные осадки, средние за период, мм					
	за год <i>CV</i>	период активной вегетации			неактивный период	
		среднее (%) <i>CV</i>	Max (год)	Min (год)	среднее (%) <i>CV</i>	Max Min
Предуральская лесостепной зоны	<u>450</u> 15.5	<u>228 (50.7)</u> 26.5	<u>319</u> (2006)	<u>100</u> (2010)	<u>222 (49.3)</u> 21.1	<u>300</u> 144
Заволжская степной зоны	<u>359</u> 25.1	<u>198 (55.2)</u> 36.7	<u>314</u> (2002)	<u>72</u> (1998)	<u>161 (44.8)</u> 25.8	<u>250</u> 92
Казахстанская степной зоны	<u>285</u> 30.5	<u>170 (59.6)</u> 47.0	<u>330</u> (1993)	<u>75</u> (2014)	<u>115 (40.4)</u> 23.1	<u>162</u> 66
Заволжская сухостепной зоны	<u>327</u> 28.9	<u>177(54.1)</u> 44.1	<u>332</u> (2007)	<u>36</u> (2014)	<u>150 (45.9)</u> 22.3	<u>245</u> 105
Казахстанская сухостепной зоны	<u>305</u> 21.9	<u>163 (53.4)</u> 30.8	<u>284</u> (2000)	<u>91</u> (1998)	<u>142 (46.6)</u> 24.1	<u>212</u> 79

Примечание. *CV* (здесь и далее) – коэффициент вариации (coefficient of variation), %.

верженных дефляции, увеличилась в несколько раз (Русанов, Кононов, 1998).

В результате широкомасштабного освоения степного пространства уже к концу XX в. прирост площадей эродированных земель составил более 1% в год. С 1955 по 1984 г. содержание гумуса в обыкновенных черноземах снизилось в среднем на 3.1 п. п. (процентных пункта) и на 1.0 п. п. – в темно-каштановых почвах (Климентьев, 2000). К концу второго тысячелетия площадь низкопродуктивной пашни в Оренбургской области, подлежащей первоочередной консервации, оценивалась в 0.6 млн га и еще 0.7 млн га были отнесены к условно пахотнопригодным почвам (Русанов, Кононов, 1998).

В современном земледелии Оренбургской области, на фоне высокого насыщения посевных площадей зерновыми культурами (до 65%), при практически полном отказе от внесения органических удобрений и мизерном применении минеральных удобрений, формируются достаточно серьезные риски дальнейшей деградации почвы и снижения полноты реализации биоклиматического потенциала. Вызывает особую тревогу ситуация с кормовыми культурами, площадь которых неуклонно сокращается при одновременном расширении почвоутомительных коммерческих монокультур, в особенности подсолнечника, занимающего в отдельные годы до 1.0 млн га.

Существенное обеднение зональных почв в условиях негативных климатических и технологических тенденций становится одной из главных причин, обостряющих нестабильность земледелия, приводит к существенному варьированию валовых сборов ввиду практически ежегодного списания значительных площадей, особенно зерновых культур. Разница между площадью уборки и площадью посева в отдельные годы может превышать 1.0 млн га (из 2.7–3.0 млн засеянных), а в особенно дефицитные по увлажнению годы – 1.7 млн га (2010 г.). Как итог, средняя сохранность посевов зерновых и зернобобовых культур (2008–2019 гг.) составляет около 80.0%, а площадь не убираемых ввиду отсутствия экономической целесообразности полей – более 550 тыс. га в год.

Климатические предпосылки. Изучение метеорологических показателей по природно-сельскохозяйственным провинциям Оренбургской области за истекший 31-летний период подтвердило их значительную временную и пространственную вариабельность (табл. 1).

При общей напряженности с обеспеченностью территории области атмосферными осадками наибольшим их количеством характеризуется Предуральская провинция лесостепной зоны как по среднегодовым значениям, так и по показателям периода активной вегетации (период со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C).

Таблица 2. Гидротермическая характеристика природно-сельскохозяйственных провинций Оренбургской области, 1990–2020 гг.

Провинция	Температура воздуха, средняя за период (месяцы), °C				ГТК Селянинова, мм/°C	
	$\frac{I-XII}{CV}$	$\frac{V-VIII}{CV}$	сумма активных температур		$\frac{\text{среднее}}{CV}$	$\frac{\text{Max}}{\text{Min}}$
			$\frac{\text{среднее}}{CV}$	$\frac{\text{Max}}{\text{Min}}$		
Предуральская лесостепной зоны	$\frac{4.2}{20.6}$	$\frac{18.0}{7.3}$	$\frac{2762}{8.1}$	$\frac{3389}{2415}$	$\frac{0.82}{29.7}$	$\frac{1.14}{0.32}$
Заволжская степной зоны	$\frac{5.7}{17.7}$	$\frac{19.9}{7.6}$	$\frac{3174}{8.3}$	$\frac{3925}{2653}$	$\frac{0.63}{47.7}$	$\frac{1.09}{0.23}$
Казахстанская степной зоны	$\frac{3.4}{27.2}$	$\frac{18.0}{7.2}$	$\frac{2740}{8.5}$	$\frac{3437}{2356}$	$\frac{0.63}{52.7}$	$\frac{1.15}{0.26}$
Заволжская сухостепной зоны	$\frac{5.7}{17.7}$	$\frac{20.1}{7.8}$	$\frac{3216}{8.6}$	$\frac{3955}{2690}$	$\frac{0.54}{49.3}$	$\frac{1.13}{0.11}$
Казахстанская сухостепной зоны	$\frac{4.5}{22.2}$	$\frac{19.4}{7.2}$	$\frac{3036}{8.7}$	$\frac{3855}{2516}$	$\frac{0.54}{36.7}$	$\frac{0.90}{0.28}$

