

УДК 911.7(470.56)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Дубровская С.А., Ряхов Р.В.

Институт степи УрО РАН ФГБУН ОФИЦ УрО РАН, Оренбург,

e-mail: skaverina@bk.ru, remus.rv@gmail.com

Изучение особенностей распределения природно-антропогенных компонентов ландшафтной структуры необходимо для проведения контроля за природными ресурсами и проведения эффективных мероприятий территориального планирования. Ведущим фактором воздействия на степные геосистемы является сельское хозяйство, приводящее к деградации почвенного и растительного покрова, животного мира. Основной целью стало комплексное физико-географическое исследование пространственной дифференциации земельных угодий в пределах меридиональной трансекты Южного Предуралья, пересекающей ландшафтные районы Заволжско-Предуральской и Общесыртовско-Предуральской возвышенных провинций, с применением геоинформационных технологий. Исходными данными для исследования стали картографические основы геоморфологических структур ландшафтов, почвенно-растительные зональные и внутризональные особенности пространственного распределения. Для определения морфоструктурных особенностей территории построена цифровая модель рельефа и проведен синтез мультиспектральной пространственной информации по спутниковым данным. Разработан алгоритм дешифрирования, сбора и анализа информации по синтезированным данным дистанционного зондирования при помощи самоорганизующихся карт Кохонена для картирования структуры целинных и залежных земель по четырем временным срезам, охватывающим период с 1989 по 2018 г. На основе интегрального геоинформационного моделирования выделены границы природных и антропогенных объектов, проведен качественный и количественный анализ параметров при оценке степени воздействия сельскохозяйственной составляющей на естественный ландшафт. Определены тенденции устойчивого снижения доли сельскохозяйственных угодий в южном направлении и распределения целинно-залежных участков в зависимости от почвенного покрова, растительных сообществ и структуры рельефа, в особенности на водораздельных пространствах, при удалении от основных транспортных магистралей региона и низкой экономической эффективности малопродуктивных подтипов почв.

Ключевые слова: Оренбургская область, пространственная дифференциация ландшафтов, геоинформационный анализ, данные дистанционного зондирования, землепользование, структура почвенного и растительного покрова

SPATIAL DIFFERENTIATION OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC STRUCTURE COMPONENTS OF THE SOUTHERN PRE-URAL LANDSCAPES

Dubrovskaya S.A., Ryakhov R.V.

Institute of the Steppe UB RAS FSBI OFRC UB RAS, Orenburg,

e-mail: skaverina@bk.ru, remus.rv@gmail.com

The study of the distribution characteristics of natural and anthropogenic components of the landscape structure is necessary for monitoring natural resources and conducting effective territorial planning measures. The leading influence factor on the steppe geosystems is agriculture, leading to the degradation of soil and vegetation cover, and the animal world. The main goal was a comprehensive physical and geographical study of the spatial differentiation of land within the meridional transect of the South Pre-Urals, crossing the landscape areas of the Zavolzhsky-Preduralskaya and General Syrtov-Preduralskaya elevated provinces, using geoinformation technologies. The initial data for the study were the cartographic foundations of the geomorphological structures of landscapes, soil-plant zonal and intrazonal features of the spatial distribution. To determine the morphostructural features of the territory, a digital elevation model was constructed and multispectral spatial information was synthesized from satellite data. An algorithm has been developed for deciphering, collecting and analyzing information on the synthesized data of remote sensing using Kohonen self-organizing maps for mapping the structure of virgin and fallow lands over four-time sections covering the period from 1989 to 2018. Based on integrated geoinformation modeling, the boundaries of natural and man-made objects are identified, a qualitative analysis of the parameters is carried out to assess the degree of impact of the agricultural component on the natural landscape. The tendencies of a steady decrease in the share of agricultural land in the south and the distribution of virgin and fallow plots depending on the soil cover, plant communities and relief structure, especially in the watershed areas, are determined when moving away from the main transport highways of the region and the low economic efficiency of unproductive soil subtypes.

