

УДК 502.31; 332.3

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКОГО ПРИГРАНИЧЬЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

© 2019 г. Б.А. Красноярова***, И.В. Орлова*, Т.Г. Плуталова*, С.Н. Шарабарина*

*Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН
Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1

**Алтайский государственный университет
Россия, 656049, г. Барнаул, просп. Ленина, д. 61. E-mail: bella@iwep.ru

Поступила в редакцию 29.06.2018. После доработки 21.12.2018. Принята к публикации 25.12.2018.

На основе интеграции геосистемного, эколого-ландшафтного и агроэкологического научных подходов, а также инструментов ландшафтного планирования разработан и реализован авторский алгоритм ландшафтно-экологической оценки засушливых земель, включающий анализ ландшафтной структуры территории и динамики землепользования; оценку потенциальной природной устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию и их агропроизводственного качества; функциональное зонирование территории; разработку мероприятий по оптимизации землепользования.

Результаты исследования показали, что 92% территории Российско-Казахстанского приграничья занимают ландшафты мало- и неустойчивые к сельскохозяйственному воздействию. 73% сельскохозяйственных угодий занимают ландшафты с низкими значениями агропроизводственного качества. Ландшафты хорошего и среднего агропроизводственного качества составляют 19% и находятся на плакорах.

На основе выявленной ландшафтной дифференциации предложены рекомендации по устойчивому землепользованию в зоне сухих степей.

Ключевые слова: сухостепные ландшафты, сельскохозяйственное воздействие, экологоприемлемое землепользование, функциональное зонирование.

DOI: 10.24411/1993-3916-2019-10060

Сухостепные ландшафты занимают около 4% территории России и почти 30% Казахстана (Золотокрылин, Черенкова, 2009; Казахская ..., 2018), значительная их часть располагается вдоль совместной границы. Начиная с середины XX века данные ландшафты интенсивно распахивались. При этом слабо учитывались природные особенности этих территорий, характеризующихся довольно низким земледельческим потенциалом. В настоящее время площади деградированных земель (подверженных ветровой и водной эрозии, засоленных и пр.) занимают значительную долю в структуре земельного фонда по обе стороны государственной границы, а сама эта территория включена в зону опустыненных земель (Опустынивание ..., 2009). Например, в Казахстане 74% дефлированных пахотных земель приходится на приграничную с Россией Павлодарскую область, и 9% дефлированной пашни Алтайского края расположено в приграничной с Казахстаном сухостепной зоне (Национальный ..., 2017; Бунин и др., 2017).

Засушливые территории аграрной специализации очень уязвимы и слабо устойчивы к различного рода сельскохозяйственным воздействиям, требуют управления с эколого-ландшафтных позиций. В России и Казахстане в основных документах территориального планирования не хватает раздела «Ландшафтное (или ландшафтно-экологическое) планирование», на основе требований которого было бы возможно решение таких актуальных проблем, как: учет ландшафтной структуры территории и устойчивости геосистем к различным антропогенным воздействиям, создание экологически оптимальной структуры землепользования, сбалансированное соотношение сильно- и слабопреобразованных хозяйственной деятельностью земель, выделение охраняемых участков территорий с особо ценными природными ландшафтами и т.д. (Орлова, 2014а).

Необходимо отметить, что сегодня в мировой науке проблемы устойчивого землепользования

исследуются в нескольких направлениях: с позиций ландшафтного или территориального планирования, когда под землепользованием понимается пространственная организация территории (Steinitz, 1995; Steiner, 2000); оценка изменений землепользования и земельного покрова, в том числе с применением данных ДЗЗ и средств ГИС (Lambin et al., 2001); на основе результатов эколого-ландшафтных исследований, основанных на применении экологических закономерностей к географическим процессам и явлениям (Forman, 1995; Turner, 1998); с позиций оценки воздействия аграрной деятельности на геосистемы и определения их устойчивости (Hayati et al., 2010; De Luca et al., 2015).