Наименьшее их среднегодовое количество (285–305 мм) в анализируемый период отмечалось в Казахстанских провинциях степной и лесостепной зон, с наибольшей нестабильностью в степной зоне. Здесь же, а также в Заволжской провинции сухостепной зоны, отмечено самое низкое количество осадков периода активной вегетации, составившее 163–177 мм. Самое минимальное выпадение осадков в холодный период года (115–142 мм) наблюдалось также в Казахстанских провинциях степной и лесостепной зон, с высоким коэффициентом вариации ($CV = 23.1–24.1$).

При примерно равном распределении осадков по сезонам года в природно-сельскохозяйственных провинциях области самый выраженный уклон в сторону теплого периода отмечен в Заволжской и Казахстанской провинциях степной зоны ($CV = 55.2–59.6\%$). Наибольший размах вариации осадков периода активной вегетации, составивший 296 мм, наблюдался в Заволжской провинции сухостепной зоны. В Казахстанской и Заволжской провинциях степной зоны он оказался на 41–54 мм ниже, а его наименьшие значения отмечались в Казахстанской провинции сухостепной зоны и Предуральской провинции лесостепной зоны.

Анализ термических условий анализируемого периода (1990–2020 гг.) выявил высокую изменчивость среднегодовой температуры ($CV = 22.2–$

27.2%) в Казахстанских провинциях сухостепной и степной зон. Самая высокая термическая нестабильность наиболее вероятного периода вегетации яровой пшеницы (май–август), с коэффициентом вариации 7.6–7.8%, отмечена в Заволжских провинциях степной и сухостепной зон, самых теплых зонах области. Здесь среднегодовая температура воздуха исследуемого периода составила 5.7°C, а в среднем за май–август – 19.9–20.1°C (табл. 2).

Определение ГТК подтвердило достаточно низкую благоприятность условий увлажнения и температурного режима для полевых культур на всей территории области. Особенно напряженный режим сложился в Заволжской и Казахстанской провинциях сухостепной зоны, где средние значения ГТК исследуемого периода оказались равными 0.54 мм/°C, что свидетельствует о крайней степени засушливости климата. Наибольший размах ГТК в пределах анализируемых лет наблюдался в Заволжской (1.02 мм/°C) провинции сухостепной зоны. Здесь же отмечались наименьшие значения ГТК в разрезе лет (0.11 мм/°C, 2014 г.), в других территориях области его минимальные значения оказались выше на 0.12–0.21 мм/°C.

Анализ направленности современных климатических тенденций, определение их средней величины и размаха вариации позволили выявить в различных природно-сельскохозяйственных провин-

циях Оренбургской области устойчивый отрицательный тренд в выпадении атмосферных осадков (рис. 3а).

Наибольшее снижение количества осадков, как в годовом измерении (–75 мм), так и за период активной вегетации (–66 мм), отмечено в Заволжской провинции сухостепной зоны. Значительное сокращение осадков, приходящееся в основном на теплый период года, наблюдается также и в других природно-сельскохозяйственных провинциях. В качестве исключения можно отметить только Предуральскую провинцию лесостепной зоны, где обозначилась тенденция к небольшому росту годовых атмосферных осадков при незначительном их снижении в период активной вегетации.

Ожидаемым следствием отрицательного тренда атмосферных осадков при одновременном нарастании сумм активных температур стало повсеместное снижение ГТК Селянинова (рис. 3б). Наибольшее снижение ГТК, превысившее 0.20 мм/°С, отмечено в Казахстанской провинции степной зоны и Заволжской и Казахстанской провинциях сухостепной зоны, а наименьшее снижение – в Предуральской провинции лесостепной зоны.

На фоне сохраняющихся институциональных проблем (см. ниже), препятствующих освобождению земледелия от бремени малопродуктивной пашни, крайне неблагоприятные гидротермические условия при традиционных почвозатратных технологических подходах значительно усиливают риски неустойчивости полевых агроценозов и сохранения биологического разнообразия прилегающих ландшафтов.

Подходы к адаптации степного землепользования к современным антропогенным и климатическим изменениям

Проблема сокращения и консервации малопродуктивных угодий признается научным сообществом РФ краеугольным камнем оптимизации степного землепользования, сохранения степных экосистем и воспроизводства утраченных почвенных ресурсов.

Пути оптимизации использования земельных ресурсов Оренбургской области как модельного степного региона на протяжении нескольких десятилетий активно изучались учеными НПО “Южный Урал”, Оренбургского СХИ, Института степи УрО РАН, ВНИИ зернового хозяйства, Сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. В институте степи УрО РАН интенсивность подобных научных разработок, имеющих как фундаментально-научный, так и прикладной характер, не снижается с 1990-х годов. Так, установлены территориальные размеры выведения из использования малопродуктивной пашни – от