Keywords: Orenburg region, spatial differentiation of landscapes, geoinformation analysis, remote sensing data, land use, the structure of soil and vegetation cover

Разнообразие природных условий (особенности климата, рельефа, типов почв и др.) усложняет или способствует хозяйственному освоению территории. Одним из ведущих факторов воздействия и изменения степных геосистем является сельское хозяйство, которое приводит к деградации

почвенного и растительного покрова, животного мира. К началу XXI в. в Оренбургской области степень антропогенной нагрузки характеризовалась значительным превышением пределов распаивания земельных ресурсов, а также развитием стихийного нерационального землепользова-

ния, следствием которого стало появление залежей, заброшенных сенокосов, неиспользуемых пастбищ [1].

Оценка дифференциации ландшафтной структуры, почвенно-растительного покрова и агроландшафтов крайне необходима, прежде всего, для разработки комплексного подхода к выяснению взаимосвязей между пространственным распределением почв, параметрами растительности, рельефа и антропогенной составляющей – сельскохозяйственным воздействием. По данным Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области площадь под сельскохозяйственными угодьями в 2018 г. составила 88,3% от общей земельной площади [2]. Сравнивая этот показатель с периодами 2001–2017 гг. (87,4–87,6%), следует отметить незначительное увеличение плотины агроландшафтов. Спектр негативных факторов агропромышленного комплекса на окружающую среду довольно обширен: процессы засоления, опустынивания, загрязнения агрохимикатами не только почвенного покрова, но и поверхностных и подземных вод, изменение морфологических, важнейших физико-химических и биоэкологических свойств ценных почв, развитие овражной сети, уничтожение редких растительных и животных видов, в итоге это приводит к деградации почв и значительным изменениям в природной экосистеме. В условиях аграрного производства, использования земли как природного ресурса, необходимо применение методов адаптивно-ландшафтного земледелия с компонентами эффективной агротехники, низкопродуктивные пахотные угодья целинных районов области перевести в категорию сенокосно-пастбищных угодий [3]. Совокупность экологических и экономических параметров в сельском хозяйстве позволит создать в степных ландшафтах систему оптимально природопользования.

Цель исследования: выявить особенности пространственной дифференциации земельных угодий на основе комплексных физико-географических исследований природно-ландшафтной структуры, почвенно-растительного покрова и сельскохозяйственной нагрузки в пределах меридиональной трансекты Заволжско-Предуральской и Общесыртовско-Предуральской возвышенных провинций.

Материалы и методы исследования

Основой для проведения дифференциации природных и антропогенных компо-

нентов ландшафтной структуры послужило физико-географическое районирование Оренбургской области по А.А. Чибилеву [4]. В пределах Южного Предуралья для изучения пространственной структуры ландшафтов нами выбрана линия меридиональной трансекты Заволжско-Предуральской и Общесыртовско-Предуральской возвышенных провинций – на севере в месте слияния рек Ря и Ик, на юге в месте слияния рек Урал и Илек, протяженностью 284 км. Исследуемая территория представлена следующими физико-географическими районами, каждый из которых имеет определенный «набор» ландшафтно-экологических характеристик: северная часть – Заволжско-Предуральская возвышенная провинция подзона южной лесостепи (Прикинельский сыртово-увалистый район); центральная и южная часть – Общесыртовско-Предуральская возвышенная провинция подзона северной степи (Ток-Присакмарский сыртово-холмистый, Бузулук-Присамарский сыртово-увалистый придолинно-плакорный, Верхнесамарский сыртово-холмистый, Иртек-Кинделинский придолинно-плакорный, террасовый, Нижнеилекский придолинно-плакорный долинно-террасовый районы). Ландшафтным рубежом в пределах трансекты является граница лесостепной и степной природных зон, которые различаются климатическими особенностями, зональной и внутризональной сменой почвенного и растительного покровов. Почвенное пространство исследуемой территории образуют определенные внутренние взаимосвязанные группы: сочетания и комплексы – почвенные комбинации, создающие мозаичные ареалы почв. В пределах меридиональной трансекты представлены частично долины речных систем: Ик, Большой Кинель, Ток, Малый и Большой Уран, Самара, Кинделя, Иртек, Урал, Илек.

