

Мамутов Ж.У., Керимбай Н.Н.,
Какимжанов Е.Н.,
Шокпарова Д.К.

ГИС-технологии при проектировании адаптивно-ландшафтной системы земледелия (на примере Алматинской области Карасайского района)

Mamutov Zh.U., Kerimbay N.N.,
Kakimzhanov E.N.,
Shokparova D.K.

GIS technology in the design of adaptive-landscape system of agriculture (in example of Karasay region of Almaty Oblast)

Мамутов Ж.У., Керимбай Н.Н.,
Какимжанов Е.Н.,
Шокпарова Д.К.

Ландшафттарға бейімделген егіншілік жүйесін жобалаудағы ГАЖ технологиялары (Алматы облысы Қарасай ауданының мысалында)

Эта статья представляет собой метод, основанный на географической информационной системе (ГИС) для географического и территориального анализа адаптивно – ландшафтных системы земледелия (АЛСЗ) в крупном масштабом картировании сельскохозяйственных ландшафтов. Системы адаптивно-ландшафтного земледелия создаются с помощью модели ландшафта. В статье рассмотрели принципы составления карт морфологических уровней ландшафта, таких как фации и урочища, в АЛСЗ Алматинской области Карасайского района с применением ГИС-технологий.

Ключевые слова: экологическая картография, методика, анализ, картографические методы, принципы, ГИС, базы геоданных.

In the article presents geographic and spatial analysis of adaptive-landscape system of agriculture (ALSA) on a large scale mapping of agricultural landscapes based on geographic information system (GIS) method. Adaptive-landscape system of agriculture creation based on the landscape model. In this article we consider the principles of mapping of the morphological level of the landscape, such as facies and the tracts, in the Karasay region Almaty Oblast t by using GIS technology.

Key words: ecological cartography, methodical, analysis, cartographical methods, principles, GIS, geo-database.

Бұл мақалада ауылшаруашылық ландшафттарын географиялық ақпараттық жүйелерге (ГАЖ) сүйене отырып ірі масштабты картографиялауды географиялық және аумақтық талдау әдістері арқылы жұмыстары қарастырылды. Сонымен қатар, ландшафттардың морфологиялық бірліктері, яғни фация және қоныс деңгейіне дейінде карталарды Алматы облысы Қарасай ауданы мысалында ландшафттарға бейімделген жүйесін ГАЖ технологиялары арқылы құрастыру қағидалары қарастырылған.

Түйін сөздер: Экологиялық картографиялау, әдістеме, талдау, картографиялық әдістер, принциптер, ГАЖ, геомәліметтер базасы.

**ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ
АДАПТИВНО-
ЛАНДШАФТНОЙ
СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
(НА ПРИМЕРЕ
АЛМАТИНСКОЙ
ОБЛАСТИ КАРАСАЙ-
СКОГО РАЙОНА)**

Введение

В 1980-2000-е гг. во всех регионах Казахстана были внедрены зональные системы земледелия, более или менее учитывавшие местную региональную природно-климатическую специфику и уровень развития производительных сил. Также были сделаны попытки разработки систем земледелия для отдельных хозяйств на основе зональных эталонов, что дало не столь плодотворные результаты [1-3]. В связи с резко изменившейся социально-экономической обстановкой, на смену зональной системе земледелия пришло понятие «адаптивно-ландшафтная», имеющее в виду адаптацию не только к природным, но и производственным факторам [4, 5]. То есть адаптивно-ландшафтная система земледелия – это система использования земли определенной экологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия [6-8].

Данная система земледелия была проведена впервые на территории Казахстана, учитывала территориальные особенности местности, где после анализа с классификацией категории ландшафтов и выдачи почвенно-геоморфологической, а также ландшафтной карты для создания адаптивно-ландшафтной системы земледелия. При этом, разработанный методологический подход дифференциаций ландшафтов до таксономических единиц урочищ и фаций был внедрен с применением ГИС-технологий с выдачей бумажных и электронных вариантов карт в масштабе 1:25 000 [9].