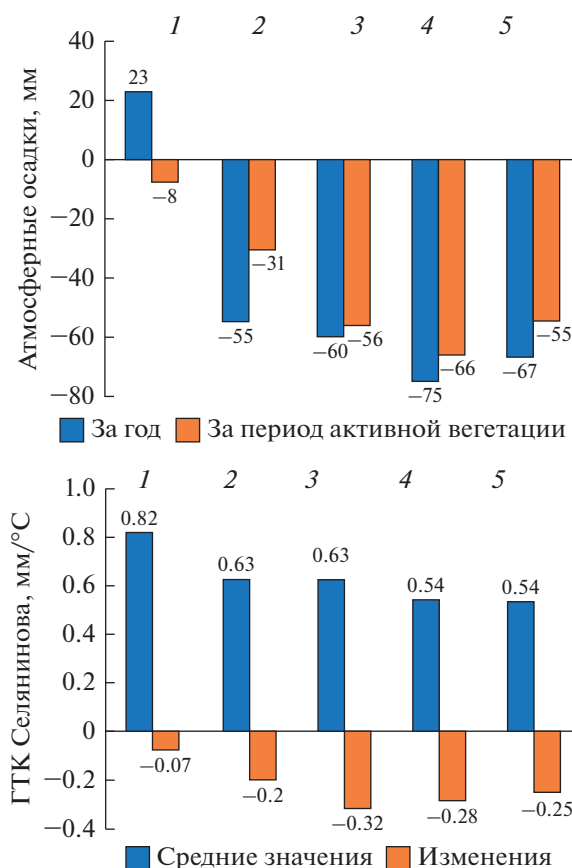


Рис. 3. Изменение величины атмосферных осадков (а) и ГТК Селянинова (б) за 31-летний период наблюдений (1990–2020 гг.) в природно-сельскохозяйственных провинциях Оренбургской области (1 – Предуральская лесостепной зоны, 2 – Заволжская степной зоны, 3 – Казахстанская степной зоны, 4 – Заволжская сухостепной зоны, 5 – Казахстанская сухостепной зоны).

10% к существующей площади пашни в зоне черноземных почв северо-запада области до 30% в зоне каштановых почв юго-востока, суммарно более 1.0 млн га (Левыкин и др., 2020; Чибилёв, 1997; Чибилёв и др., 2019). Аналогичные заключения, основанные на тщательном полевом обследовании территории области, приведены и в работах других исследователей (Блохин, 1997; Климентьев, 2000; Русанов, Кононов, 1998).

Разработанные Институтом степи подходы к оптимизации степного землепользования пока не находят ожидаемого решения. Процедура официального перевода пашни в сенокосно-пастбищные угодья остается законодательно недоработанной и крайне усложненной. Механизмы сохранения степей вне ООПТ также законодательно не закреплены и хозяйствующими субъектами не реализуются. В дополнение к этому, региональным министерством сельского хозяйства мотивирует-

ся вовлечение в пашню старовозрастных залежей, на которых наблюдается восстановление биоразнообразия.

Коренному изменению ситуации в лучшую сторону препятствуют институциональные проблемы степного землепользования, основными из которых, на наш взгляд, являются:

- *юридические*, закрепляющие государственный принцип регламентации землепользования. Действующие принципы земельного законодательства (в соответствии с ЗК РФ от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2021 г.), с одной стороны, характеризуются излишней детализацией назначения и порядка использования конкретных земельных участков, с другой — имеют существенное значение для их владельцев, теряющих в ценности при сокращении доли пашни как самого дорогого угодья;

- *землеустроительные и технологические*, связанные с трудоемкостью выделения на местности множества контуров малопродуктивных земель, особенно криволинейных почвенных выделов, неудобных для обработки, и в особенности при их расположении внутри земельного участка. Это же относится и к округлым пятнам солонцов, выведение которых из пашни трудно реализуемо на практике. К тому же не всегда понятны режимы содержания подобных выделов и технологические подходы, например, при организации сенокосения в случае залужения или при организации выпаса скота на небольших по площади пятнах.

Вполне очевидно, что сжатие низкопродуктивной пашни в регионах степной зоны России без ущерба для продовольственной безопасности страны возможно только при одновременной компенсации недополученных урожаев за счет повышения продуктивности оставшихся в обработке продуктивных земель. Коллективами ученых научных учреждений России (Кочуров, Лобковский, 2021), в том числе и Оренбургской области (Киришин, Дубачинская, 2020; Кислов, 2012; Часовских, 2012), проведена значительная работа в данном направлении, включая адаптацию агротехнологий к местным почвенно-климатическим условиям. Обосновывается переход от зональных систем земледелия и кормопроизводства к адаптивно-ландшафтному, почвозащитному, контурно-мелиоративному и др., приуроченным к агроэкологическим группировкам земель (Система ..., 1999). Разрабатываемые применительно к зональным провинциям в системе природно-сельскохозяйственного районирования, они рассматриваются в качестве основы формирования адаптивных систем сельскохозяйственного землепользования. Разработанная В.И. Киришиным (2019) схема агроэкологической группировки земель Оренбургской области, построенная в иерархии природно-сель-

скохозяйственного районирования (зона—провинция—агроэкологическая группа—тип—вид земель), предполагает выделение 15 агроэкологических групп земель для формирования оригинальных систем земледелия. В дополнение к этому для 46 видов земель предусматривается разработка агротехнологий различных уровней интенсификации. Применительно к указанным категориям земель сформирован набор культур и севооборотов, обоснована дифференциация систем обработки почвы, применения минеральных и органических удобрений, актуализирована перспективность наукоемких агротехнологий, консолидации и кооперации инновационно-технологических центров при научных и учебных учреждениях, повышения квалификации специалистов (Киришин, Дубачинская, 2020).

