ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ СТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

С.А. Тесленок

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»
Саранск, Россия, teslserg@mail.ru

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN PROVISION OF OPTIMIZATION AGROECOLOGICAL STATUS AND ENHANCING OF THE PRODUCTIVITY OF LAND STEEP AGROLANDSCAPES

S.A. Teslenok

Ogarev Mordovia State University
Saransk, Russia, teslserg@mail.ru

Abstract. Reviewed the preconditions and results of the use of geographic information systems technology to ensure the optimization of agro-ecological condition of the land and increasing the productivity of agricultural landscapes that emerged in the steppe zone of Northern Kazakhstan.

Keywords: geographic information systems, GIS technology, agricultural landscapes, steppe zone, agro-ecology, optimization, productivity, Northern Kazakhstan.

Введение. Решение одной из важнейших проблем современности – проблемы продовольственной безопасности и обеспечения ежедневных потребностей населения в продуктах питания, не смотря на негативные изменения состояния ландшафтно-экологического потенциала сельскохозяйственных геосистем, возможно путем его оптимизации на основе совершенствования территориальной организации агроландшафтов и решения их современных (зачастую унаследованных) агроэкологических и социально-экономических проблем.

Постановка проблемы. Возникшие в процессе земледельческого освоения степных ландшафтов негативные экологические и экономические последствия, сформировавшиеся геоэкологические проблемы и обострившаяся экологическая ситуация, как и вопросы становления и оптимизации степного природопользования (такие как происхождение чернозема, соотношение и взаимодействие леса и степи, вопросы лесоразведения, значение степных палов и др.) всегда требовали пристального внимания к себе и нуждались в безотлагательном решении. Глубокий анализ особенностей степных ландшафтов и разработка на этой базе теоретических основ и практических мероприятий оптимального природопользования характеризуют работы А.Н. Бекетова, И.И. Михайлова, В.В. Докучаева, А.А. Измаильского, А.Н. Краснова, Г.И. Танфильева, С.И. Коржинского, Г.Н. Высоцкого, В.И. Талиева, С.С. Неуструева, И.М. Крашенинникова, В.В. Алехина, Л.С. Берга, Б.А. Келлера, Е.М. Лавренко, А.М. Семенов-Тянь-Шанской, Н.Ф. Комарова, В.М. Чупахина, Ф.Н. Милькова, В.А. Николаева, А.Г. Исаченко, В.Б. Михно, А.А. Чибилева, Г.В. Гельдыевой, А.И. Климентьева, А.В. Елизарова и многих других исследователей [9].

Материалы и методы исследований. Типичной в отношении рассмотренных вопросов и проблем является часть территории столичного региона Республики Казахстан – Акмолинского Приишимья – ядровой части Акмолинской области в границах до административно-территориальной реформы 1997 г. По результатам предшествующих исследований и физико-географического районирования с использованием ГИС-технологий здесь четко выделяются две широтные почвенно-растительные зоны: северная – черноземная типично степная и южная – каштановая сухостепная. Они разделяются на четыре подзоны: обыкновенных и южных черноземов умеренно-засушливой и засушливой степи, темно-каштановых и каштановых почв умеренно-сухой и очень сухой степи [2, 5] (рис. 1, 2; табл. 1). Внутри подзон, в свою очередь, отмечаются существенная азональная (провинциальная) и местная ландшафтная дифференциация. Она обусловлена особенностями истории формирования и развития территории, спецификой гидротермического режима, рельефа, литологии почвообразующих пород ландшафтов. Результаты проведенных с использованием ГИС-технологий картометрических работ показали, что распределение площадей по подзонам второго порядка в абсолютном выражении и доля в общей площади региона составляют: умеренно-засушливая степь – 4 194 км² (4,6 %), засушливая степь – 24 368 км² (26,8 %), умеренно-сухая степь – 54 452 км² (59,9 %), очень сухая степь – 7 984 км² (8,7 %) [5] (см. рис. 1, 2).

Наибольшие площади (63 436 км², более 2/3 территории) заняты геосистемами зоны сухих степей. Из них преобладают ландшафты подзоны умеренно-сухой степи (87,2 % площади этой зоны и почти 60 % территории региона).

Рис. 1. Электронная почвенная карта (желтым цветом выделены границы подзон)

Таблица 1

Легенда почвенной карты ГИС «Агроландшафты Акмолинского Приишимья»

Цвет, номер	Характеристика
1	Серые лесные и малоразвитые дерново-слабоподзолистые хрящевато-суглинистые
2	Черноземы обыкновенные нормальные
3	Черноземы обыкновенные
4	Черноземы обыкновенные малоразвитые глинисто-щебенчатые
5	Черноземы южные карбонатные
6	Черноземы южные малоразвитые глинисто-щебенчатые
7	Черноземы южные солонцеватые щебенчато-глинистые
8	Темно-каштановые
9	Темно-каштановые карбонатные
10	Темно-каштановые, нередко солонцеватые
11	Темно-каштановые солонцеватые
12	Темно-каштановые малоразвитые щебенчатые
13	Темно-каштановые солонцеватые и малоразвитые щебенчато-глинистые
14	Каштановые
15	Каштановые карбонатно-солонцеватые
16	Каштановые солонцеватые
17	Каштановые малоразвитые щебенчатые
18	Каштановые солонцеватые и малоразвитые щебенчато-глинистые
19	Аллювиальные луговые и болотно-луговые
20	Луговые солонцевато-солончаковые почвы и луговые солонцы и солончаки
21	Черноземы южные солонцеватые и лугово-черноземные
22	Черноземы обыкновенные солонцеватые
23	Темно-каштановые и лугово-каштановые солонцеватые
24	Каштановые и лугово-каштановые солонцеватые
25	Солончаки типичные, соровые и луговые
26	Солонцы луговые и лугово-степные солончаковатые и солончаки
27	Солонцы солончаковатые и солончаки
28	Малоразвитые дерново-слабоподзолистые горно-лесные, реже – серые лесные хрящевато-щебенчатые
29	Малоразвитые горные южные черноземы щебенчатые
30	Горные темно-каштановые щебенчатые почвы

Картометрический анализ цифровой ландшафтной карты ГИС «Агроландшафты Акмолинского Приишимья» и созданной на ее основе серии карт физико-географического районирования, в т. ч. природных зон и подзон, выявил, что соотношение площадей типично степной и сухостепной ландшафтных зон составляет 31,4 % и 68,6 % территории (28 562 км² и 62 436 км²) соответственно [10.] (см. рис. 1, 2).

Специфической чертой ландшафтной и почвенной структур региона является широкая представленность солонцов (наряду с зональными степными геосистемами) с интразональным характером распространения, определяющих значительную комплексность почвенного покрова, а также лиманных ландшафтов [6].

Солонцы и солонцовые комплексы (рис. 3) издавна привлекали внимание многих исследователей. Еще П.С. Паллас [3] связывал особенности ландшафта, расположенного на границе черноземной и солонча-

ковой полос с с характером растительности. В.А. Николаев [2] отмечает необычайно высокую осолонцованность степных ландшафтов зауральских степей, как их важная отличительная черта.