Учитывая важность данной системы АЛЗС, проведен территориальный анализ Карасайского района Алматинской области с составлением электронных вариантов ландшафтной, почвенно-геоморфологической карты поверхностных вод района, на основе которых была сделана дифференциация ландшафтов Каскеленского ОПХ до урочища и фации. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

– проведение территориального анализа гидрологических сетей надземных водных ресурсов и составление карты ирригационной системы района в масштабе 1:100 000;

– проведение сравнительного и детального анализа имеющихся в фонде Республики различных карт (почвенной и геоморфологической карты) и составление электронного варианта ландшафтной карты Илийского Алатау Алматинской области в масштабе 1:100 000;

– проведение теоретико-методологических, методических анализов, разработка детальных принципов дифференциации ландшафтов на урочище и фации, разработка методических приемов и создание их карты и проведение практической апробации на территории Каскеленского опытного хозяйства.

Объект исследования

Для дифференциации ландшафтов до таксономических единиц (фации, урочища) в качестве объекта исследования было выбрано Каскеленское опытное хозяйство (ОПХ) (рис. 1). Хозяйство расположено в 22 км к западу от Алматы и в 4 км к востоку от г. Каскелена. Территория хозяйства расположена на предгорной равнине Заилийского Алатау, в пределах 700-800 м над уровнем моря, и представляет собой водораздел рек Аксай и Каскелен. С севера на юг ее пересекает речка Казачка с крутыми обрывистыми берегами, с неширокой поймой (50-100 м), часто заболоченной. Глубина грунтовых вод в средней части территории (по долинам и логам) – 5-6 м, а в холмисто-увалистой части – 10-20 м и более [10].

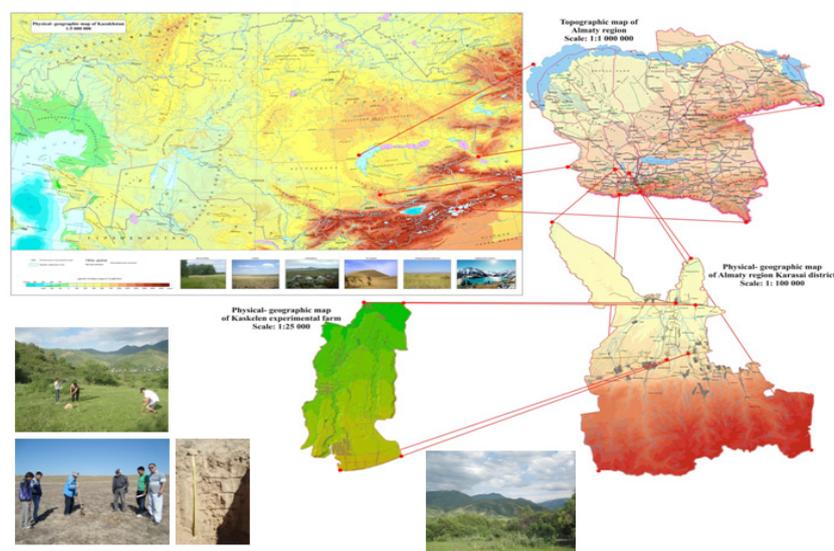


Рисунок 1 – Объект исследования

В Каскеленском ОПХ, где основная часть растительной продукции поступает во внутрихозяйственный оборот, разработка системы ведения сельхоз хозяйства должна проводиться на уровне АЛСЗ. Данная система использовалась в таких районах, где основное ведение хозяйства направлено на выращивание сельхоз культур.