В поиске путей устойчивого землепользования засушливых территорий наиболее перспективным, на наш взгляд, направлением является интеграция ландшафтно-экологического и агроэкологического научных подходов с использованием методов ландшафтного планирования. Такой подход позволяет изучить особенности геосистем для экологоприемлемого использования в сельском хозяйстве и оценить их способность выдерживать нагрузки без необратимых изменений своих свойств и структуры.

Цель исследования: разработка авторской методики ландшафтно-экологической оценки засушливых земель для достижения устойчивого землепользования и ее апробация на уровне муниципальных районов соседствующих государств с длительной историей сельскохозяйственного освоения.

Материалы и методы исследования

Методическая часть проведенного исследования основывалась на ландшафтном (геосистемном), эколого-ландшафтном и агроэкологическом подходах и включала следующие основные этапы: 1) анализ ландшафтной структуры территории и динамики землепользования, 2) оценка потенциальной природной устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию, 3) оценка агропроизводственного качества ландшафтов, 4) функциональное зонирование территории.

Материалами исследования являлись ландшафтные карты территории масштаба 1:2500000 (Ландшафтная карта СССР, 1980) и 1:500000 (Ландшафтная карта Алтайского края, 2016), агроландшафтная карта (Атлас ..., 1978), а также почвенная карта (Почвенная карта ..., 1986) и космоснимки, находящиеся в свободном доступе в сети Интернет (мультиспектральные снимки среднего разрешения со спутников Landsat 7 ETM+, 8 OLI/TIRS), официальные данные Росстата, Росреестра, АлтайГипрозем и Кулундинской станции агрохимической службы (на российскую территорию) и Комитета по статистике Министерства национальной экономики Казахстана, Комитета по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства (на казахстанскую территорию).

Российско-казахстанские приграничные регионы долгое время развивались как единое целое, представляя собой «хотя и сложное по структуре, но единое историко-географическое, этническое, экологическое, экономическое и информационное пространство» (Российско-Казахстанский ..., 2011, с. 36). Поэтому они испытывали схожее антропогенное воздействие и проблемы природопользования (Левыкин и др., 2013; Чибилев, 2017; Спивак и др., 2017).

В 1991 г. появилась новая государственная граница России с Казахстаном, и единая в природном отношении территория начала развиваться в различных институциональных условиях. Во многом это связано с разными векторами аграрной политики, оттоком русского населения из Северного Казахстана в начале 1990-х гг., ростом заброшенных пахотных земель. Поэтому несомненный научный интерес представляет параллельное изучение функционирования систем землепользования по обе стороны государственной границы.

В данном исследовании рассмотрены муниципальные районы двух приграничных регионов, расположенных на территории Кулундинской равнины Обь-Иртышского междуречья: Алтайского края Российской Федерации и Павлодарской области Республики Казахстан. Согласно Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием исследуемая территория относится к сухим субгумидным районам опустынивания (Конвенция ..., 1994).

Результаты исследований и их обсуждение

1. *Анализ ландшафтной структуры, оценка структуры и динамики землепользования.* Ландшафты данной территории относятся к степному типу равнинных ландшафтов суббореальной

континентальной группы, при этом большая часть – к сухостепному подтипу – 80%. Для уточнения современной структуры землепользования и динамики использования ландшафтов применялись данные со спутников серии Landsat (U.S. Geological Survey, 2017). Дешифрирование проводилось методом параметрической классификации с обучением. Результаты классификации и генерализации объектов представлены на рисунке 1.