Рис. 2. Результаты картометрического анализа распределения природных зон и подзон Акмолинского Приишмья (доля в общей площади)

Типологический зональный фон междуречных и водораздельных геосистем дополняется ландшафтами, значительно осложненными солонцово-луговой комплексностью (см. рис. 1; рис. 3; табл. 1), придающей им интразональные черты. Природа комплексности двояка [2]: гидроморфная и элювиально-гидроморфная (комплексы относительно повышенного грунтового, натежного или паводкового увлажнения и засоления при слабой дренированности и пленочно-капиллярном подтоке засоленных грунтовых вод – луговые, солонцовые и солончаковые озерно-долинные ландшафты – поймы и низких террас речных долин, лиманов и озерных впадин) или эрозионно-литогенная (комплексы с близким залеганием или выходами на поверхность засоленных глин палеогена и неогена или каолиновых глин древней коры выветривания и продуктов ее переотложения – аридно-денудационных волнисто-увалистых равнин и склонов сглаженного мелкосопочника). Солонцово-степные комплексы этих генетических типов имеют четко выраженную зональную и подзональную пространственную приуроченность: в умеренно-засушливой степи преобладает полугидромофный тип, южнее начинает возрастать роль автоморфного – литогенного. Соответственно резко возрастает их доля в ландшафтной структуре (практически в два раза – с 16 до 30 %) на границе подзон засушливой и умеренно-сухой степи [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Нами был проведен картометрический анализ электронной почвенной карты Акмолинского Приишмья (см. рис. 1, 2). Он показал, что доля разнообразных (солонцово-степных, солонцово-лугово-степных, солонцово-лугово-солончаковых, солонцово-солончаковых) типов солонцовых комплексов [4] в общей площади наземных ландшафтов (без учета аквальных) (90 998,4 км²) составляет 45,2 % (41 146 км²), а сочетаний в разной степени солонцеватых зональных почв с солонцовыми комплексами (см. рис. 3) – 49,8 % (45 298 км²). Ландшафты со значительной (не менее 30 %) долей солонцов в их структуре занимают 25 363 км² (27,9 %) в площади наземных ландшафтов [6]. Полученные данные позволили дифференцировать и значительно детализировать систему применения противосолонцовых мероприятий по физической, химической и биологической мелиорации солонцов и солонцовых комплексов.

Характерным для Акмолинского Приишмья видом сельскохозяйственных ландшафтов является лиманный [6]. Территория собственно лимана – один из видов пастбищных ландшафтов, распространенных, наряду с полевыми (с зернопаровыми севооборотами, кулисными парами и клином многолетних трав) и лесополосно-полевыми (с зернопаровыми севооборотами), на этой территории [2]. Вместе с тем лиманные ландшафты по ряду признаков (прежде всего, типу элементов инженерной инфраструктуры) могут быть отнесены к водохозяйственным. Распространены они в Акмолинском Приишмье в лиманных разливах пойменно-луговых ландшафтов долин рек Ишима, Нуры, Силети, Оленти и их притоков, склонов озерных котловин (рис. 4). Лиманные ландшафты формируются как земли распространения лиманного орошения – земельные участки с комплексом инженерных гидротехнических сооружений – земляных оградительных вододерживающих валов, водорегулирующих дамб обвалования, плотин, водоспусков (сбросных сооружений), оросительных или обводнительных каналов и др. Их хозяйственная функция – задержание и перераспределение талых весенних вод, а также воды оросительных или обводнительных каналов для влагозарядки почв. Важный элемент лиманной инфраструктуры – земляные оградительные водозадерживающие валы, имеющие в исследуемом регионе высоту 2–5 м, ширину 3–4 м (чаще по 3 м высоты и ширины), длину 2–7 км (максимальный показатель – около 17 км) [5].

Лиманное орошение – однократно действующее в течение вегетационного периода глубокое увлажнение почвы орошаемых участков, осуществляемое путем временного заполнения и затопления понижений рельефа водами местного стока с прилегающих к лиману территорий. Такие лиманы могут эффективно

функционировать только при наличии устойчивого снежного покрова, дающего весной достаточное количество талой воды.

а

б

Рис. 3. Солонцеватые почвы (а) и солонцовые комплексы (б) Акмолинского Приишмья

Для определения площади водосборной территории, с которой на лиман поступает вода, ее слоя и объемов, оросительной нормы и степени влагозарядки почв лимана так же использовались возможности ГИС-технологий, и прежде всего цифрового моделирования рельефа. Были они применены и для расчетов

потенциальных и фактических запасов воды в снежном покрове, дающем при таянии в весенний период достаточное количество воды.

Наряду с использованием талых половодных вод, стекающих с вышерасположенных элементов рельефа, в районах с незначительным и неустойчивым весенним стоком для дополнительного заполнения лиманов водой могут использоваться излишки запасов воды водохранилищ и обводнительных каналов.

Рис. 4. Районы развития лиманного орошения и создания лиманных ландшафтов при осуществлении мероприятий по оптимизации агроэкологического состояния и повышения продуктивности земель

По особенностям технического устройства лиманы могут быть простыми и ярусными (более совершенными, представленными системой ярусов дамб или валов); мелководными (мелкого затопления – с глубинами от 15–25 до 25–35 см) и глубоководными (глубокого затопления – с глубинами до 1,5 м при средней более 50 см). На площади лимана вода удерживается системой валов и дамб, а ее излишки сбрасываются через водоспуски (сбросные сооружения), необходимые в первую очередь для обеспечения оптимального увлажнения глубоководных лиманов. Оросительная норма при лиманном орошении составляет 2,5–4,5 тыс. м³ воды на гектар. Продолжительность нахождения воды в лимане (затопления), изменяется, как правило, от 10 до 20 суток, определяясь целым рядом факторов. Прежде всего, это состояние и состав орошаемой естественной растительности или выращиваемой сельскохозяйственной культуры, свойства почвы (в первую очередь ее влагоемкость и глубина увлажнения), глубина затопления, величина уклона и степень спланированности лимана. Растительность лиманов, как правило, более чувствительна к затоплению в начальные фазы развития и лучше переносит его в более поздние. С увеличением температуры и влажности воздуха длительность затопления лимана снижается [6].

На основе карт и баз данных ГИС «Агроландшафты Акмолинского Приишимья» в регионе выявлены 20 районов распространения лиманов [6]. Картометрический анализ цифровых карт показал общую площадь лиманных ландшафтов более 2 554 км² (2,7 % территории). Размер крупнейшего их массива в пойме среднего течения р. Ишим превышает 300 км². Еще один крупный район распространения лиманных ландшафтов площадью более 230 км² – пойма р. Нуры (см. рис. 4). Расположенная здесь пойменная многоярусная Алуинская (Алвинская) оросительная система инженерного типа площадью около 130 км² эксплуатируется с 1965 г. Паводковые и талые воды задерживаются головным сооружением с плотинным водозабором пропускной способностью 101 м³/с. Длина валов и 17 дамб обвалования превышает 108 км. Для управления режимом затопления лиманов в дамбах и валах построено 92 дополнительных плотинных водозаборных сооружения с расходом воды от 10 до 50 м³/с. Вода используется для орошения сенокосных угодий на площади более 232 км² [6].