Методы исследования

Разработка адаптивно-ландшафтной системы земледелия для ОПХ начинается с формиро-

вания геоинформационной основы территории агропромышленного комплекса. Под геоинформационной основой понимается совокупность цифровых картографических материалов, представленных в одной системе координат, созданных с использованием общего набора правил представления и описания пространственных объектов, процессов, явлений [11]. Геоинформационная основа территории агропромышленного комплекса должна состоять из 5 блоков (техногенная нагрузка, агроклиматические условия, топография, почвенные условия, а также орографические особенности) (рис. 2) [12].



Рисунок 2 – Структура геоинформационной основы территории агропромышленного комплекса для создания системы адаптивно-ландшафтного земледелия

Каждый блок представляет собой картографическое описание определенного компонента природной или техногенной среды [13]. Наиболее обширно представлен блок «Почвенные показатели», где были показаны данные о литологических и гидрологических условиях, структуре почвенного покрова, основные параметры почвенного плодородия, микроклиматической оценке пахотных почв, а также история поля за 5 лет.

Работа по созданию автоматизированной системы планирования посевных площадей предполагает разработку и построение автоматизированной информационно-аналитической системы, которая состоит из следующих функциональных блоков:

- электронная ландшафтная карта всего Алматинской области Карасайского района, которая включает информацию по агроэкологическим ресурсам территории, информацию о транспортных путях, постройках и др.;

- электронная база данных, связанная с объектами электронной карты, которая включает необходимую атрибутивную информацию, а также содержит статистические данные по урожайности за последние несколько лет;

- экспертный модуль, обеспечивающий поддержку принятия решений по краткосрочному планированию землепользования агроэкологи-

ческих ресурсов и ландшафтов Алматинской области Карасайского района (рис. 2);

- интерфейсный модуль информационно-аналитической системы, который обеспечивает взаимодействие с конечным пользователем и не требует поддержки со стороны разработчика информационно-аналитического комплекса.

Результаты

При разработке и реализации каждого блока проводился детальный анализ его соответствия реальным условиям, чтобы обеспечить высокое качество работы всей системы.

За основу взята агроэкологическая классификация групп земель по основным картам урочищ и фаций – по интенсивности их проявления. Основными факторами дифференциации служат степень гидроморфизма и эродированность земель. Различия между подгруппами могут быть столь велики, что для них должны применяться разные системы земледелия.

Агроэкологические подгруппы разделяются на классы по характеру почвообразующих пород и на подклассы – по их гранулометрическому составу. Классификация предусматривает подразделения земель по особенностям мезорельефа, крутизне и экспозициям склонов, что позволяет идентифицировать выделенные контуры

с аналогичными микроклиматическими условиями.

С учетом всех перечисленных показателей была составлена комплексная детальная карта опытного участка.

Электронная карта Алматинской области Карасайского района была построена на основе карты почвенных ареалов и посевных площадей, содержащей информацию об элементарных ареалах агроэкологического ландшафта (АЭЛ). Под каждым таким ареалом понимается однородный почвенный контур, участок на элементе мезорельефа, характеризующийся одинаковыми геологическими, литологическими и микроклиматическими условиями.

Электронная база составленной карты включает в себя семь самостоятельных слоёв:

ландшафты – для хранения информации об элементарных ареалах агроэкологического ландшафта (ЭАЛ);

почвы – информация об ЭАЛ, либо ещё не получена или недостаточно точна (вспомогательный слой);

геоморфологии – информация об ЭАЛ, информация по которым мезорельефа, крутизне и экспозициям склонов (вспомогательный слой);

дороги – информации о дорожно-транспортных путях, которая необходима при планировании посевных территорий;

реки – информации о водотоках;
другие – информации об объектах других категорий;

водоёмы – информации о водных бассейнах.

Для создания электронной версии карты были использованы вспомогательные и основные функции программного продукта ArcGIS 10.1 [14, 15].

