

Abstract

Cameroon is covered by about 20 million hectares of forests. Timber exploitation is the second source of external income after petroleum. Besides, Cameroon's forest has several other functions. Yet the threat to the very existence and survival of this forest is rapidly increasing due to overexploitation by logging companies and for firewood. Despite its usefulness, a substantial volume of the wood felled by timber exploiters is abandoned as waste to rot. This waste can be used as firewood by households even for building and making of furniture by small-scale users like carpenters if they had access to it.

This paper encourages the use of timber waste as an alternative to kerosene, which has become very expensive and unaffordable due to the general rise in the price of petroleum products in recent years. The overexploitation of forests can therefore be limited by putting the waste timber into use. It will go along to reduce freshly cut wood which is usually cut illegally and uncontrollably and which is a major source of depletion of forest resources. This project, once achieved will forever last because it will always generate revenue to the groups involved in the collection and the distribution of forest waste which will make money from sales even if they were to sell cheaper since the major cost is transportation and the waste wood is also cheap to obtain from the logging companies or even costless since they have less interest in it.

ECONOMIC IMPACTS OF CLIMATE CHANGE: A MICRO-LEVEL EVIDENCE FROM NIGERIAN RICE AGRICULTURE

Joshua Ajetomobi^{1,}, Ajiboye Abiodun² and Rashid Hassan³*

¹*Department of Agricultural Economics, Ladoko Akintola University of Technology, Ogbomoso, Nigeria.*

²*Department of Agricultural Economics, Ladoko Akintola University of Technology, Ogbomoso, Nigeria.* ³*Director and Professor, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa and Department of Economics, University of Pretoria, Pretoria South Africa. Corresponding author: jsegun2002@yahoo.com*

Abstract

This study employed the Ricardian approach to test the relative importance of climate normals (average long-term temperature and precipitation) in explaining the value of farm land used for rice production under irrigation and dry land conditions. A survey was done by interviewing 1200 rice farmers from 20 rice producing states in Nigeria. The states cover all the six geopolitical zones in the country. The results indicate that increase in temperature will reduce land rent per hectare for dry land rice farms while it increases the land rent for irrigated rice farms. Increase in precipitation on the other hand will cause a rise in land rent for both dry land and irrigated rice farms. The results clearly demonstrate irrigation as a significant techniques used by the farmers to adapt to the climate change.

JEL CODES: Q12, Q25

Keywords: Climate change, Irrigation, Land value, Rice, Nigeria.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА В УПРАВЛЕНИИ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕГИОНА

К. С. Тесленок, С. А. Тесленок

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Географический факультет

ул. Советская, 24, г. Саранск, Россия, 430011

E-mail: kirilltesl@mail.ru, teslserg@mail.ru

POSSIBILITY OF USING DIGITAL TERRAIN MODELS FOR LAND MANAGEMENT IN THE REGION

K. S. Teslenok, S. A. Teslenok

*N. P. Ogarev Mordovian State University, Faculty of Geography
Sovetskaya St., 24, Saransk, Russia, 430011*

E-mail: kirilltesl@mail.ru, teslserg@mail.ru

Abstract. On the example of the Mordovia Republic examined the possibility of using GIS technology, geoinformational and cartographic digital terrain models (DTM, digital elevation model, DEM) for land management in the region in order to rationalize nature use.

Сельское хозяйство – одна из важнейших отраслей материального производства вообще, и российской экономики в частности, основа продовольственной безопасности страны. Его доля в валовом внутреннем продукте России достигает почти 5%. В сельской местности проживает более четверти всего населения Российской Федерации (до 38 млн. человек), а доля занятых в сельском хозяйстве достигает 10%. В сельском хозяйстве – второй ведущей отрасли экономики индустриально-аграрной Республики Мордовия занято вдвое больше – около 20% экономически активного населения [Республика Мордовия, 2014; Сельское хозяйство..., 2014; Экономическая география..., 2000]. Природной основой сельского хозяйства являются земельные угодья – земли, используемые в сельскохозяйственном производстве. В Российской Федерации находится 10% всех пахотных земель мира. По данным различных статистических источников, общая площадь сельскохозяйственных угодий России оценивается в более чем 220 млн. га (более 2,2 млн. км²), составляя около 13 % всей территории страны. При этом на долю пашни – самых ценных земель – приходится около 130 млн. га, или 60% площади сельхозугодий. Поволжье по величине доли сельскохозяйственных угодий в общей площади (около 73%) находится на втором месте в стране (после Центрального Черноземья). Для Республики Мордовия характерны примерно такие же относительные данные – доля сельхозугодий в общей земельной площади (более 1,3 млн. га) превышает 60%, а доля пашни (почти 1 млн. га) в сельскохозяйственных угодьях – свыше 75% [Республика Мордовия, 2014; Сельское хозяйство..., 2014; Экономическая география..., 2000].