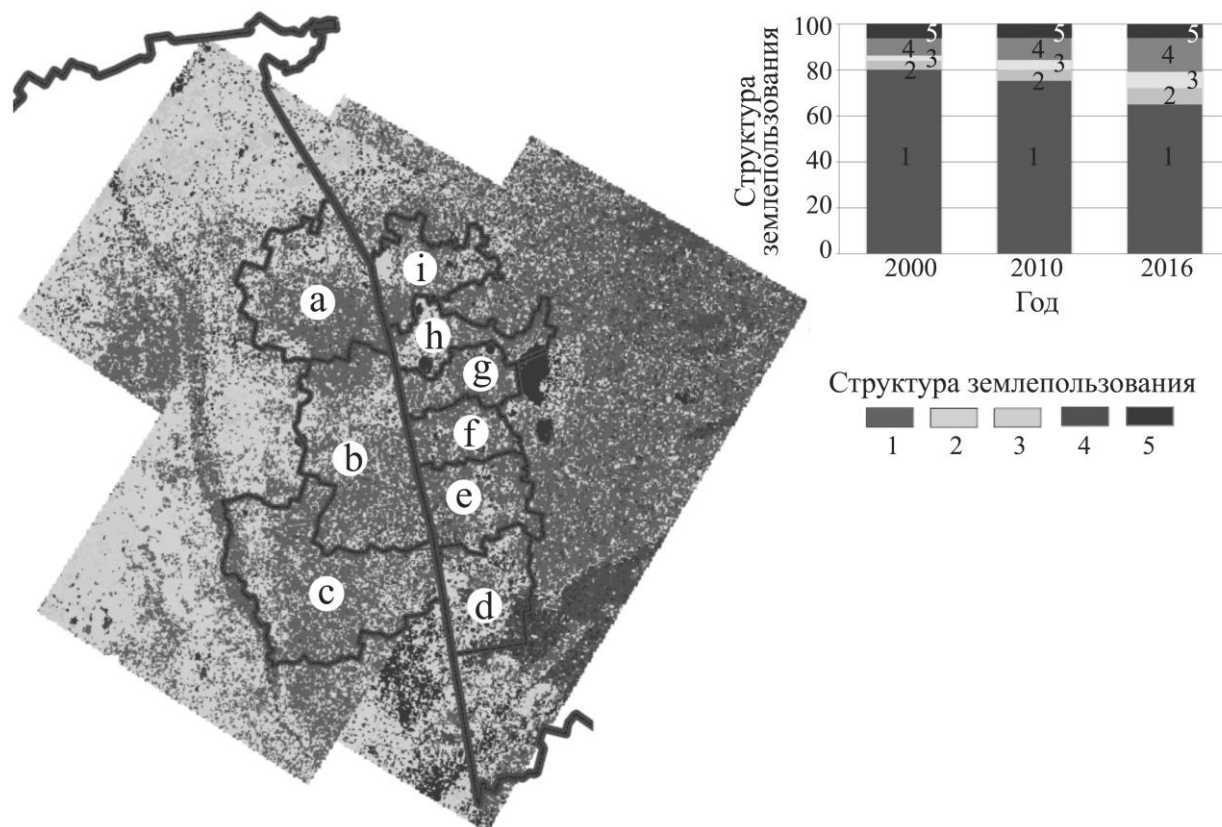


Рис. 1. Структура земельных угодий Российско-Казахстанской приграничной территории по данным серии космических снимков за 2000-2016 гг. *Условные обозначения:* 1 – пашня, 2 – пастбища и сенокосы, 3 – деревья и кустарники, 4 – естественная растительность, 5 – водные объекты. Акиматы Павлодарской области Республики Казахстан: а – Успенский, б – Щербактинский, с – Аккулинский. Районы Алтайского края Российской Федерации: d – Михайловский, е – Ключевский, f – Кулундинский, g – Табунский, h – Славгородский, i – Бурлинский.

Четко прослеживается высокая распаханность районов Алтайского края, в то время как в Павлодарской области большая площадь занята под пастбища, сенокосы и залежи. По результатам дешифрирования данных ДЗЗ за период 2000-2016 гг. повсеместно произошло сокращение распаханых площадей и увеличение площадей, занятых травяной и древесно-кустарниковой растительностью (рис. 1), при этом официальная статистика этих изменений не зафиксировала. Наибольшее сокращение произошло в Аккулинском и Успенском районах Казахстана, Михайловском и Табунском районах России – на 10%.