Для дальнейшего изучения земель и их правильного распределения при помощи ГИС следовала дальнейшая дифференциация ландшафтов до уровня урочищ и фации. Дифференциация и составление крупномасштабных карт является неотъемлемой составной частью при проектировании АЛСЗ [3]. Эти территории, в большинстве случаев, совпадают с площадями крестьянско фермерских хозяйств [16]. В задачу наших исследований входила разработка методологии выделения урочищ и фации в пределах ландшафтов. Для этого нам было необходимо провести теоретический анализ каждого из этих таксономических единиц с целью практической дифференциации и в результате составить соответствующие карты. Фации могут объединяться в различные территориальные структуры в зависимости от того, какое система образующее отношение принято в этой интеграции. Тип взаимосвязи между фациями является основой выделения соответствующей ландшафтной территориальной структуры.

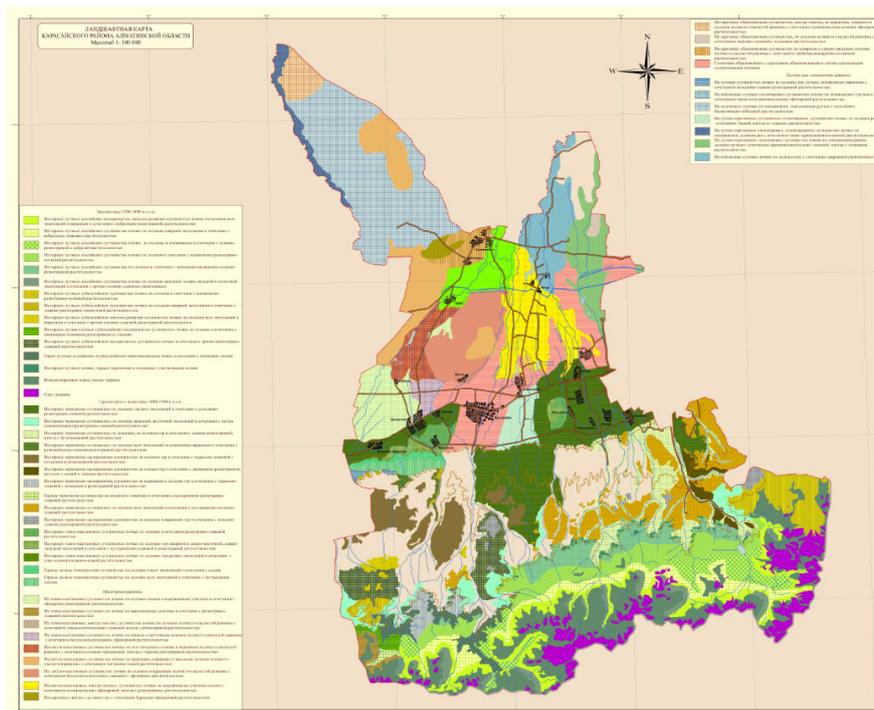


Рисунок 3 – Ландшафтная карта Алматинской области Карасайского района

Фация и урочище – природно-территориальный комплекс, формирующийся в пределах одной мезоформы рельефа, состоящей из закономерно сочетающихся отдельных фаций и подурочищ и обладающий ярко выраженным генетическим единством (рис. 4, 5).

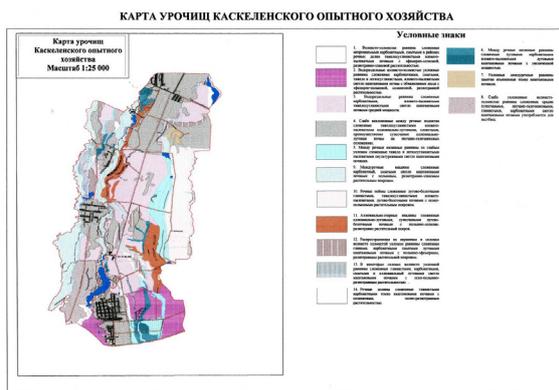
Из приведенных «Карты урочищ Каскеленского опытного хозяйства» и «Фациальной карты этого хозяйства» видно, что в зависимости от сочетания фаций в пределах элементов рельефа урочища подразделяются на простые и сложные. Простыми являются урочища, на каждом элементе рельефа которых сформировалось лишь по одной фации; сложными – урочища, элементы рельефа которых имеют более сложную фациальную структуру, т.е. объединены в подурочища.