Методическую основу исследований составляет группа методов физико-географических исследований: ландшафтный, геоэкологический, сравнительно-картографический, геоинформационный (моделирование природных и природно-антропогенных геосистем). Объект исследования – лесостепные и степные ландшафты Предуралья, предмет – пространственная дифференциация природных и антропогенных компонентов ландшафтной структуры. Исходными данными для исследования стали картографические основы геоморфологических структур ландшафтов, почвенно-растительные зональные и внутризональные особенности простран-

ственного распределения [4]. Для определения морфоструктурных особенностей территории построена цифровая модель рельефа (ЦМР) и проведен синтез мультиспектральной пространственной информации по данным космических аппаратов серий ASTER и LANDSAT. На первом этапе осуществлена пространственная привязка и векторизация картографических материалов, на основании которых создана геоинформационная база данных по пространственному распределению почвенного покрова и растительных сообществ в пределах изучаемой трансекты. Второй этап – автоматизированная нейросетевая классификация синтезированных данных дистанционного зондирования по трем спектральным каналам (коротковолновый инфракрасный, ближний инфракрасный и красный), методом самоорганизующихся карт Кохонена (Self-organizing map) [5] в программном комплексе ScanEx Image Processor, модуль тематического картографирования «Thematic Pro», по четырем пространственно-временным срезам (1989, 1999, 2009, 2018). Размер нейронной сети 5x5 позволил получить 25 классов пространственных объектов. Методами камерального анализа с применением отображения Сэммона [6] выделены полигональные объекты, непосредственно определяемые как распахиваемые земельные участки. Третий этап – в программном комплексе ArcGis проведено сопоставление полученных данных, выделены потенциально целинные участки (не идентифицированные как агроландшафты по временным срезам), старовозрастные (20–30 лет), средневозрастные (10–20 лет), маловозрастные залежи (менее 10 лет) и активно используемые сельскохозяйственные угодья [7]. На следующем этапе проведено сопоставление картосхемы целинно-залежных участков с базой данных почвенного покрова и растительных сообществ. По каждому из имеющихся полигонов рассчитана степень сельскохозяйственного воздействия в зависимости от интенсивности современного использования. По данным ЦМР построен гипсометрический профиль, включающий элементы отображения почвенного покрова, растительных сообществ и структуры агроландшафтов, проведенный по центральной линии ландшафтной трансекты в направлении с севера на юг.

Для верификации полученных результатов в июне 2019 г. проводилось полевое обследование участка трансекты в пределах Новосергиевского района и Сорочинского городского округа Оренбургской об-

ласти. Проведена GPS фиксация координат сельскохозяйственных угодий, относящихся к маловозрастным, средневозрастным, старовозрастным залежам, потенциально целинным участкам и используемым агроландшафтам. При камеральном наложении данных, полученных при проведении полевых исследований и геоинформационного анализа дистанционной информации, определена достаточно высокая степень корреляции результатов. При этом стоит учитывать масштаб погрешности, вносимый тридцатиметровым пространственным разрешением спутников серии Landsat.

Результаты исследования и их обсуждение

В пределах меридиональной трансекты (рисунок) в структуре почвенного покрова преобладают черноземы (около 90% территории). Из них на подтипы приходится: черноземы типичные – 13%, черноземы выщелоченные – 19%, черноземы обыкновенные – 19,8%, черноземы южные – 23,5%, черноземы оподзоленные – 1%, черноземы малогумусные – 10,4%, черноземы остаточнокarbonатные – 1,9%, черноземы солонцеватые – 0,5%, лугово-черноземные – менее 1%, пойменные почвы – 9,9%, пески – 0,2%. По меридиональной линии трансекты (долины рек) получили развитие на аллювиальных отложениях пойменные почвы, из общей площади 30% находится под пашней, целесообразней перевод этих участков под сенокосы, что улучшит экологическую обстановку пойменных участков рек.