2. *Оценка потенциальной природной устойчивости ландшафтов.* При оценке устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию как способности геосистем противостоять внешним воздействиям, а также восстанавливать свои свойства после таких воздействий, использовались методические подходы оценки состояния и устойчивости почв и природных комплексов Б.И. Кочурова (1983), В.В. Снакина с соавторами (1993) и других. Данные подходы основаны на методах нормирования отдельных показателей с последующим их суммированием по балльной системе, что позволяет группировать ландшафты по степени их общей устойчивости (Орлова, 2014б).

Было выбрано 17 почвенно-ландшафтных показателей, которые, на наш взгляд, наиболее

комплексно характеризуют устойчивость ландшафтов к сельскохозяйственным воздействиям. Проведено их ранжирование на основе шкалы, предложенной И.В. Орловой (2014б), и расчет баллов

по формуле:
$$\tilde{N} = \frac{100 \sum_{g=1}^n C_g}{Q}$$
, где C – оценка потенциальной природной устойчивости ландшафта к

сельскохозяйственному воздействию, в %; C_g – балльная оценка по g -ому показателю; Q – максимально возможная сумма баллов; g – порядковый номер показателя; n – количество показателей (признаков).

Пример расчета потенциальной природной устойчивости к сельскохозяйственному воздействию озерных аккумулятивных ландшафтов (№ 269) по формуле $C = \frac{23 \times 100}{35} = 65.7$ баллов.

В результате проведенных оценок выделены градации: ландшафты неустойчивые, малоустойчивые и относительно устойчивые, требующие особой осторожности при ведении хозяйственной деятельности. Устойчивые ландшафты, способные выдерживать большую сельскохозяйственную нагрузку, на данной территории отсутствуют (рис. 2).

Группу *относительно устойчивых* составили озерно-аллювиальные аккумулятивно-денудационные и лессовые аккумулятивные типы степных ландшафтов (8% территории). Они характеризуются аккумулятивным геохимическим положением, плоским рельефом с крутизной склонов менее 1°. Почвы преимущественно супесчаные с непромывным водным режимом и не засолены (содержание солей в верхнем горизонте менее 0.15%), обладают хорошими водно-физическими свойствами, кислотность почвенного раствора близка к нейтральной. Малогумусная почва (содержание гумуса в слое 0-20 см от 4.1 до 6%). Территория используется под пашни, основным фактором изменения структуры почвенного покрова является ветровая эрозия.

Малоустойчивые ландшафты представлены эоловым аккумулятивным и денудационным пластовым типами степных ландшафтов; аллювиальными аккумулятивными и лессовыми аккумулятивными типами сухостепных ландшафтов (75% территории). Почвы преимущественно супесчаные с непромывным водным режимом и слабой степенью засоления (содержание солей в верхнем горизонте более 0.21-0.3%), удовлетворительными водно-физическими свойствами, слабокислой либо слабощелочной кислотностью почвенного раствора. Почвы слабогумусированные (содержание гумуса в слое 0-20 см варьирует в диапазоне 2-4%). Территория практически полностью распаханна (76%), основным экологически значимым фактором изменения структуры почвенного покрова является ветровая эрозия, в меньшей степени – засоление и пастбищная дигрессия.

Неустойчивые к сельскохозяйственному воздействию степные ландшафты – озерные аккумулятивные и озерные аккумулятивно-денудационные; сухостепные ландшафты – озерно-аллювиальные аккумулятивные и денудационные пластовые (17% территории). От группы малоустойчивых ландшафтов отличаются сильной степенью засоления (содержание солей в верхнем горизонте более 0.6%) и неудовлетворительными водно-физическими свойствами. В сельском хозяйстве используются под пастбища, которые сильно подвержены засолению и дефляции.