Исследование ландшафтных особенностей лиманных геосистем позволило выделить два их основных типа – снеговые и концевые. Первые расположены в замкнутых озеровидных понижениях междуречий и получают натежное увлажнение за счет стока талых снеговых вод с прилегающих склонов. Вторые образуются в устьевых разливах мелких степных склоновых рек-карасу. Характеризуясь большими водосборными площадями, они и увлажнены в значительно лучше. Даже после малоснежных зим и дружных весен с интенсивным снеготаянием на них образуется до 0,5 м слоя воды, сохраняющейся более одного месяца [2].

Слитые солончаковатые и карбонатные луговые аллювиальные почвы тяжелого механического состава пойменных лиманов часто сочетаются с луговыми солончаковатыми солонцами или луговыми солонцеватыми почвами, более характерными для урочищ луговых пастбищ и лиманов древнеозерных равнин сухих степей. Здесь отсутствует древесная растительность, очень редко кустарниковая, а травянистая представлена галофитно-злаковыми луговыми и лугово-степными сообществами с пырейными (*Elytrigia repens*), вейниковыми (*Calamagrostis epigeios*), костровыми (*Bromopsis inermis*), бекманиевыми (*Beckmannia eruciformis*), мятликовыми (*Poa pratensis*) лугами с участием разнообразных галофитов – злаков – бескильницы тончайшей и удлиненночешуйчатой (*Puccinellia tenuissima*, *P. dolicholepis*), колосняка (востреца) ветвистого и узкого (*Leymus ramosus*, *L. angustus*), прибрежницы солончаковой (ажрека) (*Aeluropus litoralis*), ячменя короткостистого (*Hordeum brevisubulatum*) и разнотравья – полыни селитрянной (*Artemisia nitrosa*), горькуши горькой (*Saussurea amara*), кермека Гмелина (*Limonium gmelinii*), солянок – солероса европейского (*Salicornia europaea*), сведы рожконосной (*Suaeda corniculata*) и др. Продуктивность таких лиманных лугов, являющихся наиболее ценными условиями региона сенокосными угодьями, высока и достигает 15–25 ц/га сена [5].

В естественных условиях ежегодное периодическое затопление талыми водами препятствует их прогрессирующему осолончакованию и переходу к солончакам. Однако массовое строительство на реках-карасу систем запруд, создание прудов и искусственное задержание части весеннего стока (что особенно часто наблюдалось в период освоения целинных и залежных земель, но распространено и в настоящее время), лишает концевые лиманы необходимого натежного увлажнения и приводит к смене водного режима. Промывной режим заменяется выпотным, а ценные луговые сенокосы всего за 3–4 года превращаются в луговые солончаки [2].

В кормовом балансе хозяйств районов распространения лиманов большое значение играют пырейные (*Elytrigia repens*) лиманные луга, так же используемые преимущественно в качестве сенокосов. Выпас скота на них необходимо максимально ограничить, поскольку под его влиянием состав и качество травостоя быстро изменяется в худшую сторону – ценные кормовые злаки выпадают и распространяются представители плохо поедаемого скотом солончакового разнотравья. Кроме того, увлажненная почвенная поверхность после выпаса становится кочковатой, что в дальнейшем существенно затрудняет, а иногда и вообще делает невозможным механизированное сенокосение. Очень ограниченный выпас скота здесь возможен только по отаве.

В настоящее время в регионе Акмолинского Приишимья, как и в пределах всей степной зоны величина антропогенной нагрузки превысила потенциал естественной устойчивости ландшафтов. Это привело к возникновению сложного комплекса экологических проблем, связанных с истощением природно-ресурсного потенциала. В условиях мощного антропогенного пресса (сплошная распашка, перевыпас скота и деградация сенокосно-пастбищных угодий, степные палы, вырубка степных лесов и кустарников и т.п.), накладывающегося на естественный процесс смещения границ ландшафтных зон на север, отмечается прогрессирующий процесс опустынивания степной зоны. В первую очередь он проявляется в росте континентальности климата и проникновении полупустынных элементов флоры и фауны. Ценные в кормовом отношении виды степных злаков (ковыли – красный, или Залесского (*Stipa zalesskii*), Лессинга (*S. lessingiana*), Коржинского (*S. korshinskyi*), перистый (*S. pennata*), киргизский (*S. kirghisorum*), сарептский, или тырсык (*S. sareptana*), узколистный (*S. stenophila*), волосатик, или тырса (*S. capillata*), овсяницы – Беккера (*Festuca beckeri*), бороздчатая (валисская), или типчак (*Festuca valesiaca*), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*)) подвергаются физическому уничтожению и замене малоценными, неприхотливыми, не поедаемыми скотом сорняками (преимущественно полынью австрийской, или полынком (*Artemisia austriaca*)) [6].

Не вызывает сомнений качественно изменившийся в конце прошлого века характер взаимоотношений общества и природной среды. Возможности хозяйственной деятельности, до этого ограниченные, прежде всего производственным потенциалом общества, начинают лимитироваться экологическим состоянием ландшафтной среды, предъявляющим новые, более жесткие требования. В связи с этим, с конца XX в. особое значение приобрело решение таких актуальных и взаимосвязанных проблем, как разработка принципов стратегии восстановления и сохранения естественного биоразнообразия степных геосистем, обеспечения их устойчивого развития в условиях разных режимов функционирования и управления антропогенными и охраняемыми ландшафтами [6].

В современных рыночных условиях, при интенсификации сельского хозяйства с целью повышения экономической эффективности, наибольшее внимание уделяется производству, обеспечивающим более высокую окупаемость. В ситуации, когда продукция стойлового животноводства имеет гораздо большую, по сравнению с продукцией растениеводства (зернового хозяйства), себестоимость, можно прогнозировать дальнейшее увеличение антропогенной нагрузки на агроландшафты региона и ухудшение и без того напряженной экологической обстановки. В этой связи особое значение приобретают задачи экологической оптимизации [6], изучения и инвентаризации биологических ресурсов степных ландшафтов, создания регио-