Следует отметить также, что в конце 1990-х годов при проведении широкомасштабных полевых исследований нами уже наблюдалась тенденция “социально-экономической” (терминология авторов) адаптации структуры сельскохозяйственных угодий к финансовым и трудовым ресурсам, а также попытка теоретического обоснования ее адаптации к географическим условиям и исходному аграрному потенциалу земель. В настоящее время, при сохраняющейся актуальности обозначенных направлений, усиливается значимость климатической и углеродной адаптации. В первом случае воспроизводимое почвенное плодородие не может быть эффективно реализовано в условиях засух, во втором — современное земледелие неизбежно будет ориентироваться на минимизацию выброса углерода в атмосферу.

Опираясь на отечественные разработки в области теории и практики оптимизации степного землепользования и адаптивно-ландшафтных систем земледелия, мы предприняли попытку их развития и актуализации применительно к современным условиям. На наш взгляд, адаптивно-ландшафтные системы земледелия в их классической трактовке наиболее эффективны для староосвоенных земледельческих регионов, прежде всего степных, а также для регионов с хорошо выраженной пластикой рельефа и ландшафтным разнообразием. Главным условием их практической реализации является решение вопроса о собственности на сельскохозяйственные угодья. Только собственник или долговременный пользователь земли сможет вложить существенные финансовые и трудовые ресурсы в действительно адаптивную оптимизацию своих угодий, создав системы точного земледелия со множеством контуров, выделов, мелиорацией и т.д.

Разрабатываемый нами адаптивный стратегический подход (на примере Оренбургской области) предполагает выделение особой категории ландшафтной структуры — ядра зональной ти-

пичности степей, выходящего за границы классических плакоров и поддерживающего потенциал развития зональных степных экосистем (бихолдеров). Входящие в ядро зональной типичности земли имеют наивысшую аграрную значимость, включают в себя элитный пахотный фонд и наделяются особым статусом защиты (сохранения). Предусматривается также выделение внутризональных (литогенных) разновидностей степей, в совокупности с ядром зональной типичности составляющих специфические степные ландшафты. Они характеризуются пространственной открытостью (просматриваемостью) и экологическим преобладанием узколистных злаков и иной травянистой растительности. Все остальные элементы ландшафтной структуры рассматриваются как неспецифические включения, малопригодные для земледелия, но наделяются особым статусом для сохранения ландшафтно-биологического разнообразия и являются основными объектами ООПТ.

Исходя из этого, в качестве основных путей решения сложившихся проблем степного землепользования представляется перспективной поляризация земельного фонда. Она предполагает формирование природоохранного и земледельческого полюсов. Природоохранный полюс формируется в соответствии с ландшафтной структурой для поддержания оптимального уровня ландшафтного и биологического разнообразия. Он характеризуется наличием массивов вторичных степных экосистем и сетью успешно функционирующих ООПТ. В земледельческий полюс входят наиболее ценные (элитные) пахотные угодья на классических степных плакорах, так называемая перманентная, или заповедная пашня. Отнесенные к элитному фонду земельные участки площадью не менее 100 га должны представлять собой выровненные обширные (и в то же время компактные) массивы в пределах придолинных, водораздельных плакоров надпойменных террас с уклоном не более 3°. К ним следует относить преимущественно однородные контура зональных полнопрофильных почв с долей солонцов не более 10%, содержанием гумуса не менее 3%, мощностью продуктивного почвенного слоя не менее 40 см и валовыми запасами гумуса не менее 100 т/га (Левыкин и др., 2020).

Полюса являются территориями наивысшего технологического напряжения, поддерживаемого особым вниманием, контролем и инвестициями со стороны государства.

Межполюсные же ландшафты и соответствующие им угодья отводятся для динамического землепользования, характеризующегося временной гибкостью (адаптивностью).

На основании вышеизложенного нами выделены следующие ландшафтные категории (на примере Оренбургской области):

- природоохранная — природоохранный полюс площадью 1.2 млн га (10% территории землепользования);
- перманентная пашня на плакорах — земледельческий полюс, 3.6 млн га (29%);
- степной бихолдер за границами плакоров, условно пахотопригодные угодья, 2.3 млн га (19%);
- внутризональные разновидности степей, базовые кормовые угодья, 2.8 млн га (22%);
- интрозональные ландшафты, кормовые угодья, 1.7 млн га (13%);
- азональные и экстразональные ландшафты, элементы экологического каркаса, 0.8 млн га, 6%.

Распорядителями наилучших почв с близкой к биопотенциальной урожайностью должны стать наиболее ответственные землепользователи — опытно-производственные хозяйства вузов и сузов, опытные станции, госсортоучастки.

Общая фундаментальная суть адаптивной поляризации заключается в применении интенсивных новационных земледельческих технологий на перманентной пашне и степесобразных (основанных на природоподобии) технологий гибкого управления степными агроландшафтами между полюсами, включая степной бихолдер, что представляется особенно важным для сохранения степной биологической титульности.

В условиях современных антропогенных и климатических изменений, особенно выраженных в Заволжской и Казахстанской провинциях степной и сухостепной зон, целесообразно внедрение природоподобных земледельческих технологий. Их реализация на перманентной пашне (земледельческий полюс) и особенно на землях степного бихолдера за границами плакоров (условно пахотопригодные угодья) будет способствовать рациональному использованию лимитированных природных ресурсов и приведению ландшафтов в близкое к естественному состоянию.