3. *Оценка агропроизводственного качества.* Для выявления пригодности ландшафтов к сельскохозяйственному использованию проведена оценка их агропроизводственного качества, базирующаяся на разработанных авторами критериях (табл.), в числе которых отобраны такие значимые для сельскохозяйственных земель показатели, как геохимическое положение, степень естественной дренированности, крутизна склона, глубина залегания грунтовых вод, содержание гумуса в почве, мощность гумусового горизонта, содержание в почве питательных элементов и др. Данные показатели ранжированы в соответствии с научно обоснованными нормами и критериями их агропроизводственного качества.

Согласно проведенной оценке (рис. 2), значительную часть сельскохозяйственных угодий (73%) занимают ландшафты с низкими значениями агропроизводственного качества. Помимо этого в сельскохозяйственный оборот вовлечены земли очень низкого качества (8%) – прибрежные территории озер с сильной степенью засоления (содержание солей в верхнем горизонте более 0.6%). Ландшафты хорошего и среднего агропроизводственного качества составляют 19% исследуемой территории и находятся на плакорах.

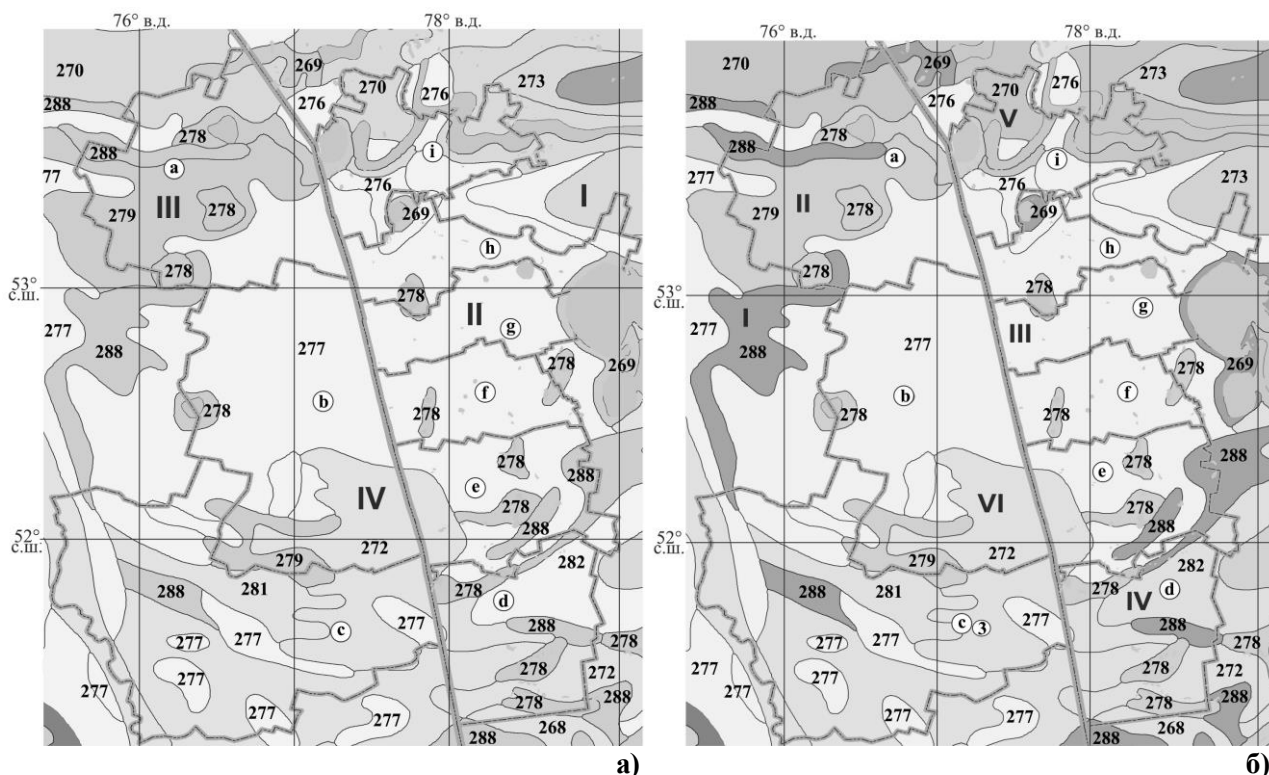


Рис. 2. Потенциальная природная устойчивость ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию (а), агропроизводственное качество ландшафтов (б) и функциональное зонирование территории (в) Российско-Казахстанского приграничья. Условные обозначения: а) I – относительно устойчивые, II – малоустойчивые, III – неустойчивые, IV – не используемые в сельском хозяйстве; б) I – очень низкое, II – низкое, III – ниже среднего, IV – среднее, V – хорошее, VI – не используемые в сельском хозяйстве; в) зоны использования ландшафтов: I – экономически целесообразного, II – экологически адаптивного, III – в режиме сохранения, IV – не используемые в сельском хозяйстве. Ландшафты. Типичные степи (настоящие степи): 269 – озерные аккумулятивные, 270 – озерно-аллювиальные аккумулятивно-денудационные, 272 – эоловые аккумулятивные, 273 – лессовые аккумулятивные, 276 – денудационные пластовые. Сухостепные: 277 – аллювиальные аккумулятивные, 278 – озерные аккумулятивные, 279 – озерно-аллювиальные аккумулятивные, 281 – эоловые аккумулятивные, 282 – лессовые аккумулятивные, 288 – денудационные пластовые.

Таблица. Критерии оценки агропроизводственного качества ландшафтов в сухостепной зоне (фрагмент).

Критерий	Хорошего и среднего качества	Ниже среднего качества	Низкого и очень низкого качества