нальных стратегий и программ по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия степных биомов, создания сети особо охраняемых природных территории (ООПТ) [6]. Это особенно важно учитывать и в связи с тем, что агроландшафты не только выступают в качестве средства производства в сельском хозяйстве, но и выполняет как минимум две важнейшие экологические функции – ресурсовоспроизводящую и средозащитную. В условиях достижения предела хозяйственной освоенности территории, неуклонно возрастающие потребности в сельскохозяйственной продукции при дальнейшей интенсификации производства, усиливая антропогенные нагрузки на природную среду, могут спровоцировать резкое обострение и без того напряженной экологической обстановки и нарушение эколого-ресурсного баланса и сложившегося хрупкого экологического равновесия, углубление агроландшафтных и агроэкологических проблем, приводящих к природно-хозяйственным конфликтным ситуациям разной степени сложности и остроты. Значительные площади агроландшафтов уже выпадают из хозяйственного оборота по причине их нерационального освоения и использования: это потери пахотных земель в результате дефляции, эрозии, засоления, сброса промышленно-бытовых отходов в конечном итоге так же приводящие к нарастающему антропогенному загрязнению природной среды. Увеличиваются масштабы загрязнения почв, изменения их химического и механического состава, водно-физических свойств. Ухудшение экологического состояния и свойств природного блока агроландшафтов в конечном счете приводит к отмеченной выше ситуации: резкому снижению количества и качества сельскохозяйственной продукции при тенденции к росту основных элементов ее себестоимости на фоне ухудшающегося экологического состояния региона, обострения существующих и возникновения новых экологических проблем, образуя тем самым замкнутый круг [5, 6].

Современное земледелие Акмолинского Приишимья применяет комплекс агротехнических мероприятий, в идеале направленных на оптимизацию различных компонентов ландшафта и повышение его биологической продуктивности, но на деле они нередко вызывают нарушения сложившегося экологического равновесия. При этом особую актуальность приобретают проблемы оценки современного эколого-хозяйственного состояния, выявления негативных антропогенно-стимулированных процессов и разработки комплекса мероприятий по их нейтрализации, изучения современных состояний и структуры природных комплексов, их трансформации под влиянием хозяйственной деятельности человека, а так же поиск путей стабилизации и оптимизации возникающих экологических ситуаций.

Обоснование путей гармонизации взаимоотношений природного и производственного блоков агроландшафтов целесообразно проводить на основе разработки моделей различных типов их организации применительно к тому или иному исходному ландшафту. Эффективность использования естественного потенциала сельскохозяйственных ландшафтов связана и с задачами оптимизации взаимоотношений земледелия и животноводства, земледельческих и пастбищных ландшафтов. В частности, величина поголовья и структура стада, определяющие уровень пасторальной нагрузки на геосистемы, должны в значительной степени зависеть от состояния полевого кормопроизводства и доли полевых кормов, получаемых на основе рационального использования агроландшафтов.

Совершенствование территориальной организации сельского хозяйства степной ландшафтной зоны в общем, и земель агроландшафтов Акмолинского Приишимья в частности, с учетом обеспечения их устойчивого функционирования, основано на поддержании динамического равновесия протекающих в них естественных процессов. Оно напрямую связано с обоснованием рациональных систем использования земель и форм организации территории, определением оптимального (с социальной, экологической и экономической точек зрения) соотношения и сочетания разных видов сельскохозяйственных угодий (пашен, пастбищ, сенокосов, многолетних лесокультурных древесно-кустарниковых насаждений) и земель экологического фонда (лесов, заболоченных участков, солонцов, песчаных массивов) при применении системы агролесомелиоративных мероприятий и с учетом видов и способов их хозяйственного использования [18, 19].

О необходимости обоснования «на избранных участках возможно правильного соотношения между водой, лесом, лугом и другими хозяйственными угодьями...» говорил еще В. В. Докучаев [1]. Необходимость критического переосмысления его идей [1] и опыта их практической реализации (включая основные мероприятия «Сталинского плана преобразования природы», становится особенно актуальной с учетом последствий жесточайшей засухи 2010 г.

В пределах территории Акмолинской области ярким примером создания культурного ландшафта является опыт РГП «НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева» (п. Шортанды), расположенного рядом бывшего колхоза «18 лет Казахстана» (с. Новокубанка Шортандинского района), ТОО «Тургайская сельскохозяйственная опытная станция (п. Свободный Есильского района) и др. Основой преобразования ландшафтов здесь явилось установление оптимального соотношения пашни, луга, леса и воды – обоснование и создание системы искусственных лесонасаждений (полезащитных лесных полос) и водоемов (прудов и водохранилищ) в овражно-балочной сети в целях более рационального использования земельных ресурсов в условиях динамического равновесия природной среды. В результате формируются более благоприятные микроклиматические условия, повышается уровень грунтовых вод, увеличивается биоразнообразие агроландшафтов. Позитивный опыт хозяйственно-производственной деятельности предприятия распространен на близрасположенные хозяйства и административные районы, где так же получили широкое распространение полеззащитные лесополосы и системы прудов и малых водохранилищ.

Конструирование и создание культурных ландшафтов степной зоне на основе имеющегося опыта по разработке и применению методов лесомелиорации и созданию системы защитных лесополос и прудов со

склоновыми лесонасаждениями, способствует поддержанию экологического равновесия, повышению разнообразия, устойчивости и хозяйственной продуктивности антропогенных ландшафтов и сохранившихся природных экосистем, предотвращению развития процессов водной эрозии, дефляции и пасторальной дигрессии, усилению эстетической ценности и привлекательности ландшафтов. Основные элементы территориальной организации степных агроландшафтов могут быть творчески использованы применительно к другим типам исходных ландшафтов и в других регионах [11].

Дифференциация форм земледелия и применение различных типов севооборотов в разных ландшафтных условиях должны способствовать решению задач борьбы неблагоприятными антропогенно-стимулированными экзогенными процессами (в первую очередь – водной эрозией и дефляцией). Прежде всего – это комплекс соответствующих агротехнических приемов, применение специальных противоэрозионных севооборотов, в составе которых значительна доля посевов многолетних трав, и посадка древесно-кустарниковых (в том числе и плодовых) насаждений на склонах юго-западной экспозиции.

Главной причиной существенной антропогенной нагрузки на земли агроландшафтов Акмолинского Приишимья и низкого уровня их экологической стабильности являются сочетание природных ландшафтно-экологических особенностей, специфика процесса их сельскохозяйственного освоения и преобразования, высокая степень распаханности и неблагоприятное соотношение угодий [11, 15, 18]. Экологически же устойчивый агроландшафт основан на оптимальном сочетании различных типов и видов угодий, направлений, режимов и степени интенсивности их использования. Очень низкие показатели доли природных, средостабилизирующих компонентов и земель экологического фонда и экологического каркаса (естественной древесно-кустарниковой растительности, защитных лесных полос, водных объектов, болот и др.), требуют, наряду с осуществлением природоохранных мероприятий (в первую очередь касающихся почв), изменения структуры угодий, обеспечивающего повышение экологической устойчивости территории и стабилизацию экологического равновесия. Так, для повышения потенциальной экологической устойчивости агроландшафтных подзон типичной и сухой степи Акмолинского Приишимья доля пашни в них должна быть уменьшена до экологически допустимого уровня (не более 30–35 % площади) путем перераспределения площадей основных типов сельскохозяйственных ландшафтов [17].