В общей площади сельхозугодий на долю черноземов приходится 44,3 %, лесных почв – 45,2 %, дерново-подзолистых – 5,4 %. Для земельных ресурсов республики характерно сочетание выщелоченных и оподзоленных черноземов и комплекса серых лесных почв с небольшой долей дерново-подзолистых. Наиболее ценные среди них – выщелоченные и оподзоленные черноземы, занимающие более 44% пашни. Комплекс серых лесных почв распространен на 44,4% пашни, причем из них лучше освоены темно-серые лесные. 6,1% площади пашни приходится на наименее плодородные дерново-среднеподзолистые почвы, распространенные преимущественно в подзоне хвойно-широколиственных лесов и на северо-западе подзоны северной лесостепи. В долинах крупных рек и их притоков под пашни используются пойменные (аллювиальные) почвы, доля которых составляет 3,2% [Республика Мордовия, 2014].

Сельскохозяйственная освоенность республики, определяемая долей сельхозугодий в общей площади ее территории, изменяется от 64% в ландшафтной зоне смешанных лесов водно-ледниковых равнин на дерново-подзолистых и серых лесных почвах до 73–74% в ландшафтах широколиственных лесов и лесостепи вторичных моренных равнин на серых лесных и черноземных почвах. Сельхозугодья во всех категориях земель занимают более 64% общей площади республики, включая долю пашни около 44% [Носонов, 1997; Республика Мордовия, 2014]. Несколько меньшая доля сельскохозяйственных угодий в общей земельной площади на западе республики объясняется широким распространением здесь лесной растительности, заболоченностью и преобладанием малопродуктивных дерново-подзолистых почв. Эти же факторы определяют наименьшую в пределах Мордовии земельную освоенность сельскохозяйственных угодий: пашни занимают в зоне смешанных лесов водно-ледниковых равнин на дерново-подзолистых и серых лесных почвах до 72%. Наличие черноземов в центральных и восточных районах республики определяет долю пашни в сельхозугодьях в пределах 80–85%. Так, в ландшафтах широколиственных лесов и лесостепей с серыми лесными почвами и черноземами выщелоченными и оподзоленными доля пашни повышается: от 81–82% до 86% соответственно. [Носонов, 1997]

Почвы и земельные ресурсы являются главным богатством ландшафтов любого региона, и любой вид природопользования в той или иной степени основан на их использовании. Однако анализ результатов и негативных экологических последствий хозяйственной деятельности человека в процессе освоения ландшафтной структуры большинства территорий [Николаев, 2008; Тесленок, 2009 б, 2011, б, 2013 б, 2014 и др.] свидетельствует о не всегда рациональном их использовании, а так же существовании в прошлом и сохранении в настоящее время недостатков управления производственно-хозяйственными системами. Результатом нерационального земельного освоения исходных геосистем стал комплекс разнообразных негативных экологических и экономических последствий, сформировавшихся геоэкологических проблем и обострившихся экологических ситуаций. Все они остро нуждаются в разработке теоретических основ и практических мероприятий оптимального природопользования на базе глубокого анализа структурно-функциональных, динамических и эволюционных особенностей ландшафтов.