	Пригодны под пашню и все остальные с/х угодья	Пригодны под сенокосы и пастбища	Пригодны под пастбища
Характер рельефа	Плоский, ровный, слабоволнистый	Пологохолмистый	Холмисто-увалистый, холмистый
Степень горизонтального расчленения рельефа, км/км ²	0.6-0.9	1.0-2.5	>2.6-3.0
Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см, %	4.1-6	2-4	<2
Водно-физические свойства почв	Хорошие	Удовлетворительные	Неудовлетворительные

4. *Функциональное зонирование.* Результаты оценки агропроизводственного качества, интегрированные с результатами оценки устойчивости ландшафтов к сельскохозяйственному воздействию, позволяют выделить функциональные зоны с различным режимом сельскохозяйственного природопользования. Для этого используется матрица выделения функциональных зон (Орлова, 2014б).

Согласно функциональному зонированию Российско-Казахстанского приграничья (рис. 2) к территориям с экономически целесообразным использованием относится его наименьшая часть. Это аллювиальные аккумулятивные типы сухостепных ландшафтов, относительно устойчивые к сельскохозяйственному воздействию с хорошим и средним агропроизводственным качеством земель. Рекомендуется использовать под пашню в полевом севообороте с применением зернопаровой почвозащитной системы земледелия (в посевах преобладают продовольственные и фуражные зерновые культуры).

Малоустойчивые ландшафты среднего и ниже среднего качества формируют зону экологически адаптивного использования ландшафтов и занимают большую часть рассматриваемой территории. Для нее требуется ввод ограничений на формы и интенсивность эксплуатации земель, направленных на снижение негативного сельскохозяйственного воздействия. Ландшафты рекомендуется использовать в полевых севооборотах с высокой долей кормовых культур (многолетних трав) и под естественные кормовые угодья с проведением агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Зона использования ландшафтов в режиме сохранения объединяет неустойчивые ландшафты с низким и очень низким агропроизводственным качеством. Она включает приозерные территории с солонцами и солончаками, а также участки с почвозащитными лесополосами и ленточными борами. Данные ландшафты нецелесообразно вовлекать в сельскохозяйственный оборот в силу как их непригодности под интенсивное использование, так и выполнения ими средорегулирующих, водоохраных и почвозащитных функций. Допускается использование отдельных участков для выборочного сенокоса.