В первую очередь из хозяйственного оборота должны выводиться подверженные воздействию неблагоприятных экологических процессов агроландшафты, агрофации и агроурочища, наименее плодородные, нарушенные в большой степени и полностью разрушенные. При этом не следует допускать отказа от хозяйственного использования земель, требующих для оптимизации их экологического баланса и увеличения продуктивности лишь несложного комплекса относительно недорогих мелиоративных мероприятий. Кроме того, до нормы 1 га на 25–30 га сельскохозяйственных угодий должна быть доведена площадь полезащитных лесных насаждений [18].

Важную роль призвано сыграть и изменение сложившейся в процессе последних этапов агроландшафтогенеза структуры посевных площадей, направленной на извлечение максимальной прибыли, отличающейся низкой средостабилизирующей ролью и не обеспечивающей охрану почв агроландшафтов развития негативных процессов. Прежде всего – это отказ сельхозпроизводителей от монокультуры пшеницы и существенное снижение ее доли [14]. Эта необходимость обусловлена экономическими реалиями рынка – хронически низкими внутренними закупочными ценами на пшеницу в результате ее перепроизводства, когда даже экспорт в условиях насыщения и затоваривания мирового рынка зерна не может оказать положительного влияния. Главное же заключается в том, что длящаяся десятилетиями монокультура пшеницы, без смены предшественников, противоречит элементарным агрономическим правилам, и в первую очередь – нормам травопольного севооборота. Она оборачивается не только экономическими потерями, но и катастрофическими экологическими последствиями, и прежде всего – прогрессирующим снижением плодородия почв, лишь маскируемым применением минеральных удобрений и их полной деградацией.

Сохранение положительного баланса органического вещества и защита почв достижимы в почвозащитных севооборотах агроландшафтов, где многолетние травы (такие, как житняк) занимают не менее 50 % площади посевов, на чистые, занятые или сидеральные пары приходится 15–20 % и на зерновые, зернофуражные, пропашные культуры – 30–35 %. Эту же функцию выполняют пятипольные кормовые севообороты (три поля должны быть заняты многолетними травами – донником, люцерной, кострцом или их смесями), а простое воспроизводство почвенного плодородия обеспечивают семипольные кормовые (с четырьмя полями многолетних трав) [11]. Уменьшение продукции растениеводства компенсируется дополнительным количеством продукции животноводства и более интенсивным использованием земель агроландшафтов.

В условиях Акмолинского Приишимья существенное значение в качестве одного из мероприятий по оптимизации структуры сельскохозяйственных ландшафтов, увеличению их продуктивности и укреплению кормовой базы сельскохозяйственного производства имеет развитие лиманного орошения и создание рассмотренных выше лиманных ландшафтов [6] (рис. 4). Регулируя сток талых вод, этот способ орошения играет и важную экологическую роль, позволяя предотвращать плоскостной смыл гумусового почвенного горизонта и развитие процессов оврагообразования. Важнейшая экологическая роль лиманов заключается в том, что они являются элементами экологического каркаса устойчивых аграрно-ландшафтных экосистем. Использование естественных и сооружение искусственных лиманов позволяет в максимально короткие сроки создавать на них высокоурожайные сеяные сенокосы и гарантированно получать урожаи сена, независимые от погодных условий года. Высокие урожаи и достаточно низкая себестоимость сооружения систем

лиманного орошения позволяет достигнуть окупаемости затрат в течение короткого времени. Перспективы развития лиманного орошения в Акмолинском Приишимье, учитывая значительное количество рек и озер, исключительно велики (рис. 4). Создание новых искусственных лиманов возможно в наиболее благоприятных для этих целей поймах долин малых рек и озерных котловин путем обвалования отдельных участков склонов. В ряде районов возможно сооружение мелких многоярусных лиманов с автоматическим распределением воды по ярусам [18].

Таким образом, лиманное орошение, как наиболее простой и эффективный метод однократного весеннего увлажнения склоновых земель, не требующий больших капитальных затрат и более рентабельный, по сравнению с регулярным, является важной ресурсосберегающей технологией орошения. Возможности ГИС-технологий позволили определить участки, в наибольшей степени пригодные для создания лиманов, и на основе обязательного учета их ландшафтно-экологических особенностей необходимо максимально расширять площади лиманного орошения.

Учеты ботанического состава, высоты, густоты и продуктивности травостоев лиманных лугов на средних лугово-степных солонцах показали, что лучшими многолетними травами для выращивания являются: костер безостый (*Bromus inermis*), пырей бескорневищный (пырейник новоанглийский) (*Elurus Trachucaulus*), житняк ширококолосьный (гребенчатый) (*Agropyron cristatum*), люцерна (*Medicago sativa*), дающие урожайность сена в пределах 29,2–38,8 ц/га. Результаты наблюдений за влажностью почвы позволили определить оптимальную продолжительность затопления лиманов слоем воды глубиной 30–40 см: для костра безостого – 20 дней, пырея бескорневищного – 15 дней, люцерны – 10–15 дней, травосмесей (три варианта – костер безостый, люцерна, пырей бескорневищный, люцерна; костер безостый, пырей бескорневищный, лядвенец, люцерна; костер безостый, люцерна, лядвенец) – 15 дней [15]. В благоприятных условиях лиманное орошение естественных сенокосов позволяет получать до 35–40 ц/га сена. Поверхностное улучшение (щелевание, подсев трав) дает дополнительную прибавку до 10 ц/га, коренное улучшение – до 25 ц/га. Если в типичных условиях второй половины вегетационного периода отсутствие продуктивной влаги в почве пойменных лиманов не позволяет получить второго укоса, дополнительное летнее (в конце июля) их затопление водой из водохранилищ позволяет получить во второй укос до 20 ц/га сена [17].

Обязательным элементом оптимизации агроэкологического состояния степных ландшафтов является лесомелиорация. Она не только улучшает их микроклимат и водный режим. Система мероприятий по рациональной лесомелиорации гарантированно обеспечивает устойчивое сохранение, поддержание на должном уровне и даже увеличение плодородия зональных почв [12–13.]. В почвах степных полей защитных лесных полос и прилегающих территорий активизируются процессы биогенной аккумуляции, гумусообразования, оструктуривания. Высокая степень их интенсивности отражается, например, в морфологических признаках черноземов: по сравнению с открытыми степными участками, под лесополосами возрастает мощность гумусового горизонта, южные черноземы обнаруживают тенденцию перехода в обыкновенные, обыкновенные – в мощные, мощные – в выщелоченные.

В результате анализа полученных на основе ГИС данных о пространственном распределении комплексов зональных и интразональных ландшафтов, результатов картометрии [11–14] осуществлен дифференцированный подход в применении комплекса мероприятий по их агротехнической, химической и биологической мелиорации [11, 12.].

Большое количество геоинформационно-картографических материалов, призванных определить потенциал увеличения хозяйственной продуктивности степных агроландшафтов было получено с использованием возможностей алгебры карт (растровой алгебры) [12].