В пределах северной части трансекты Прикинельского сыртово-увалистого района почвенный покров представлен черноземами типичными и черноземами типичными маломощными и эродированными. Типичные черноземы отличаются сильно развитым гумусовым горизонтом (А), обладают прочной зернистой структурой и интенсивной черной окраской, переходы между горизонтами постепенные. В пределах подзоны южной лесостепи произрастает лесная растительность (березово-осиновые леса). Согласно картографической основе, составленной авторским коллективом И.Н. Сафронова, Т.К. Юрковская, И.М. Микляева [7], подзона южной лесостепи выделяется как заволжские лесостепи (луговые степи и остепненные луга в сочетании с дубовыми, березовыми, осиновыми лесами). При проведении геоинформационного анализа в пределах данного участка трансекты сельскохозяйственная нагрузка распреде-

лена следующим образом: большая часть ландшафтного района подвержена сильнейшей антропогенной нагрузке, целинные и залежные участки занимают менее 50% территории, наблюдаются полностью распаханые почвенно-растительные сообщества. К ним относятся луговые (богато-разнотравные) степи на типичных и выщелоченных черноземах, приуроченных к пологим водораздельным и слабонаклонным придолинным плакорам. В пределах долины Большого Кинеля процент агроландшафтов снижается до 25%.

Общесыртовско-Предуральская возвышенная провинция подзона северной степи дифференцирована на районы и отличается неоднородностью ландшафтных и почвенных условий, а в пределах провинции – наличием ландшафтных ступеней [3]. На карте зон и типов поясности растительности России [8] эта часть трансекты фиксируется в подзоне северных (заволжских) степей – разнотравно-дерновиннозлаковые степи (заволжские или волго-уральские разнотравно-ковыльные, разнотравно-тырсовые).

В пределах провинции выделяется Ток-Присакмарский сыртово-холмистый район (северо-западная часть трансекты), расчленен реками Ток, Малый Уран, Большой Уран, Самара на узкие междуречья с характерной тектогенной асимметрией ландшафтных структур. Рельеф представлен чередующимися увалами асимметричных водоразделов, переходящими в пологие северные и крутые южные склоны в долины рек [3]. Такая структура степного ландшафта способствует развитию процессов эрозии при проведении агротехнических мероприятий. Согласно геоинформационным данным, в пределах ландшафтного района, площадь эрозионных объектов достигает 30%. На террасах рек фиксируются полигоны линейной эрозии. Почвенный покров представлен черноземами обыкновенными средне- и маломощными их эродированными вариантами, характеризующимися по сравнению с черноземом типичным меньшей мощностью гумусовых горизонтов и снижением содержания гумуса. Различия мезо- и микрорельефа обусловили разный уровень наличия карбонатов в профиле почв, изменяющийся от поверхностного до нижней части переходного горизонта АВ (около 60 см), что определяет наличие родов у чернозема обыкновенного: собственно обыкновенные и обыкновенные карбонатные. Данный тип почв сформировался под разнотравно-ковыльной растительностью. Распространены