Подобный подход предполагает нормализацию допустимых нагрузок на агроландшафты, поддержание их экологического баланса и снижение отрицательного экологического эффекта от техногенных факторов (Трофимов, Косолапов, 2013).

Результаты авторских полевых экспериментов и экспедиционных исследований (Gulyanov et al., 2021) свидетельствуют о целесообразности вклю-

чения в природоподобные сельскохозяйственные технологии следующих технологических приемов:

— основанных на *фитоподобии* — ландшафтно-экологическое пространственное планирование и организация землепользования путем вписывания полей в естественный природный ландшафт (по примеру контурно-колочного или межозерного земледелия, широко практикуемых в южных регионах Зауралья и Западной Сибири);

— основанных на *почвоподобии* — создание травяных экосистем и насыщение севооборотов многолетними травами, служащими естественным защитным покровом степных ландшафтов (Гулянов и др., 2019) и создающими благоприятные условия для почвообразования и развития почвенной биоты, поддерживающими запасы гумуса на исходном уровне или обеспечивающими их повышение на 0.3–0.6 т/га (Спиридонов, 2007; Kaïrov et al., 2019) в отличие от паровых полей и полей пропашных культур, характеризующихся ежегодными потерями гумуса до 1.5–2.5 т/га (Бельков, Максютков, 2014). В дополнение к этому расширение посевных площадей многолетних трав, выступающих в качестве незаменимого источника кормов для сельскохозяйственных животных, способствует росту их поголовья и оптимизации отраслей растениеводства и животноводства, увеличению выхода ценных органических удобрений (навоз, навозная жижа), внесение которых в полях севооборота является дополнительным гарантом сбережения почвенного плодородия (Еськов и др., 2018);

— основанных на *степноподобии* — включение в севообороты бинарных (смешанных) посевов, представляющих собой одновременное выращивание на одном и том же поле двух и более культур с разными биологическими и морфологическими признаками, например, сочетание многолетних трав (донника, люцерны, эспарцета или вики) с основными культурами севооборота (пшеница озимая, кукуруза и т.д.) (Дедов и др., 2014). Сюда же следует отнести чересрядные посевы, например, кукурузы и сои, весенний подсев сои в междурядья (при широкорядном посеве) озимой пшеницы, убираемых в разное время и обеспечивающих с одного поля два урожая в год (Коржов и др., 2018), а также включение в севообороты разноросных посевов (смеси сортов) зерновых культур с целью повышения их устойчивости и объединения ценных хозяйственных признаков;

— основанных на *использовании скороспелых, засухоустойчивых и жаростойких сортов*, способных формировать зерно за короткий период вегетации, противостоять болезням и эффективно конкурировать с сорняками без излишней химической нагрузки;

— основанных на подходе к выбору приемов обработки почвы исходя из природного принципа “природа не пашет” — переход к влагосберегающей минимальной обработке почвы или ее полному исключению с мульчированием поверхности поля — *Mini-till, Strip-till, No-till, технологии прямого посева, Twin-Row, технологии нулевой обработки почвы, технологии разбросного поверхностного посева и др.*;

— основанных на подходе к уборке зерновых культур исходя из природного принципа “природа не косит” — уборка зерновых культур очесывающими жатками с оставлением на поле практически не поврежденного стеблестоя (с выбранным зерном), выполняющего экологические функции, аналогичные естественным травяным сообществам.

На землях природоохранного полюса целесообразны технологии охраны природы, применяемые для территориальной охраны ландшафтного и биологического разнообразия степей в режимах заповедника, заказника, памятника природы и т.п.

Таким образом, адаптивный стратегический подход и стратегический принцип адаптивной поляризации земельных угодий можно рассматривать как степную соадаптацию или синергические усилия человека и степных экосистем по приспособлению к изменениям климата и динамике углерода. Фундаментальная сущность подобной соадаптации заключается в направленности степных биологических видов (титульных) к одномоментной адаптации к климатическим изменениям и хозяйственной (прежде всего аграрной) деятельности человека, также стремящегося к климатической адаптации и создающего условия поддержания адекватного уровня ресурсов титульных степных и культурных видов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активное вовлечение в сельскохозяйственный оборот степных угодий, особенно на неполнопрофильных, эрозионно неустойчивых почвах, традиционные почвозатратные подходы в земледелии, запредельные нагрузки на пастбища и повышающаяся засушливость климата являются основными вызовами устойчивому степному землепользованию Оренбургской области. Они создают угрозу сохранению биологического разнообразия, сопровождаются катастрофическим снижением почвенного плодородия, приводят к низкой реализации урожайного потенциала полевых культур. Обеднение зональных почв и крайне неблагоприятные гидротермические условия обостряют нестабильность земледелия, приводят к

варьированию валовых сборов, усложняют обеспечение продовольственной безопасности.

Наиболее приемлемым направлением оптимизации степного землепользования, сохранения степных экосистем и воспроизводства утраченных почвенных ресурсов является сокращение и консервация антропогенно деградированных угодий при одновременном повышении продуктивности остающихся в использовании. Реализация этого направления предполагает первоочередное решение институциональных проблем юридического, землеустроительного и технологического характера, препятствующих официальному изменению статуса сельскохозяйственных угодий, а также внедрение адаптивного стратегического подхода.

При земледельческом использовании степных угодий целесообразно применение природоподобных технологий. Их внедрение на перманентной пашне и условно пахотнопригодных почвах будет способствовать более эффективному использованию природных ресурсов и сокращению антропогенного воздействия на прилегающие ландшафты.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) “Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем”, № ГР AAAA-A21-121011190016 -1.