Важную роль в рационализации степного природопользования призван сыграть комплекс профилактических и организационных мероприятий, направленных на экологическую оптимизацию аквальных и аквально-антропогенных геосистем [14]. В их числе определение и установление режима водопользования с экологически обоснованными допустимыми объемами водоотбора; функциональное зонирование акваторий, прибрежных и водосборных территорий; ландшафтно-адаптационное облесение побережий и водосборов; противоэрозионное водохозяйственное строительство в верховьях временных водотоков; запрещение необоснованного, не прошедшего экологической экспертизы сооружения временных и глухих земляных плотин, негативно влияющих на экосистемы; экологический мониторинг акваторий для использования в целях разных видов хозяйственной деятельности (рис. 5).

Сохранению типичных и уникальных природных ландшафтов, их биоразнообразия, охраны объектов природного и культурного наследия способствует проектирование, создание и поддержание функционирования системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) [14], имеющих разную степень изъятия из хозяйственного оборота и режима охраны.

Рис. 5. Районы распространения аквально-антропогенных геосистем, используемых при осуществлении мероприятий по оптимизации агроэкологического состояния и повышения продуктивности земель

Так, государственные природные заповедники, имеющие в соответствии с законодательством статус природоохранных, научно-исследовательских и эколого-просветительских учреждений, выполняют большое количество функций. Среди них поддержание экологического равновесия путем сохранения определенного числа биологических видов и количества их представителей, обеспечивающих устойчивость экосистем; повышение культуры степного природопользования и экологической культуры населения с формированием ее эстетических и этических начал; развитие различных отраслей науки и повышение их роли в хозяйстве страны [16].

Заповедники – традиционная территориальная форма охраны природы, имеющая приоритетное значение для сохранения биологического разнообразия. В 1958 г. авторы «Перспективного плана географической сети заповедников СССР» отмечали: «С горечью нужно признать, что завет В. В. Докучаева об организации ряда заповедников в степной зоне не выполнен: ни в донских, ни в поволжских, ни в приуральских, ни в кубанских, ни в казахстанских степях в настоящее время нет ни одного заповедника, а на Украине остались лишь мелкие клочки заповедных целинных степей». Сейчас в Казахстане в относительно первозданном виде степные ландшафты сохраняются лишь в Наурзумском и Кургальджинском заповедниках. Второй, созданный в 1968 г., располагается в пределах южной части территории Акмолинского Приишмья. Его площадь 1 935 км², из которых 1 555 км² (80,36 %) представлены аквальными комплексами, а на долю зональных сухостепных ландшафтов приходится только 380 км² (19,64 % территории). Эталоном ландшафтов южной части засушливой подзоны типичной степи региона служит заказник областного значения «Целинная степь», площадью всего лишь в 200 га на территории Республиканского государственного предприятия «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева» в Шортандинском районе. Здесь сохранились зональные типчаково-ковыльная растительность и темно-каштановые почвы и ведутся систематические научные наблюдения за их эволюцией в естественных, не нарушенных хозяйственной деятельностью условиях. Для создания искусственных лугов существенное значение имеет изучение особенностей эволюции растительных ассоциаций на некосимых и периодически выкашиваемых участках. Однако и здесь продолжают катастрофически исчезать ценные представители флоры, в первую очередь – лекарственным растениям семейства валериановых – валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*), патриния средняя (промежуточная) (*Patrinia intermedia*) и др. [19].

В условиях реализуемого в Казахстане курса на устойчивое развитие общества и экономики, усиление экологической безопасности, сохранение природных геосистем и их биоразнообразия, перспективным является определение возможностей дальнейшего расширения системы ООПТ [19]. С конца прошлого века активно разрабатываются принципы организации сети заповедных территорий и объектов в условиях интен-

сивного земледельческого освоения и использования. В условиях значительной антропогенной преобразованности степных ландшафтов очень сложно, а в большинстве случаев и вообще невозможно создание крупных эталонных заповедников. Резервирование и консервация сохранившихся участков целинных геосистем возможны путем организации заповедников, как правило, путем проектирования, создания и развития системы разрозненных охраняемых мелких и средних зональных или интразональных степных природных комплексов [19]. Для обеспечения их единства и непрерывности особое значение приобретает система буферных зон и миграционных коридоров. Они позволяют заповедным территориям взаимодействовать и друг с другом, и с окружающими их преобразованными хозяйственной деятельностью ландшафтами. Вместе с тем их границы сохраняют относительную экологическую автономность и независимость, что особенно важно в условиях открытого степного ландшафта. Организация подобной системы ООПТ должна учитывать основной экологический принцип существования степных растительных сообществ – допущение умеренного выпаса домашних животных (преимущественно лошадей, в меньшей мере – крупного рогатого скота), близкого к существовавшей в прошлом пастбе диких копытных. В связи с этим могут создаваться такие новые формы ООПТ, как пастбищные заповедники, сочетающие различные режимы хозяйственного использования их ландшафтов: от абсолютно заповедного до частично заповедного с жестко нормируемыми «щадающим» сенокошением и умеренным выпасом. При этом необходимо восстановление видового состава и численности типичных степных животных: стрепета, дрофы, грызунов-землероев и др. Кроме того, после реализации новой аграрной государственной политики возможно создание степных заповедников на частных землях. В этой связи уместно вспомнить, что единственный в Европе участок типчаково-ковыльной степи, которого никогда не касался плуг – старейший степной биосферный заповедник планеты и самая крупная европейская степная заповедная территория – Аскания-Нова, создавался как частный, на землях барона Ф. Э. Фальц-Фейна.

Необходимо тщательное регулирование антропогенной нагрузки на степные комплексы. Широкое распространение транспорта и сельскохозяйственной техники (особенно тяжелой) требует регулирования и установления режима движения по степным дорогам – вплоть до полного запрещения в отдельные периоды и для отдельных категорий. Под полным запретом должно быть движение любого транспорта (кроме технологического, непосредственно связанного с выполнением сельскохозяйственных работ) по полевым и проселочным степным дорогам без твердого покрытия в сезоны активной вегетации растений (весна, осень, периоды выпадения большого количества ливневых осадков), особенно на увлажненных и переувлажненных почвах. При сенокошении более экологически целесообразно, а экономически выгодно применять легкую технику и конную тягу. Отчуждение территорий с ценными черноземными почвами для несельскохозяйственных нужд (прежде всего отвод земель под строительство и промышленное освоение) должно быть строго ограничено, а в большинстве случаев запрещено [5].

Важны стационарные ландшафтно-экологические исследования эталонных участков степных геосистем с разными режимами заповедности для разработки и внедрения мероприятий по их экологической оптимизации. Закономерное сочетание подобных эталонов должно быть представлено в каждой ландшафтной провинции (а в идеале – и в физико-географическом районе) [5].