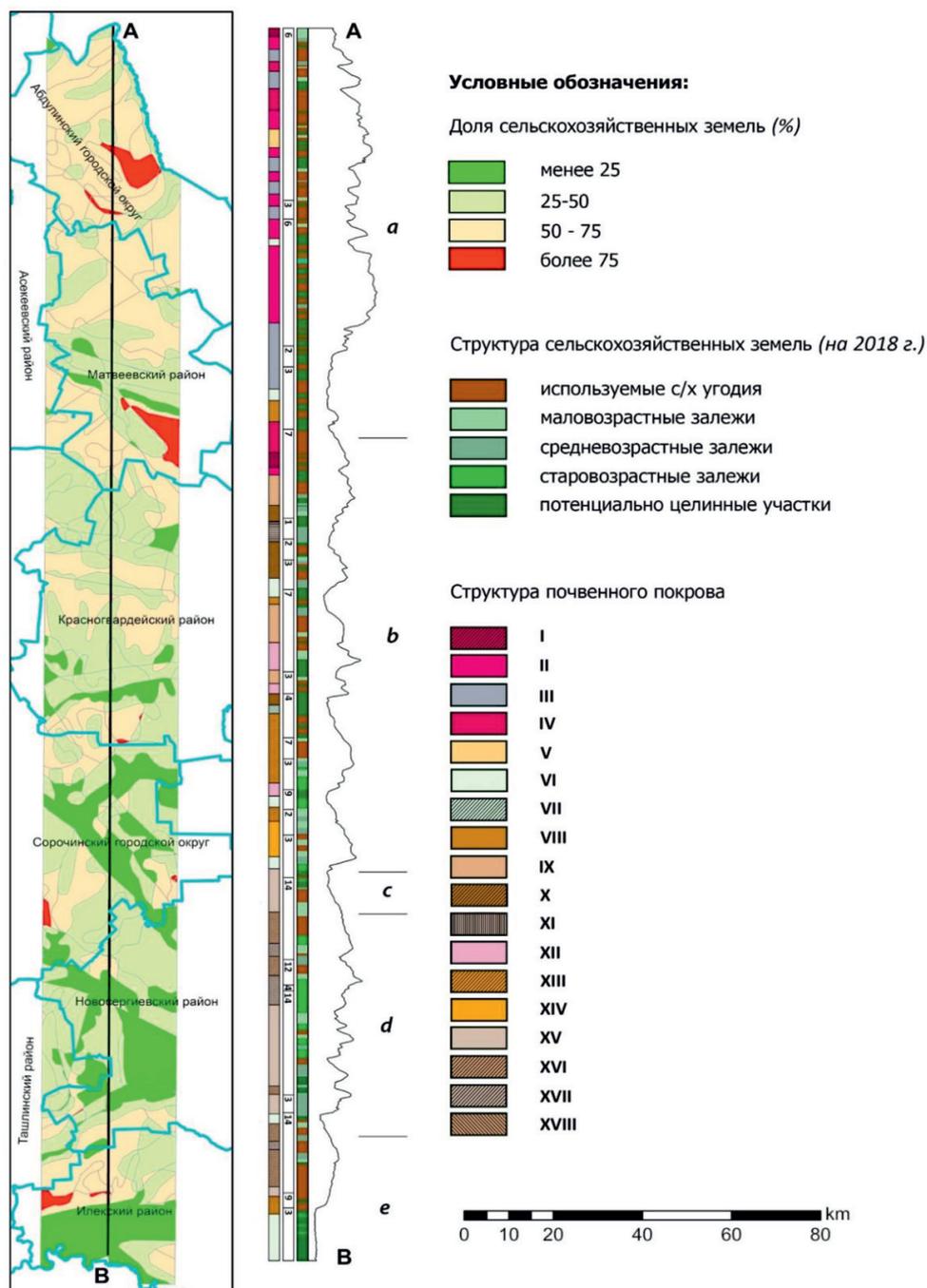
черноземы обыкновенные террасовые и аллювиальные типы почв по пойменно-террасовым комплексам. В пределах подзоны распространены каменистые степи и растительность малоразвитых почв, характеризующиеся своеобразием и значительной ролью полукустарничков в сложении растительных сообществ [9].

Получили свое распространение в долине реки Малый Уран луговые черноземы глинистые и тяжелосуглинистые со злаково-осоково-разнотравной растительностью. Данный тип почв имеет крайне неустойчивый сезонный и годовой режим увлажнения. При продолжительных паводках происходит заболачивание почвенного покрова, или остепнение – отсутствие увлажнения. Для этих почв характерно высокое процентное содержание гумуса, накопление азотистых и фосфорных соединений. Определена высокая доля распахаемых земель в структуре ландшафта на придолинных плакорах междуречья рек Ток – Малый Уран – Большой Уран. Наблюдается устойчивая тенденция увеличения площадей залежных участков в южном направлении на вершинах сыртовых водоразделов. Основную территорию занимают агроландшафты, на которых сельскохозяйственная деятельность была прекращена не более 20 лет назад. Мало-возрастные залежи на обыкновенных черноземах выведены из хозяйственного оборота по причине нецелесообразности их использования в существующих экономических условиях, но могут быть возвращены при изменении структуры аграрного рынка.