Анализ особенностей пространственного распределения и современной структуры земельных ресурсов Республики Мордовия показывает, что они определяются наличием диспропорций в структуре сельскохозяйственных ландшафтов и соотношении их элементов. Кроме того, в последнее время все чаще и более отчетливо стала проявляться одна из негативных тенденций в изменении структуры земельного фонда, связанная с наступлением населенных пунктов (особенно малоэтажной застройки на территории городского округа Саранск и центров муниципальных образований) на земли сельскохозяйственного назначения, а среди них, что наиболее прискорбно, – на их наиболее ценную категорию – пахотные земли. С

другой стороны, многие массивы пашни (как правило, наиболее удаленные от хозяйственных и производственных центров) не обрабатываются и фактически перешли в категорию залежей. Кроме того, современное земледелие применяет целый комплекс агротехнических мероприятий, результаты которых должны способствовать оптимизации различных компонентов ландшафта и повышению его биологической продуктивности, но на деле нередко приводят к нарушениям сложившегося экологического равновесия. Постоянно и неуклонно возрастающие потребности в сельскохозяйственной продукции приводят к деградации земельных ресурсов, увеличивают масштабы загрязнения почв и изменения их химического и механического состава, водно-физических свойств, что приводит в итоге к возникновению целой группы экологических проблем. Значительные площади агроландшафтов выпадают из хозяйственного оборота из-за их нерационального освоения и использования: потери пахотных земель в результате действия негативных экзогенных, зачастую антропогенно стимулированных процессов: эрозии, оползнеобразования, подтопления и затопления, сброса промышленно-бытовых отходов в конечном итоге так же приводят к нарастающему загрязнению и истощению природной среды.

Исследования современного состояния экологической обстановки и структурно-динамических особенностей геосистем позволяют сделать вывод, что они сформировались в процессе длительной эволюции под влиянием как естественных факторов, так и хозяйственной деятельности человека [Мильков, 1978; Николаев, 1992, 2008; Тесленок, 2009 б, 2011 б, 2013 б, 2013 в, 2014 и др.]. Исключительное многообразие всех форм воздействия человеческого общества на природную среду можно объединить в несколько групп: земледелие, выпас скота, лесное хозяйство, различные виды строительства, разработка полезных ископаемых, рекреационное использование. И если одни из них (например, строительство, добыча полезных ископаемых), характеризуются сравнительно небольшими по площади, но весьма значительными по масштабу и скорости воздействиями, то другие (прежде всего сельское хозяйство), хотя и трансформируют исходные ландшафты не столь сильно и быстро, но действуют в течение длительного времени и распространены на огромных территориях.

Способ хозяйственного освоения и использования территории и его результат – формирование определенных типов антропогенных ландшафтов – во многом предопределены спецификой природно-ресурсного потенциала. Каждый конкретный вид использования сопровождается применением определенного арсенала средств, вызывающих специфические изменения в ландшафтах. Вполне очевидно, что специфика проявления и последствия одних и тех же форм антропогенного воздействия в разных ландшафтах, даже при одинаковом уровне хозяйственного использования, будут различаться. В силу этого антропогенные ландшафты, сформировавшиеся в однородных природно-ресурсных условиях, тем не менее, будут заметны дифференцироваться по площади региона в силу различий в истории их хозяйственного освоения и сложившихся социально-экономических условий.

В сельском хозяйстве земельные ресурсы ландшафта является главным средством производства и непосредственно обеспечивают возможности его функционирования. По этой причине сельскохозяйственное производство оказывает постоянное воздействие на природную среду. Это воздействие, имеющее в своей основе множество сопряженных производственных процессов и факторов, достаточно трудно поддается регулированию. Кроме того, его характер, уровень и последствия (и экономические, и экологические) определяются не только степенью интенсивности сельскохозяйственной деятельности или размерами производства сельскохозяйственной продукции, но и ландшафтными особенностями среды, определяющими ответную реакцию на воздействие. Влияние сельскохозяйственного производства на ландшафты имеет два аспекта: долговременное, результатами которого являются «накопленные» изменения природной среды (эрозия и дефляция почв, дигрессия пастбищ и т. д.) (имеющее кумулятивный эффект, последствия отодвинуты во времени) и связанное с действующими в настоящее время системами земледелия и животноводства (действующее непосредственно в данный момент, последствия проявляются сразу). Воздействия сельского хозяйства на природную среду многообразны и осуществляется через меняющиеся во времени и имеющие географическую обусловленность формы землепользования и применяемые системы земледелия и животноводства – комплекс мероприятий для выращивания культурных растений и разведения домашних животных [Тесленок, 2014].

Отрасли сельского хозяйства (особенно земледелие), оказывает влияние на все обобщенные виды трансформации ландшафтов и их компонентов: морфолитогенную основу, химический состав и круговороты элементов, энергетический баланс, биоту. Загрязнения отдельных компонентов и ландшафтов в целом, возникающие при широкомасштабном применении минеральных удобрений, мелиорантов, средств защиты растений, в отличие от точечных или мелкоареальных промышленных, носят площадной характер.