Выводы. Проведенный геоинформационный анализ ландшафтной структуры территории Акмолинского Приишимья и особенностей ее преобразования в ходе агроландшафтогенеза показал, что для обеспечения эколого-экономической устойчивости функционирования агрогеосистем необходим дифференцированный подход в проведении комплекса оптимизационных мероприятий, включающих: определение соотношения и сочетания разных видов сельскохозяйственных угодий и земель экологического фонда; перераспределение площадей основных типов сельскохозяйственных ландшафтов и изменение сложившейся в процессе последних этапов агроландшафтогенеза структуры посевных площадей; агротехническую, химическую и биологическую и агролесомелиорацию; экологическую оптимизацию аквальных и аквально-антропогенных геосистем, включая развитие лиманного орошения и создание лиманных ландшафтов; сельскохозяйственных ландшафтов; восстановления и сохранения естественного биоразнообразия, регулирование антропогенной нагрузки на степные геосистемы.

Таким образом, возможности ГИС и геоинформационных технологий позволяют, с учетом особенностей почвенно-растительного покрова ландшафтов, получать необходимую информацию и создавать модели, осуществлять анализ и оценку ряда сельскохозяйственных характеристик ландшафтов и отдельных ландшафтных процессов, играющих важную роль в процессах принятия управленческих решений, способствующих оптимизации агроэкологического состояния и повышению продуктивности земель степных агроландшафтов, а в целом – рационализации регионального степного природопользования [5, 7].

Выполнено при поддержке РФФИ (проект № 14-05-00860-а)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК REFERENCES

1. Докучаев В.В. О задачах и целях, преследуемых особой экспедицией при Лесном департаменте по испытанию и учету разных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России // Лесной журнал. 1894. № 2. С. 37.

Dokuchaev V.V. O zadachah i celjah, presleduemyh osoboj jekspediciej pri Lesnom departamente po ispytaniyu i uchetu raznyh sposobov i priemov lesnogo i vodnogo hozjajstva v stepjah Rossii [On the tasks and objectives pursued by the special expedition in the forest department for testing and accounting of different methods and techniques of forestry and water management in the steppes of Russia], *Lesnoj zhurnal*, 1894, No 2, 37 p. (in Russian).

2. Николаев В.А. Ландшафты азиатских степей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999, 288 с.

Nikolaev V.A. Landshafty aziatskih stepej [Landscapes of Asian steppes], M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1999, 288 p. (in Russian).

3. Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российского государства. СПб.: тип. Акад. наук, 1788. Ч. III.

Pallas P.S. Puteshestvie po raznym provincijam Rossijskogo gosudarstva [Journey through various provinces of the Russian state], SPb.: tip. Akad. nauk, 1788, No. III.

4. Лавренко Е.М., Гептнер В.Г., Кириков С.В., Формозов А.Н. Перспективный план географической сети заповедников СССР (проект) // Охрана природы и заповедное дело в СССР, бюлл. М.: АН СССР, 1958. № 3. С. 3–92.

Lavrenko E.M., Geptner V.G., Kirikov S.V., Formozov A.N. Perspektivnyj plan geograficheskoj seti zapovednikov SSSR (proekt) [The perspective plan of geographic network of reserves of the USSR (the project)], *Ohrana prirody i zapovednoe delo v SSSR*, bjull., M.: AN SSSR, 1958, No 3, pp. 3–92 (in Russian).

5. Тесленок К.С., Тесленок С.А. Возможности использования цифровых моделей рельефа в управлении земельными ресурсами региона // ИнтерКарто-ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы междунар. конф. Белгород (Россия), Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения). 23 июля – 8 августа 2014 г. Белгород, 2014 а. С. 328–340.

Teslenok K.S., Teslenok S.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya cifrovych modelej rel'efa v upravlenii zemel'nyimi resursami regiona [Possibility of using digital terrain models for land management in the region], *InterKarto-InterGIS-20: Ustojchivoe razvitie territorij: kartografo-geoinformacionnoe obespechenie. Materialy mezhdunar. konf. Belgorod (Rossija), Har'kov (Ukraina), Kigali (Ruanda) i Najrobi (Kenija)*. 23 ijulja – 8 avgusta 2014 g., Belgorod, 2014 a., pp. 328–340 (in Russian).

6. Тесленок К.С. Геоинформационное картографирование и моделирование в управлении земельными ресурсами Республики Мордовия // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XV Междунар. науч. конф. (Минск, 23–24 окт. 2014 г.). Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2014 б. С. 264–266.

Teslenok K.S. Geoinformacionnoe kartografirovanie i modelirovanie v upravlenii zemel'nyimi resursami Respubliki Mordovija [Geoinformation mapping and modeling of land management in the Republic of Mordovia], *Problemy prognozirovanija i gosudarstvennogo regulirovanija social'no-jekonomicheskogo razvitija: materialy XV Mezhdunar. nauch. konf. (Minsk, 23–24 okt. 2014 g.)*, Minsk, NIJeI M-va jekonomiki Resp. Belarus', 2014 b, pp. 264–266 (in Russian).

7. Тесленок К.С., Тесленок С.А. Использование геоинформационных технологий для принятия оперативных управленческих решений в целях рационализации сельскохозяйственного природопользования // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Сборник статей X Междунар. науч.-практич. конф. Пенза: РИОПГСХА, 2014 в. С. 103–106.

Teslenok K.S., Teslenok S.A. Ispol'zovanie geoinformacionnyh tehnologij dlja prinjatija operativnyh upravlencheskih reshenij v celjah racionalizacii sel'skhozjajstvennogo prirodnopol'zovanija [Use of geoinformation technologies for adoption of operational administrative decisions for rationalization of agricultural environmental management], *Agropromyshlennij kompleks: sostojanie, problemy, perspektivy: Sbornik statej X Mezhdunar. nauch.-praktich. konf.*, Penza, RIO PGSHA, 2014 c, pp. 103–106 (in Russian).

8. Тесленок К.С. Перспективы применения ГИС-технологий в использовании земельных ресурсов // Картография и геодезия в современном мире: материалы второй Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апр. 2014. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014 г. С. 212–215.

Teslenok K.S. Perspektivy primenenija GIS-tehnologij v ispol'zovanii zemel'nyh resursov [Perspectives the use of GIS technology in use of land resources], *Kartografija i geodezija v sovremennom mire: materialy vtoroj Vseros. nauch.-prakt. konf.*, Saransk, 8 apr. 2014, Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2014 d, pp. 212–215 (in Russian).

9. Тесленок С.А. Агроландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения: Исследование с использованием ГИС-технологий: монография. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014 д, 189 с.

Teslenok S.A. Agrolandshaftogenez v rajonah intensivnogo hozjajstvennogo osvoenija: Issledovanie s ispol'zovanijem GIS-tehnologij [Agrolandshaftogenez in areas of intensive economic development: A study by using GIS technology], *monografija*, Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014 e., 189 p. (in Russian).

10. Тесленок С.А. Аквальные комплексы в ГИС «Ландшафты Акмолинского Приишимья» // География: проблемы науки и образования. Мат-лы ежегодной науч.-практич. конф. – СПб, 2010 а. – С. 417–422.