По площади, которую занимают урочища в ПТК высшего ранга (местностях и ландшафтах), выделяются урочища-доминанты, занимающие большие площади и образующие фон ландшафта, урочища-субдоминанты, не преобладающие по площади, но часто встречающиеся, вкрапленные в доминантные урочища; второстепенные – редко встречающиеся и занимающие малые площади в урочищах.

Фация служит первичной функциональной ячейкой ландшафта, подобно клетке в живом организме. С фаций следует начинать изучение круговоротов и трансформации энергии и вещества в геосистемах, включая биогеохимическую

«работу» организмов. Первичная географическая информация, получаемая на площадках или «точках» полевого наблюдения и описания, относится именно к фациям. Отличительные особенности фации как элементарной геосистемы – динамичность, относительная неустойчивость и недолговечность. Эти свойства вытекают от потоков вещества и энергии, поступающих из смежных фаций. Ландшафт и фация несоизмеримы по их долговечности.

Урочища – сопряженная система фаций, объединяемых общей направленностью физико-географических процессов и приуроченных к одной мезоформе рельефа на однородном субстрате. Наиболее отчетливо они выражены в условиях расчлененного рельефа с чередованием выпуклых («положительных») и вогнутых («отрицательных») форм мезорельефа – холмов и котловин, гряд и ложбин, межовражных плакоров и оврагов и т.п. Урочище – важная промежуточная ступень в геосистемной иерархии между фацией и ландшафтом. Оно обычно служит основным объектом полевой ландшафтной съемки. По своему значению в морфологии ландшафта урочища могут быть фоновыми, или доминантными, субдоминантными и второстепенными. В этом плане нами выделены 5 доминантных и 9 субдоминантных таксономических единиц, а фациальных единиц 49, и при их группировке по основным схожим признакам получилось 24 фации.



а



б

Рисунок 4 – Карта урочищ и фации Каскеленского опытного хозяйства: а – карта урочищ, б – карта фации

Создание информационного слоя карты ГИС и привязка атрибутивной информации к каждому из объектов слоя «Почвы» позволяет вос-

производить различные варианты тематических закрасок карты, облегчающих визуальную оценку преобладания элементарных ареалов с теми

или иными наборами агроэкологических параметров.

Выводы

Работа была проведена на основе проекта под РГП на ПХВ «Казахский национальный университет им. аль-Фараби» и ДГП на ПХВ «НИИ проблем экологии» (г. Алматы).

Результатом работы каждого из экспертных модулей информационно-аналитической системы является оптимальное распределение сельскохозяйственных культур по производственным участкам. При этом, пользователю комплекса предлагаются количественные оценки урожайности, а также ряд экономических параметров.

Кроме отчета с результатами анализа, каждый из экспертных модулей обновляет информацию электронной карты территории, которая, в свою очередь, отображает слой карты с производственными участками, засеянными оптимальным образом.

Таким образом, проведено подробное многокомпонентное картографирование агроландшафта, что позволило идентифицировать по сочетанию различных признаков более тысячи элементарных почвенных ареалов. Последние,

в свою очередь, комплектовались в агроэкологические типы земель для научно-обоснованной планировки распределения сельскохозяйственных культур и выбираемого уровня технологии. Созданный блок ГИС-системы явился базовым для дальнейшей разработки пакетов технологий возделывания районированных культур для трех возможных уровней интенсификации производства. Это позволило включить «агронимический блок» в экономико-математическую модель оптимизации деятельности сельскохозяйственного предприятия как субъекта рыночной экономики.