В подзоне северной степи центральной части трансекты в ландшафтной структуре выделяются Бузулук-Присамарский сыртово-увалистый придолинно-плакорный и Верхнесамарский сыртово-холмистый районы. Бузулук-Присамарский район с черноземами южными средне- и маломощными, легкосуглинистого гранулометрического состава обладают благоприятными свойствами в сельскохозяйственном отношении, но подвержены в значительной степени водной эрозии и дефляции [10]. В морфометрическом строении почвенного горизонта данный тип почв имеет гумусовый горизонт (А + АВ), который укорочен (до 25–30 см), содержание гумуса 4–6% [3]. При особом сочетании количественных морфометрических характеристик рельефа – направления и угла склона, меняющие степень прогрева и увлажнения и геологических условий – близкое залегание плотных плохопроницаемых юрских темноцветных глин, делает этот

участок неоднородным для хозяйственного использования. Механическое перемещение перегнойных частиц из-за склоновых форм рельефа формирует развитую эрозионную сеть и снижает процент плодородия почв. Плакорные и пологосклонные пространства подзоны северных степей черноземов южных средне- и маломощных тяжелосуглинистого гранулометрического состава сильно распахананы. Физико-географический район в целом

подвержен средней степени сельскохозяйственной нагрузки. Основные агроландшафты относятся к слабонаклоненному придолинному плакору реки Самара, что позволяет проводить активную сельскохозяйственную деятельность. В связи с этим водораздельные возвышенные пространства Бузулук-Самарского междуречья Общего Сырта выведены из оборота и относятся к старовозрастным залежам и потенциально-целинным участкам.



Интегральная картосхема степени сельскохозяйственного воздействия и гипсометрического профилирования по линии меридиональной трансекты

Символами на карте обозначены: АВ – линия высотного профиля; а – Прикинский сыртово-увалистый район; b – Ток-Присамарский сыртово-холмистый район; с – Бузулук-Присамарский сыртово-увалистый придолинно-плакорный район; d – Верхнесамарский сыртово-холмистый район; e – Иртек-Кинделинский придолинно-плакорный, террасовый район; структура почвенного покрова: I – черноземы типичные тучные маломощные на песчано-глинистых осадочных породах, II – черноземы выщелоченные тучные среднесуглинистые и тяжелосуглинистые, III – черноземы типичные тучные средне- и маломощные глинистые и тяжелосуглинистые на карбонатных породах, IV – черноземы типичные тучные среднесуглинистые и тяжелосуглинистые, V – черноземы оподзоленные глинистые и среднесуглинистые, VI – аллювиальные пойменные почвы, VII лугово-черноземные почвы различного механического состава, VIII – черноземы обыкновенные среднесуглинистые и тяжелосуглинистые, IX – черноземы обыкновенные маломощные на песчано-глинисто-карбонатных осадочных породах, X – черноземы обыкновенные среднесуглинистые, XI – черноземы остаточнокорбонатные среднегумусные средне- и маломощные на карбонатных породах, XII – черноземы выщелоченные малогумусные легкосуглинистые и супесчаные на песчано-глинистых осадочных породах, XIII – черноземы малогумусные и слабогумусированные с пониженным вскипанием супесчаные и песчаные на песчано-глинисто-карбонатных осадочных породах, XIV – черноземы малогумусные с пониженным вскипанием легкосуглинистые на песчано-глинисто-карбонатных осадочных породах, XV – черноземы южные маломощные глинистые и суглинистые, XVI – черноземы южные среднесуглинистые и суглинистые, XVII – черноземы южные маломощные на песчано-глинистых осадочных породах, XVIII – черноземы южные среднесуглинистые; структура растительных сообществ: 1 – дубово-вязовые и дубово-липовые леса; 2 – каменные степи и растительность малоразвитых почв; 3 – пойменные леса и луга; 4 – березово-осиновые леса и колки; 5 – ольшаники; 6 – луговые (богаторазнотравно-злаковые) степи на гранитах и продуктах их выветривания; 7 – разнотравно-ковыльные степи; 8 – сосновые боры и редколесья; 9 – растительность песчаных степей; 10 – кустарниковые степи; 11 – галофитные (солонцово-солончаковатые) степи; 12 – растительность меловых отложений; 13 – кустарниковые каменные степи и растительность малоразвитых почв; 14 – типчаково-ковыльные степи; 15 – полынно-злаковые степи.