FUNDING

The paper was conducted within the framework of SRW of OFRC the Institute of Steppe UB RAS “Problems of Steppe Management under the Conditions of Modern Challenges: Optimization of the Interaction Between Environmental and Socio-Economic systems,” no. AAAA-A21-121011190016-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бельков Г.И., Максюттов Н.А. Сохранение и повышение плодородия почв в современных условиях Оренбургской области // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2014. № 6 (50). С. 8–10.
- Блохин Е.В. Экология почв Оренбургской области. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1997. 227 с.
- Гулянов Ю.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Природоподобные технологии пастбищного использования степных угодий в условиях природных и антропогенных изменений // Вопросы степеведения. 2019. № 15. С. 77–81.
<https://doi.org/10.24411/9999-006A-2019-11511>
- Гулянов Ю.А. Устойчивость агроценозов яровой пшеницы к современным климатическим изменениям в земледелии степной зоны Южного Урала // Таврический вестн. аграрной науки. 2021. № 2 (26). С. 62–73.
<https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-2-26-62-73>
- Дедов А.В., Кузнецова Т.А., Несмеянова М.А. Бинарные посевы с бобовыми травами // Пермский аграрный вестн. 2014. № 2 (6). С. 10–18.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Еськов А.И., Лукин С.М., Мерзлая Г.Е. Современное состояние и перспективы использования органических удобрений в сельском хозяйстве России // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 20–23.
<https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.100.05>
- Коржов С.И., Трофимова Т.А., Котов Г.В. Биологическая активность почвы при совместном посеве культур // Земледелие. 2018. № 8. С. 8–10.
<https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10802>
- Кислов А.В. Биологизация земледелия и ресурсосберегающие технологии в адаптивно-ландшафтных системах степной зоны Южного Урала. Оренбург: Издательский центр Оренбургского ГАУ, 2012. 276 с.
- Кирюшин В.И. Научные предпосылки оптимизации использования земельных ресурсов // Вестн. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2019. № 4. С. 7–10.
<https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/7-10>
- Кирюшин В.И., Дубачинская Н.Н. Проблема освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Оренбургской области // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2020. № 6 (86). С. 9–14.
- Климентьев А.И. Почвы степного Зауралья: ландшафтно-генетическая и экологическая оценка. Екатеринбург: Изд. УрО РАН, 2000. 350 с.
- Кочуров Б.И., Лобковский В.А. Агроландшафтная система земледелия как фундаментальная технологическая программа борьбы с опустыниванием // Проблемы региональной экологии. 2021. № 2. С. 44–51.
- Левыкин С.В., Чибилев А.А., Кочуров Б.И., Казачков Г.В. К стратегии сохранения и восстановления степей и управления природопользованием на постцелинном пространстве // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. № 4. С. 626–636.
<https://doi.org/10.31857/S2587556620040093>
- Русанов А.М., Кононов В.М. Основные положения концепции пахотнопригодности земель // Матер. Российской научно-практической конф. “Оптимизация природопользования и охрана окружающей среды Южно-Уральского региона” (Оренбург, 25–27 марта 1998). Оренбург: Издательство Оренбургского гос. ун-та, 1998. С. 70–73.
- Рычков А.В. Освоение целины и поиск новых внедренческих форм // Омский научный вестн. 2013. № 5 (122). С. 26–29.
- Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области / под ред. В.К. Еременко, А.Г. Крючкова, В.Е. Тихонова, Н.П. Часовских, Г.И. Белькова. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1999. С. 6–117.
- Спиридонов А.М. Многолетние бобовые травы как источник биологического азота в земледелии // Земледелие. 2007. № 3. С. 14.
- Трофимов И.А., Косолапов В.М. Экологические проблемы в мире, стратегия природопользования и

- управления агроландшафтами // Вестн. Тамбовского ун-та. 2013. Т. 18. № 2. С. 544–547.
- Часовских Н.П. Повышение эффективности использования пашни как фактор стабилизации сельскохозяйственного производства в Оренбургской области // Изв. Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2012. № 6 (38). С. 49–51.
- Чибилёв А.А. Ключевые проблемы степеведения и рационализации природопользования в степной зоне // Аридные экосистемы. 1997. Т. 3. № 6–7. С. 190–194.
- Чибилёв А.А., Левыкин С.В., Чибилёв (мл.) А.А. Степи России и Евразии: мегапроекты XX века и современное пространственное развитие // Матер. Всероссийской научной конф. “Мегапроекты в социально-экономическом развитии России” (Москва, 21–22 ноября 2019). М.: Издательство Белый ветер, 2019. С. 8–15.
- Чибилёв А.А.(мл.), Падалко Ю.А., Семенов Е.А., Руднева О.С., Соколов А.А., Григорьевский Д.В., Мелешкин Д.С. Очерки экономической географии Оренбургского края. Оренбург: Изд. ИС УрО РАН, 2018. Т. II. 144 с.
- Шеврина Е.В., Коробейникова О.А. Направление государственной поддержки сельских товаропроизводителей Оренбургской области // Экономика и предпринимательство. 2020. № 11 (124). С. 421–424. <https://doi.org/10.34925/EIP.2020.124.11.075>
- Fawaz M.M., Soliman S.A. The potential scenarios of the impacts of climate change on Egyptian resources and agricultural plant production // Open J. of Applied Sci. 2016. Vol. 4. № 4. P. 270–286. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2016.64027>
- Gulyanov Yu.A., Chibilyov A.A., Levykin S.V., Yakovlev I.G. Modern climatic resources of the farming post-virgin land regions in Ural and West Siberia and their agricultural assessment // IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci. 2021. № 624. P. 012226. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012226>
- Harrison S., Spasojevic V.J., Li D. Climate and plant community diversity in space and time // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 2020. Vol. 117. № 3. P. 4464–4470. <https://doi.org/10.1073/pnas.1921724117>
- Kaipov Y.Z., Akchurin R.L., Shakirov F.T., Shamsutdinov V.I. Experience of biologic farming in the middle Predural of Russia // J. of Agric. and Environ. 2019. № 4 (12). P. 99–104. <https://doi.org/10.23649/jae.2019.4.12.19>
- Sommer J.H., Kreft H., Kier G., Mutke J., Barthlott W., Jetz W. Projected impacts climate change on regional capacities for global plant species richness // Proc. of the Royal Society B: Biol. Sci. 2010. Vol. 277. № 1692. P. 2271–2280. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0120>