Выводы

Результаты проведенного исследования выявили определенные особенности современного землепользования на территории Российско-Казахстанского приграничья.

1. Земледельческий тип сельскохозяйственного использования земель с середины XX века остается основным для большей части территории. В структуре посевных площадей преобладают зерновые культуры (55-69% в казахстанской и 62-70% в российской частях), тогда как более экологически приемлемым (почвозащитным) является увеличение доли кормовых культур в севообороте или использование территории в качестве сенокосов и пастбищ с регламентируемой нагрузкой скота.

2. Низкое агропроизводственное качество сухостепных ландшафтов в совокупности с их

неустойчивостью к сельскохозяйственному воздействию требуют применения почвосберегающих технологий, адаптивно-ландшафтных систем земледелия и реализации целого комплекса мер по восстановлению почвенного плодородия. В действительности же пренебрежение к ним в совокупности с критически низкими объемами внесения удобрений приводят к прогрессирующему снижению почвенного плодородия и продуктивности сельхозземель (Государственная ..., 2018).

3. Наблюдаются различия в структуре землепользования российских и казахстанских регионов. Так, в приграничных районах Казахстана – значительно ниже сельскохозяйственная освоенность и распаханность территории. Здесь основная часть сельхозпродукции производится фермерскими хозяйствами, занимающимися преимущественно животноводством. Тогда как в российских районах фермеры в основном заняты растениеводством, и производство сельхозпродукции распределяется практически поровну между сельскохозяйственными предприятиями, фермерскими хозяйствами и населением (33, 37 и 30% соответственно).

В целом же необходимо отметить схожесть основных проблем землепользования (нерациональная структура посевов, дегумификация, дефляция, снижение продуктивности агроценозов) на приграничных территориях данных государств, объединенных общей историей развития и эколого-географическими условиями землепользования.

На основе результатов исследования предложены мероприятия по оптимизации сельскохозяйственного использования сухостепных ландшафтов: 1) изменение структуры сельхозугодий изучаемой территории за счет сокращения деградированной и малопродуктивной пашни, перевода ее в кормовые угодья; сокращение доли посевных площадей под зерновыми и техническими культурами, как почворазрушающими; увеличение посевов многолетних трав и площади пастбищ; 2) снижение животноводческой нагрузки на пастбища; 3) повсеместное внедрение почвосберегающих систем земледелия; 4) развитие систем мелиорации; 5) восполнение недостатка питательных элементов в почве с помощью внесения необходимых доз удобрений и посева многолетних трав; 6) создание полезащитных лесных полос; 7) формирование экологического каркаса и природных «барьеров» опустынивания.