Верхнесамарский сыртово-холмистый район в рельефе выражен как сильно расчлененный мелкохолмистый. На левобережных склонах р. Самара расположена по данным мультиспектральных изображений основная доля пашни, почвы – черноземы южные маломощные. Согласно данным мультиспектральных изображений зафиксировано менее чем 50% распаханых территорий. Аналогично примыкающему с запада Бузулук-Присамарскому ландшафтному району продолжается сельскохозяйственный кластер на придолинном плакоре северо-восточной экспозиции вдоль р. Самара. Водораздельные пространства Общего Сырта в прошлом подвергались крайне высокой степени хозяйственного использования, о чем свидетельствует низкий процент потенциально-целинных участков. Основная площадь залежей варьирует в пределах 20–30 лет и была заброшена уже после 1990 г. В данном ландшафтном районе, в пределах трансекты, доля залежных участков в структуре агроландшафтов преобладает. Активно используются только наиболее продуктивные земельные участки с хорошей транспортной доступностью на южных среднесуглинистых черноземах. Со снижением содержания гумуса в подтипах южных черноземов увеличиваются средние площади залежей.

Иртек-Кинделинский придолинно-плакорный, террасовый и Нижнеилекский придолинно-плакорный долинно-террасовый районы южной части трансекты получили развитие черноземы южные средне- и маломощные, черноземы малогумусные и слабогумусированные с пониженным вскипанием супесчаные и песчаные на песчано-глинисто-карбонатных осадочных породах и аллювиально-пойменные почвы. Зональный тип растительности по данным Сафроновой с соавторами в подзоне средних сухих степей (заволжско-казахстанские) – типчаково-ковыльковые, типчаково-тырсовые, типчаково-ковыльные, типчаковые. В долине слияния р. Урал и Илек с придолинно-террасовым типом местности выделяются черноземы южные террасовые, на аллювиальных отложениях – пойменные почвы. Процесс формирования аллювиального типа почв связан с регулярным отложением на поверхности илистых пластов речного или озерного аллювия разного гранулометрического состава, мощность слоев варьирует от нескольких миллиметров до 10–20 см [3]. На данном участке исследования аллювиальные гумусовые почвы используются под сенокосы и пастбища, выращивание овощных и бахчевых культур. Прослеживается четкая субширотная граница деления типов землепользования

по уступу террасы реки Урал. Активная хозяйственная деятельность сконцентрирована в пределах Урал-Кинделинского водораздела, затрагивает наиболее экономически выгодные и продуктивные подтипы почв данного региона – черноземы южные средне- и маломощные глинистые, мало- и средне-суглинистые. Площади целинно-залежных участков минимальны и относятся к объектам эрозионной сети и долинам постоянных водотоков. Южная пойменная часть района отличается низкой степенью антропогенной нагрузки вследствие сложных ландшафтных условий: угроза потенциального подтопления, высокая расчленённость рельефа старичными озерами, ограниченная транспортная доступность. За исследуемый сорокалетний период не выделено устойчивых территорий распашки. Сенокосные сконцентрированы вдоль автодороги Илек-Ташла.

Важнейшими флористическими памятниками, входящими в район исследования Предуральской трансекты, являются: естественная степная растительность (растения, занесенные в Красную книгу РФ), занимающая небольшую площадь, но отличающаяся большим разнообразием: гора Меркедоновка и Рассыпнянский затон, водно-ботанические реликты и эндемики – Голубовские моховые болота, озеро Большое Орлово, а также фрагменты целинных степей – Ареузская степь, Васильевский участок, степь «Казачий дол».

Заключение

Согласно авторским расчетам с использованием геоинформационных методов и нейронных сетей выделены закономерности дифференциации структуры агроландшафтов в зависимости от механических, физико-химических свойств почвенного покрова и наличия естественных травянистых и древесно-кустарниковых растительных сообществ степной и лесостепной зон Оренбургской области. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии агропромышленного комплекса на структуру почвенного и растительного покровов, развитию отрицательных микроформ рельефа. Ландшафтные районы северной части трансекты испытывают повышенную хозяйственную нагрузку по причине благоприятных агроклиматических условий. Выделено устойчивое снижение доли сельскохозяйственных угодий в южном направлении, особенно на водораздельных пространствах, при удалении от основных

транспортных магистралей региона и низкой экономической эффективности малопродуктивных подтипов почв черноземов южных. В рамках проведения агротехнических мероприятий не учитываются морфометрические особенности рельефа, что приводит к развитию водно-эрозионных и дефляционных процессов. Согласно авторским расчетам с использованием геоинформационного метода по территории меридиональной трансекты на эрозионный тип рельефа приходится около 20%. Необходимо локально исключить прибалочно-волнисто-увалистые участки склонов и поймы речных систем из сельскохозяйственного использования для предотвращения дефляции.