Problems of Steppe Land Use Adaptation to Anthropogenic and Climatic Changes (the Case of Orenburg Oblast)

Yu. A. Gulyanov¹, A. A. Chibilyov (jr.)¹*, A. A. Chibilyov¹, and S. V. Levykin¹

¹Institute of Steppe, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

*e-mail: orensteppe@mail.ru

Among the Russian federal subjects located in the steppe zone, Orenburg Oblast is a typical steppe region with developed grain production. The traditional soil-intensive technologies practiced here for a long time and focused mainly on the mobilization of natural soil fertility have led to widespread steppe lands' degradation, territory desiccation, a decrease in the productivity of agrocenoses, and a critical reduction of landscape and biological diversity. The purpose of the study was the analysis of modern challenges to sustainable steppe land use, identification of historical, technological, and climatic preconditions for reducing the lands' quality and agricultural productivity (using the case of Orenburg Oblast), development and scientifically substantiating of methods of steppe land-use adaptation to modern soil and climate changes. Electronic free access data about climate resources and economic activity results, as well as expedition materials, were used. The analysis of the field cultivation effectiveness, the climatic trends identification, and the determination of their relationship were carried out in accordance with natural and agricultural zoning and lands' agroecological grouping. The stable soil-intensive orientation of the current agricultural lands' structure has been confirmed, as before. The extremely unfavorable dynamics of hydrothermal conditions has an expressed arid trend in the Trans-Volga and Kazakhstan areas of the steppe and dry-steppe zones of the region. It is accompanied by a decrease in the productivity of artificial and natural cenoses' phytomass. There is a direct relationship between the productivity of field crops (spring wheat) with the amount of precipitation and the Selyaninov's HTC during the growing season. Also, there is an inverse relationship with the sum of active temperatures. The legal, land management and technological problems of the land structure optimizing, obstructing the official change of land status, are systematized. The introduction of an adaptive strategic approach is proposed. The scientific theories optimizing steppe land use through adaptive landscape farming systems are analyzed, the probability of their implementation in current conditions is estimated. The use of nature-like agricultural technologies that contribute to more efficient natural resources' use and sparing anthropogenic impact on adjacent landscapes is justified.

Keywords: degradation of steppe lands, reduction of landscape and biological diversity, reduction of productivity of agrocenoses, steppe land use optimization, adaptive landscape farming systems