Учитывая, что основные особенности и направления освоения в значительной мере предопределяются дифференциацией ландшафтной организации территории, наиболее значительно структура и механизмы функционирования геосистем преобразуются именно в процессе длительных площадных воздействий, характерных для сельскохозяйственного производства. Именно сельскохозяйственное освоение нашей планеты привело к образованию не только разнообразных видов агроландшафтов и сопутствующих им нарушенных непродуктивных земель, но и целых ландшафтных зон. Практически полностью сельскохозяйственными – лесо-лугово-полевыми, лугово-полевыми, степно-полевыми стали смешанно-лесная, широколиственно-лесная, лесостепная, степная и сухостепная природные зоны и подзоны умеренного пояса Евразии [Николаев, 1992, 2008; Тесленок, 2009 б, 2014 и др.]. Исходная

природная подсистема большинства сельскохозяйственных регионов нашей планеты уже давно в разной степени антропогенизирована, глубоко и необратимо изменена и далека от своего первоначального состояния. Длительное (в масштабе веков и даже тысячелетий) воздействие почти полной распашки, интенсивного выпаса скота, применение разных видов мелиораций привели к трансформации не только биокосных и биогенных компонентов и гидроклиматических условий геосистем, но даже их литогенной основы. Начало сельскохозяйственного освоения ландшафтов является своеобразным спусковым крючком, запускающим механизм цепной реакции коренного преобразования всей компонентной структуры и ведущим к возникновению новых инвариантов геосистем. Сформировавшиеся агроландшафты, еще имеющие после снятия антропогенных нагрузок способность к самовосстановлению [Николаев, 2008], играют в ландшафтной структуре интенсивно освоенных в сельскохозяйственном отношении территорий подчиненную роль. В настоящее время величина антропогенной нагрузки превысила потенциал естественной устойчивости ландшафтов, что привело к возникновению целого комплекса экологических проблем, связанных с истощением природно-ресурсного потенциала. В условиях мощного антропогенного пресса (сплошная распашка, перевыпас скота и деградация перегруженных сенокосно-пастбищных угодий, вырубка лесов и кустарников), накладывающегося на естественный процесс смещения границ ландшафтных зон на север, в той или иной степени отмечаются процессы опустынивания.

В резолюции международного симпозиума «Культурные ландшафты: сохранение и устойчивое развитие» (Германия, Верлитц, 1998 г.) территории, вещественно (материально) преобразованные разными формами хозяйственного использования, но при этом находящиеся в экологическом равновесии и устойчиво развиваются, определены как культурные ландшафты. То есть культурные ландшафты являются в том числе и результатом рационального преобразования исходных геосистем, происходящего вследствие принятия правильных (экологически, экономически и социально грамотных, своевременных, тщательно выверенных, продуманных) управленческих решений. Среди официально признанных и включенных в Список Всемирного наследия культурных ландшафтов преобладающее большинство сельские, основная историческая функцией которых, определившая специфические социокультурные особенности, – сельскохозяйственная деятельность. С ними самым тесным и непосредственным образом связаны некоторые исторические индустриальные (инженерных сооружения, предназначенные для использования энергетики ландшафта и размещение инженерно-технических систем и производственных комплексов). Эти прямые антропогенные ландшафты относят к категории четко определяемых целенаправленно сформированных [Operational..., 1999], «рукотворных» свободно развивающихся [Кулешова, 2003] или запрограммированных (целесообразных) [Мильков, 1978]. Исторические сельские ландшафты, развивающиеся естественным эволюционным образом, обладают исключительной ценностью, являясь уникальными примерами взаимодействия человека и природы и грамотного управления со стороны общества. Прогрессирующие процессы индустриализации, интенсификации землепользования и роста численности населения, сочетающиеся с глобализацией национальных экономик, заключающейся в экономической, политической, культурной и религиозной интеграции и унификации, приводят к утрате культурными ландшафтами их изначальных функций, потере структурно-функциональных и восстановительных способностей, биологического и этнокультурного разнообразия. Изменению этого негативного тренда призвана способствовать экологическая и культурная переориентация сложившейся политики землепользования с обязательной инвентаризацией всех сохранившихся естественных ландшафтов, их всемерной охраной и по возможности – расширением площадей. Такие геосистемы должны стать основой для устойчивого, сбалансированного и экологически безопасного развития как отдельных отраслей хозяйства, так и всей экономики в целом, структуры и технологии землепользования, мониторинга и охраны природной среды, исторических, культурных, рекреационных и социальных объектов и памятников. Практическая реализация принимаемых в связи с этим управленческих решений, в свою очередь, должна базироваться на качественном геоинформационном и картографическом обеспечении, предоставляющем соответствующие целевые информационные ресурсы. Важную роль должно играть управление не только отдельными компонентами природных комплексов и соответствующими ресурсами, геосистемами различных иерархических уровней, но и возникающими в процессе природопользования рисками.