Статья подготовлена в рамках тем Института степи УрО РАН «Эволюция и пространственная дифференциация ландшафтов Южного Приуралья в условиях климатических и антропогенных изменений» № ГР АААА-А18-118011690034-6 и «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий, в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» № ГР АААА-А17-117012610022-5.

Список литературы / References

1. Чибилев А.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Степное землепользование и перспективы его модернизации в современных условиях // В сборнике: Вызовы XXI века: природа, общество, пространство. Ответ географов стран СНГ. Институт географии РАН. М., 2012. С. 156–182.
2. Chibilev A.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Steppe land use and prospects for its modernization in modern conditions / V sbornike: Vyzovy XXI veka: priroda, obshchestvo, prostranstvo. Otvet geografov stran SNG. Institut geografii RAN. M., 2012. P. 156–182 (in Russian).
3. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2018. Статистический сборник. Оренбургстат. Оренбург, 2018. 530 с.
4. Statistical Yearbook of the Orenburg Region. 2018. Statistical Digest. Orenburgstat. Orenburg, 2018. 530 p. (in Russian).
5. Климентьев А.И. Почвенно-географическое районирование Оренбургской области // Вопросы степеведения. 2005. № 5. С. 83–95.
6. Klimentyev A.I. Soil-geographical zoning of the Orenburg region // Voprosy stepvedeniya. 2005. № 5. P. 83–95 (in Russian).
7. Географический атлас Оренбургской области / Под ред. А.А. Чибилева. М.: Изд. ДИК, 1999. 96 с.
8. Geographical atlas of the Orenburg region / Pod red. A.A. Chibileva. M.: Izd. DIK, 1999. 96 p. (in Russian).
9. Kohonen T. MATLAB Implementations and Applications of the Self-Organizing Map. Helsinki, Finland, 2014. 194 p.
10. Sun J., Fyfe C., Crowe M. Extending Sammon mapping with Bregman divergences. Information Sciences. 2012. V. 187. P. 72–92. DOI: 10.1016/j.ins.2011.10.013.
11. Левыкин С.В., Чибилев А.А., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. Проблемы восстановления зональных степных экосистем на постцелинном пространстве России и Казахстана // Степной бюллетень. 2013. № 37. С. 5–8.

Levykin S.V., Chibilev A.A., Kazatchkov G.V., Yakovlev I.G., Grudinin D.A. Problems of Restoration of Zone Steppe Ecosystems in the Post-Celine Space of Russia and Kazakhstan // *Stepnoy byulleten'*. 2013. № 37. P. 5–8 (in Russian).

8. Карта зон и типов пояности растительности России / Отв. ред.: Г.Н. Огуреева. Сост.: И.Н. Сафронова, Т.К. Юрковская, И.М. Микляева. М., 1999.

Map of zones and types of waistband of Russian vegetation / *Otv. red.: G.N. Ogureyeva. Sost.: I.N. Safronova, T.K. Yurkovskaya, I.M. Miklyayeva. M., 1999 (in Russian).*

9. Рябухина М.В., Рябинина З.Н., Колодина М.В. Современное состояние флоры Общего Сырта и правовые основы охраны отдельных видов растений // *Вестник Орен-*

бургского государственного университета. 2015. № 10 (185). С. 257–260.

Ryabukhina M.V., Ryabinin Z.N., Kolodina M.V. The modern state of the flora of the Common Syrt and the legal basis for the protection of certain plant species // *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2015. № 10 (185). P. 257–260 (in Russian).

10. Климентьев А.И., Павлейчик Е.В. Дефляция почв и опустынивание степей Урало-Каспийского субрегиона // *Аридные экосистемы.* 2013. Т. 19. № 2 (55). С. 47–57.

Kliment'ev A.I., Pavleichik E.V. Soil deflation and desertization of steppes in Ural-Caspian subregion. *Arid Ecosystems.* 2013. V. 3. № 2. P. 92–100. DOI: 10.1134/S2079096113020042.