REFERENCES

- Bel'kov G.I., Maksyutov N.A. Maintenance and enhancement of soil fertility under modern conditions of the Orenburg Region. *Izv. Orenburg. Gos. Agrarn. Univ.*, 2014, no. 6 (50), pp. 8–10. (In Russ.).
- Blokhin E.V. *Ekologiya pochv Orenburgskoi oblasti* [Soil Ecology of the Orenburg Region]. Yekaterinburg: UrO RAN, 1997. 227 p.
- Chasovskikh N.P. Improving the efficiency of arable land use as a factor of stabilization of agricultural production in the Orenburg region. *Izv. Orenburg. Gos. Agrarn. Univ.*, 2012, no. 6 (38), pp. 49–51. (In Russ.).
- Chibilev A.A., Jr., Padalko Yu.A., Semenov E.A., Rudneva O.S., Sokolov A.A., Grigorevskii D.V., Meleshkin D.S. *Ocherki ekonomicheskoi geografii Orenburgskogo kraia* [Essays on the Economic Geography of the Orenburg Region]. Orenburg: Inst. Step. UrO RAN, 2018, vol. 2. 144 p.
- Chibilev A.A., Levykin S.V., Chibilev A.A., Jr. Steppes of Russia and Eurasia: megaprojects of the XX century and modern spatial development. In *Mat. Vseross. nauchn. konf. "Megaproekty v sotsial'no-ekonomicheskoy razvitiy Rossii"*, Moskva, 21–22 noyabrya 2019 [Proc. All-Russ. Sci. Conf. "Megaprojects in the Socio-Economic Development of Russia", Moscow, November 21–22, 2019]. Moscow: Belyi Veter Publ., 2019, pp. 8–15. (In Russ.).
- Dedov A.V., Kuznetsova T.A., Nesmeyanova M.A. Binary sowings with legumes. *Perm. Agrarn. Vestn.*, 2014, no. 2 (6), pp. 10–18. (In Russ.).
- Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Field Experience Methodology]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1985. 351 p.
- Es'kov A.I., Lukin S.M., Merzlaya G.E. Current status and perspectives of organic fertilizers application in Russian agriculture. *Plodorodie*, 2018, no. 1, pp. 20–23. (In Russ.).
<https://doi.org/110/25680/S19948603.2018.100.05>
- Fawaz M.M., Soliman S.A. The potential scenarios of the impacts of climate change on Egyptian resources and agricultural plant production. *Open J. Appl. Sci.*, 2016, vol. 6, no. 4, 66004.
<https://doi.org/10.4236/ojapps.2016.64027>
- Gulyanov Yu.A., Chibilyov A.A., Levykin S.V., Yakovlev I.G. Modern climatic resources of the farming post-virgin land regions in Ural and West Siberia and their agricultural assessment. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2021, vol. 624, no. 1, 012226.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012226>
- Gulyanov Yu.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Natural-lice technologies for pastoral use of degrees in the conditions of natural and anthropogenic changes. *Vopr. Stepevedeniya*, 2019, no. 15, pp. 77–81. (In Russ.).
<https://doi.org/10.24411/9999-006A-2019-11511>
- Harrison S., Spasojevic V.J., Li D. Climate and plant community diversity in space and time. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2020, vol. 117, no. 9, pp. 4464–4470.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1921724117>
- Kaipov Y.Z., Akchurin R.L., Shakirov F.T., Shamsutdinov V.I. Experience of biologic farming in the middle Predural of Russia. *J. Agric. Environ.*, 2019, no. 4 (12), pp. 99–104.
<https://doi.org/v10.23649/jae.2019.4.12.19>
- Kiryushin V.I. Scientific prerequisites for optimizing the use of land resources. *Vestn. Ross. Akad. S–kh. Nauk*, 2019, no. 4, pp. 7–10. (In Russ.).
<https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/7-10>
- Kiryushin V.I., Dubachinskaya N.N. The problem of development of adaptive landscape systems of agriculture in the Orenburg region. *Izv. Orenburg. Gos. Agrarn. Univ.*, 2020, no. 6 (86), pp. 9–14. (In Russ.).
- Kislov A.V. *Biologizatsiya zemledeliya i resursoberegayushchie tekhnologii v adaptivno-landshaftnykh sistemakh stepnoi zony Yuzhnogo Urala* [Biologization of Agriculture and Resource-Saving Technologies in Adaptive Landscape Systems of the Steppe Zone of the Southern Urals]. Orenburg: Orenburg. Gos. Agrarn. Univ., 2012. 276 p.
- Kliment'ev A.I. *Pochvy stepnogo Zaural'ya: landshaftno-geneticheskaya i ekologicheskaya otsenka* [Soils of the Steppe Trans-Urals: Landscape-Genetic and Ecological Assessment]. Yekaterinburg: UrO RAN, 2000. 350 p.
- Kochurov B.I., Lobkovskii V.A. Agro-landscape system of agriculture as a fundamental technological program for combating desertification. *Probl. Reg. Ekol.*, 2021, no. 2, pp. 44–51. (In Russ.).
- Korzhov S.I., Trofimova T.A., Kotov G.V. Biological activity of soil under combined crops. *Zemledelie*, 2018, no. 8, pp. 8–10. (In Russ.).
<https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10802>
- Levykin S.V., Chibilev A.A., Kochurov B.I., Kazachkov G.V. To the strategy of steppes conservation and restoration and natural resource use in the area of post-virgin lands. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2020, no. 4, pp. 626–636. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2587556620040093>
- Rusanov A.M., Kononov V.M. The main provisions of the concept of arable land suitability. In *Optimizatsiya prirodoop'zovaniya i okhrana okruzhayushchei sredy Yuzhno-Ural'skogo regiona* [Optimization of Nature Management and Environmental Protection in the South Urals Region]. Orenburg: Orenburg. Gos. Univ., 1998, pp. 70–73. (In Russ.).
- Rychkov A.V. The development of virgin land and the search for new innovative forms. *Omsk. Nauchn. Vestn.*, 2013, vol. 122, no. 5, pp. 26–29. (In Russ.).
- Shevrina E.V., Korabeinikova O.A. Directions of state support for rural producers of the Orenburg region. *Ekonomika i Predprinimatel'stvo*, 2020, no. 11, pp. 421–424. (In Russ.).
<https://doi.org/10.34925/EIP.2020.124.11.075>
- Sistema ustoichivogo vedeniya sel'skogo khozyaistva Orenburgskoi oblasti* [The System of Sustainable Agriculture of the Orenburg Region]. Eremenko V.K., Kryuchkov A.G., Tikhonov V.E., Chasovskikh N.P., Bel'kov G.I., Eds. Orenburg: Orenburg. Knizhn. Izd., 1999. 136 p.
- Sommer J.H., Kreft H., Kier G., Mutke J., Barthlott W., Jetz W. Projected impacts climate change on regional capacities for global plant species richness. *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.*, 2010, vol. 277, no. 1692, pp. 2271–2280.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0120>
- Spiridonov A.M. Perennial legumes as a source of biological nitrogen in agriculture. *Zemledelie*, 2007, no. 3, pp. 14. (In Russ.).
- Trofimov I.A., Kosolapov V.M. Ecological problems in the world, the strategy of nature management and management of agricultural landscapes. *Vestn. Tambov. Univ.*, 2013, vol. 18, no. 2, pp. 544–547. (In Russ.).
- Zabelin I.M. *Puteshestvie v glub' nauki* [Journey into the Depths of Science]. Moscow: Mysl' Publ., 1976. 78 p.