В результате работы экспертного модуля информационно-аналитической системы агроном получает фактически готовый план распределения культур по имеющимся производственным участкам и прогноз урожайности как отдельно по каждому участку, так и в сумме по всей территории северного склона Заилийского Алатау. Вся эта информация отображается на экране компьютера в любом масштабе в виде электронной карты с окраской соответственно полученному оптимальному размещению культур. При наличии соответствующего оборудования (принтер, плоттер) можно получить твердую копию карты с любым сочетанием слоёв и в любом масштабе.

Литература

- 1 Kerimbay N.N. etc. Creating the methodological basis oph adaptive-landscape system oph agriculture with the use oph GIS – technologies (phor example, the northern slope oph the Ili Alatau) / Вестник КазНУ. Сер. Эко. – Алматы: Қазақ Университеті, 2013. – №2 / 1 (38). – С. 73-78.
- 2 Кирюшин В.И., Фрумин И. Л. Математическое моделирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (на примере Зауралья) // Известия ТСХА. – 2004. – Вып.2. – 18 с.
- 3 Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: Методическое руководство. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005.
- 4 Черкасов Г.Н. и др. Научно-технический бюллетень по проблеме «Оптимизация агроландшафтов и адаптивно-ландшафтных систем земледелия». – Вып. 2(71). – Курск: ВУХ, 2003. – 110 с.
- 5 Burnett C., Thomas Blaschke. A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology phor landscape analysis / Ecological Modelling 168 (2003). – P. 233–249.
- 6 Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
- 7 Ellema A., Stobbelaar D.J., Groot J.C.J., Rossing W.A.H. Region Growing in GIS, an application phor Landscape Character Assessment. International congress on modelling and simulation land, water & environment management: integrated systems oph sustainability. – Christchurch: The Modelling and Simulation Society oph Australia and New Zealand Inc, 2007. – P. 1349 – 1355.
- 8 Reshmidevi T.V., Eldho T.I., Yana R.. A GIS-integrated phuzzy rule-based inpherence system phor land suitability evaluation in agricultural watersheds / Agricultural Systemsю 101 (2009). – P. 101–109.
- 9 Кененбаев С.Б. и др. Концепция развития адаптивно-ландшафтной системы земледелия для юго-востока Казахстана на период до 2010 года. – Алматы, 2006. – 38с.
- 10 Ерлеспесов М.Н., Тегисов Т.А. Каскеленское опытное хозяйство. – Алма-Ата: Издательство «Кайнар», 1975. – С. 11-12.
- 11 Дубровский, А.В. Исследование геоинформационной основы для создания системы навигации и управления на территории субъекта федерации // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемки. – 2009. – №6. – С. 96-102.
- 12 Власенко А.Н., Добраторская Н.И., Южакова А.И., Каличкин В.К., Понько В.А., Усолкин В.Т., Кожевников А.И., Павлова А.И., Иванова М.И., С.Ю. Капустянчик. Особенности информационного обеспечения агроэкологической оценки земель для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с использованием ГИС-технологий. – Новосибирск: Россельхозакадемия, Сиб.отд-ние СибНИИЗХИМ, 2007. – 40 с.

- 13 Добратворская Н.И., Середович В.А., Дубровский А.В., Орлова Е.С.. Разработка геоинформационной основы систем адаптивно-ландшафтного земледелия // Интерэкспо Гео-Сибирь. – №2. – Т. 3. – 2011.
- 14 Алтаев Ж. ГИС и земельный кадастр Казахстана // Журнал ArcReview. – № 2. – 2003.
- 15 Сахно С.В. Автоматизированная информационная система Государственного земельного кадастра Республики Казахстан // Журнал ArcReview. – № 2. – 2008.
- 16 Солнцев В.Н. Формы упорядоченности физико-географической структуры // В сб.: «Новое в физической географии». – М., 1975. – 24-34 с.