Предложенный алгоритм ландшафтно-экологической оценки засушливых земель, адаптированный к сухостепным ландшафтам Российско-Казахстанского приграничья, позволяет учесть и природные, и агропроизводственные качества ландшафтов и дифференцированно подходить к их использованию и сохранению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас Алтайского края. 1978. Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР. М.-Барнаул. Т. 1. 235 с.
- Бунин А.А., Зырянов А.А., Мягкий П.А. 2017. Зональные и внутризональные особенности развития эрозии и дефляции в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 2. С. 29-37.
- Государственная станция агрохимической службы «Кулундинская». 2018. Информация по показателям состояния плодородия земель сельхозназначения. [Электронный ресурс <http://gsaskul.ru/index.php/component/k2/itemlist> (дата обращения 27.03.2018)].
- Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. 2009. Площадь засушливых земель равнин России // Аридные экосистемы. Т. 15. № 1 (37). С. 5-12.
- Казахская степь. 2018 [Электронный ресурс <http://www.kazakhstansteppe.com/ru/pages/5> (дата обращения 04.10.2018)].
- Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке. 1994. [Электронный ресурс <https://www.unccd.int/convention/about-convention> (дата обращения 09.04.2018)].
- Кочуров Б.И. 1983. Оценка устойчивости почв к загрязнению // География и природные ресурсы. № 4. С. 55-60.
- Ландшафтная карта Алтайского края. 2016. Масштаб 1:500000. ИВЭП СО РАН. 1 л.
- Ландшафтная карта СССР. 1980. Масштаб 1:2500000. Министерство геологии СССР. 16 л.
- Легенда к ландшафтной карте СССР масштаба 1:2500000. 1987. М. 340 с.
- Левыкин С.В., Чибилев А.А., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. 2013. Проблемы восстановления зональных степных экосистем на постцелинном пространстве России и Казахстана // Степной бюллетень. № 37. С. 5-8.
- Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов за 2016 год. 2017. Государственный фонд экологической информации. [Электронный ресурс <http://ecogofond.kz> (дата

обращения 15.03.2018)].

- Опустынивание засушливых земель России: новые аспекты анализа, первые результаты, проблемы. 2009 / Ред. А.В. Дроздов, А.Н. Золотокрылин, А.Ф. Мандыч и др. М.: Товарищество научных изданий КМК. 298 с.
- Орлова И.В. 2014а. Возможности внедрения методов ландшафтного планирования в российские схемы территориального планирования муниципальных районов // География и природные ресурсы. № 2. С. 167-173.
- Орлова И.В. 2014б. Ландшафтно-агроэкологическое планирование территории муниципального района. Новосибирск: Издательство СО РАН. 254 с.
- Почвенная карта Алтайского края и Республики Алтай. 1986. Масштаб 1:500000. РосНИИЗемпроект. 1 л.
- Российско-Казахстанский трансграничный регион: история, геоэкология и устойчивое развитие. 2011. Екатеринбург: УрО РАН. 216 с.
- Снакин В.В., Кречетов П.П., Мельченко В.Е., Алябина И.О. 1993. Оценка состояния почв и ландшафтов для целей экологического нормирования // Биогеохимические основы экологического нормирования. М.: Наука. С. 126-142.
- Спивак Л.Ф., Батырбаева М.Ж., Витковская И.С., Муратова Н.Р., Исламгулова А.Ф. 2017. Пространственно-временные особенности изменения состояния степной растительности Казахстана по данным спутниковой съемки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 3. С. 116-145.
- Чибилев А.А. 2017. Степная Евразия: региональный обзор природного разнообразия. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.-Оренбург: Институт степи РАН, РГО. 324 с.
- De Luca A.I., Molari G., Seddaiu G. 2015. Multidisciplinary and innovative methodologies for sustainable management in agricultural systems // Environmental Engineering and Management Journal. Vol. 14 (7). P. 1571-1581.
- Forman R.T.T. 1995. Land mosaic: the ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press. 632 p.
- Hayati D., Ranjbar Z., Karami E. 2010. Measuring agricultural sustainability // Biodiversity, Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture, Sustainable Agriculture Reviews. Vol. 5. P. 73-100.
- Lambin E.F., Turner B.L., Geist H.J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths // Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions. Vol. 11 (4). P. 261-269.
- Steiner F. 2000. The living landscape: an ecological approach to landscape planning. 2nd ed. New York: McGraw-Hill. 477 p.
- Steinitz C. 1995. A framework for planning practice and education // Ecological landscape planning. Tokyo: Process Architecture. P. 42-54.
- Turner T. 1998. Landscape planning and environmental impact design. L.: UCL Press. 438 p.
- U.S. Geological Survey. 2017. USGS Global Visualization Viewer. [Электронный ресурс <http://glovis.usgs.gov> (дата обращения: 12.11.2017)].