Teslenok S.A. Akval'nye komplekсы v GIS «Landshafty Akmolinskogo Priishim'ja» [Aquatic complexes in GIS "Landscapes of Akmola Priishimye"], *Geografija: problemy nauki i obrazovanija. Mat-ly ezhegodnoj nauch.-praktich. konf.*, SPb, 2010 a. – S. 417–422.

11. Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок К.С. Алгебра карт в геоинформационной подготовке сту-

дентов картографов // Педагогическая информатика. 2014 ж. № 1. С. 43–51.

Teslenok S.A., Manuhov V.F., Teslenok K.S. Algebra kart v geoinformacionnoj podgotovke studentov kartografov [Algebra of cards in geoinformational training of students of cartographers], Pedagogicheskaja informatika, 2014 g, No 1, 43–51 p. (in Russian).

12. *Тесленок С.А.* Анализ динамики продуктивности лесостепных агроландшафтов Акомлинского Приишмья с использованием ГИС // ИнтерКарто-ИнтерГИС-17: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Междунар. конф. (Белокуриха, Денпасар, 14–19 дек. 2011 г.). Барнаул, 2011 а. С. 224–236.

Teslenok S. A. Analiz dinamiki produktivnosti lesostepnyh agrolandshaftov Akmolinskogo Priishim'ja s ispol'zovaniem GIS [Analys is of dynamics of the productivity forests teppeagrolandscapes of Akmolinsk Ishim river with use GIS], InterKarto-InterGIS-17: Ustojchivoerazvitieteritorij: teorijaGISiprakticheskijopyt: materialyMezhdunar. konf. (Belokuriha, Denpasar, 14–19 dek. 2011 g.), Barnaul, 2011 a, 224–236 p. (inRussian).

13. *Тесленок С.А.* Геоинформационно-картографический анализ земледельческого освоения ландшафтных подзон Акомлинского Приишмья к концу XIX в. // Картография и геодезия в современном мире : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию кафедры геодезии, картографии и геоинформатики Мордов. гос. ун-та им. Н. П. Огарева, Саранск, 1 дек. 2010 г. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2011 б. С. 111–123.

Teslenok S.A. Geoinformacionno-kartograficheskij analiz zemledel'cheskogo osvoenija landshaftnyh podzon Akmolinskogo Priishim'ja k koncu XIX veka [Geoinformation-cartographic analysis of agricultural development of landscape subzones of Akmola Priishimye by the end of XIX century], Kartografija i geodezija v sovremennom mire : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf., posvjashh. 50-letiju kafedry geodezii, kartografii i geoinformatiki Mordov. gos. un-ta im. N. P. Ogareva, Saransk, 1 dek. 2010 g., Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2011 b, 111–123 p. (in Russian).

14. *Тесленок С.А.* Историко-географические исследования и картографирование процесса агроландшафтогенеза // ИнтерКарто-ИнтерГИС-15 : Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт : материалы междунар. конф., Пермь, Гент, 29 июня – 5 июля 2009 г. : в 2 т. Т. 1. Пермь, 2009 а. С. 174–186.

Teslenok S. A. Istoriko-geograficheskie issledovaniya i kartografirovanie processa agrolandshaftogeneza // InterKartoInterGIS 15 : Ustojchivoerazvitieteritorij: teorijaGISiprakticheskijopyt : materialy mezhdunar. konf., Perm', Gent, 29 ijunja – 5 ijulja 2009 g. : in 2 V. No 1. Perm', 2009 a. S. 174–186.

15. [Historian-geographical research and process agrolandshaftogenez map-making]

16. *Тесленок С.А., Тесленок К.С., Манухов В.Ф.* Опыт использования возможностей алгебры растров в геоэкологических исследованиях // Известия Смоленского государственного университета. 2014 з. № 1 (25). С. 368–379.

Teslenok S.A., Teslenok K.S., Manuhov V.F. Opyt ispol'zovaniya vozmozhnostej algebrы rastrov v geojekologicheskikh issledovaniyah [Experience of using the possibilities of map algebra in geoecological research], Izvestija Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014 h, No 1 (25), pp. 368–379 (in Russian).

17. *Тесленок С. А.* Особенности визуализации элементарных природных комплексов цифровой ландшафтной карты // Вестник Воронежского университета. Серия География. Геоэкология. 2014 и. № 3. С. 49–52.

Teslenok S.A. Osobennosti vizualizacii jelementarnyh prirodnyh kompleksov cifrovoj landshaftnoj karty [Features visualization of elementary natural complexes digital a landscape map], Vestnik Voronezhskogo universiteta, Serija Geografija, Geojekologija, 2014 i, No 3, pp. 49–52 (in Russian).

18. *Тесленок С. А.* Пространственные закономерности продуктивности агроландшафтов Акомлинской области (на примере яровой пшеницы) // ИнтерКарто-ИнтерГИС-16: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Междунар. конф. (Ростов-на-Дону (Россия), Зальцбург (Австрия)), 3–4 июля 2010 г. Ростов-на-Дону, 2010 б. С. 91–104.

Teslenok S. A. Prostranstvennyye zakonomernosti produktivnosti agrolandshaftov Akmolinskoj oblasti (na primere jarovoj pshenicy) [Spatial laws of productivity of agrolandscapes of Akmolinsk region (on the spring wheat example)], InterKarto-InterGIS-16: Ustojchivoe razvitie territorij: teorija GIS i prakticheskij opyt: materialy Mezhdunar. konf. (Rostov-na-Donu (Rossija), Zal'cburg (Avstrija)), 3–4 ijulja 2010 g., Rostov-na-Donu, 2010 b, pp. 91–104 (in Russian).

19. *Тесленок С.А.* Создание тематического содержания цифровой ландшафтной карты Акомлинского Приишмья // Проблемы региональной экологии. 2010 в. № 3. С. 157–163.

Teslenok S.A. Sozdanie tematiceskogo soderzhaniya cifrovoj landshaftnoj karty Akmolinskogo Priishim'ja [Creating thematic content of the digital landscape map of Akmola Priishimye], Problemy regional'noj jekologii, 2010 c, No 3, pp. 157–163 (in Russian).

20. *Тесленок С.А.* Становление и развитие хозяйственно-ландшафтных систем Акомлинского Приишмья до периода присоединения Казахстана к России // И. И. Орловский и современные проблемы краеведения: сб. науч. ст. Смоленск: Универсум, 2009 б. С. 477–487.

Teslenok S.A. Stanovlenie i razvitie hozjajstvenno-landshaftnyh sistem Akmolinskogo Priishim'ja do perioda prisoedinenija Kazahstana k Rossii [Formation and development of economic and landscape systems of Akmola Priishimye period before accession of Kazakhstan to Russia], I. I. Orlovskij i sovremennye problemy kraevedenija: sb. nauch. st., Smolensk, Universum, 2009 b, pp. 477–487 (in Russian).