References

- 1 Kerimbay N.N. etc. Creating the methodological basis of adaptive-landscape system of agriculture with the use of GIS – technologies (for example, the northern slope of the Ili Alatau) / Vestnik KazNU. Ser. Eko. – Almaty: Kazak Universiteti, 2013. – №2 / 1 (38). – S. 73-78.
- 2 Kiryushin V.I., Phrumin I. L. Matematicheskoe modelirovanie adaptivno-landshaptnykh sistem zemledeliya (na primere Zaural'ya) // Izvestiya TSHA, 2004. – Vyp.2. – 18 s.
- 3 Kiryushin V.I., Ivanov A.L. AgroEkologicheskaya ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaptnykh sistem zemledeliya i agrotehnologii. Metodicheskoe rukovodstvo. – M.: PHGNU «Rosinphormagroteh», 2005.
- 4 Cherkasov G.N. i dr. Nauchno-tehnicheskyy byulleten' po probleme "Optimizatsiya agrolandshaphtov i adaptivno-landshaptnykh sistem zemledeliya". – Vyp. 2(71). – Kursk: VYH, 2003. – 110 s.
- 5 Burnett C., Thomas Blaschke. A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis / Ecological Modelling 168 (2003). – R. 233–249.
- 6 Kiryushin V.I. Ekologizatsiya zemledeliya i tehnologicheskaya politika. – M.: Izd-vo MSHA, 2000. – 473 s.
- 7 Ellema A., Stobbelaar D.J., Groot J.C.J., Rossing W.A.H. Region Growing in GIS, an application for Landscape Character Assessment. International congress on modelling and simulation land, water & environment management: integrated systems of sustainability. – Christchurch: The Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc, 2007. – P. 1349 – 1355.
- 8 Reshmidevi T.V., Eldho T.I., Yana R. A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds / Agricultural Systems. 101 (2009). – R. 101–109.
- 9 Kenenbaev S.B. i dr. Konceptsiya razvitiya adaptivno – landshaptnoy sistemy zemledeliya dlya yugo – vostoka Kazahstana na period do 2010 goda. – Almaty, 2006. – 38s.
- 10 Erlepessov M.N., Tegisov T.A. Kaskelenskoe opytное hozyastvo. – Alma-Ata: Izdatel'stvo «Kajnar», 1975. – S. 11-12.
- 11 Dubrovskyy, A.V. Issledovanie geoinformatsionnoy osnovy dlya sozdaniya sistemy navigatsiy i upravleniya na territoriy subekta federatsiy // Izv. Vuzov. Geodeziya i aerofotosъемki, 2009. – №6. – S. 96-102.
- 12 Vlasenko A.N., Dobratvorskaya N.I., Yuzhakova A.I., Kalichkin V.K., Pon'ko V.A., Usolkina V.T., Kozhevnikov A.I., Pavlova A.I., Ivanova M.I., S.Yu. Kapustyanichik. Osobennosti informatsionnogo obespecheniya agroekologicheskoy ocenki zemel' dlya proektirovaniya adaptivno-landshaptnykh sistem zemledeliya s ispol'zovaniem GIS-tehnologii. – Novosibirsk: Rossel'hozakkademiya, Sib.otd-nie SibNYYZHim, 2007. – 40 s.
- 13 Dobratvorskaya N.I., Seredovich V.A., Dubrovskyy A.V., Orlova E.S.. Razrabotka geoinformatsionnoy osnovy sistem adaptivno-landshaptnogo zemledeliya // InterEkspo Geo-Sibir'. – №2. – Т. 3. – 2011.
- 14 Altaev Zh. GIS i zemel'nyy kadastr Kazahstana // Zhurnal ArcReview. – № 2. – 2003.
- 15 Sahno S.V. Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema Gosudarstvennogo zemel'nogo kadastra Respubliki Kazahstan // Zhurnal ArcReview. – № 2. – 2008.
- 16 Solncev V.N. Ppormy uporyadochennosti fiziko-geographicheskoy struktury // V sb.: «Novoe v fizicheskoy geografii». – M., 1975. – 24-34 s.