Огромные площади сельскохозяйственных угодий, значительная доля населения, занятого в сельском хозяйстве, большое количество разнообразной техники и поголовья скота, а так же ряд других факторов определяют потребность в разработке качественно новых методов управления земельными ресурсами и сельскохозяйственным производством в целом. При этом одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности управления является создание и использование специализированных региональных информационных систем на основе геоинформационных технологий. Они призваны способствовать решению задач информационной (включая ее геоинформационно-картографическую основу) поддержки принятия управленческих решений; планирования, реализации, мониторинга и анализа разнообразных мероприятий и операций, использования техники и оборудования, применения удобрений и средств защиты растений; прогнозирования состояния, продуктивности и валовой продукции различных видов сельскохозяйственного производства [Применение ГИС-технологий..., 2014; Тесленок, 2009 а, 2010 а, 2010 б, 2011 а, 2001 б, 2013 б, 2013 в, 2014 и др.].

Эти задача тем более важна и актуальна, если учесть, что во многих странах использование ГИС-приложений в сельском хозяйстве давно стало необходимым компонентом системы управления хозяйством

[Тесленок, 2010 б, 2014]. В России же имеющиеся у сельхозпроизводителей традиционные бумажные картографические материалы нередко физически и морально устарели, неудобны и неэффективны, а если и пригодны для работы, то не дают необходимых достоверных актуальных сведений. Кроме того, и уровень информационной подготовки работников, как правило, не отвечает современным требованиям, оставляя желать лучшего [Применение ГИС-технологий..., 2014 и др.]. Справедливости ради необходимо отметить, что Россия не остается в стороне от мировых тенденций по повышению эффективности сельского хозяйства за счет применения перспективных информационных технологий. Целевая поддержка развития ГИС для сельского хозяйства в 2008–2012 гг. осуществлялась в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, где на создание системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства было выделено около 4,5 миллиардов рублей. В настоящее время эта работа продолжается в рамках аналогичной Государственной программы на 2013–2020 гг.

Процессы и особенности формирования сельскохозяйственной структуры территории, возникающие при этом негативные экологические последствия и направления их нейтрализации и оптимизации наиболее полно раскрываются при электронном комплексном ландшафтном и отраслевом земельно-ресурсном картографировании. Электронная ландшафтная карта как центральное звено специализированной региональной ГИС, при углубленной проработке легенды, применении методов морфометрического и морфологического анализа технологично трансформируется в серии отраслевых тематических карт, отражающих свойства и состояние природных компонентов и физико-географических районов [Тесленок, 2009 а, 2010 а, 2010 г, 2011 б, 2014 и др.]. Использование региональных ГИС позволяет оценить современное геоэкологическое состояние региона, сформулировать рекомендации по оптимизации хозяйственного освоения территории, повышению продуктивности агроландшафтов и улучшению экологической обстановки в разных типах природной среды. Кроме того, активное внедрение, широкое распространение и повсеместное применение специализированных ГИС-решений позволяет избежать ошибок разной степени (включая фатальные) при проектировании размещения различных видов сельскохозяйственных угодий, севооборотных полей, систем и элементов производственной и социальной инфраструктуры агроландшафтов. Эти системы способны не только повысить степень автоматизирования работы специалистов, но и существенно снизить риски возникновения и проявления ошибок, связанных с влиянием человеческого фактора. В настоящее время подобные системы, в разной степени автоматизирующие различные виды работ, применяются практически во всех экономических и социально значимых сферах деятельности, быстрее и качественнее решая возложенные на них задачи.

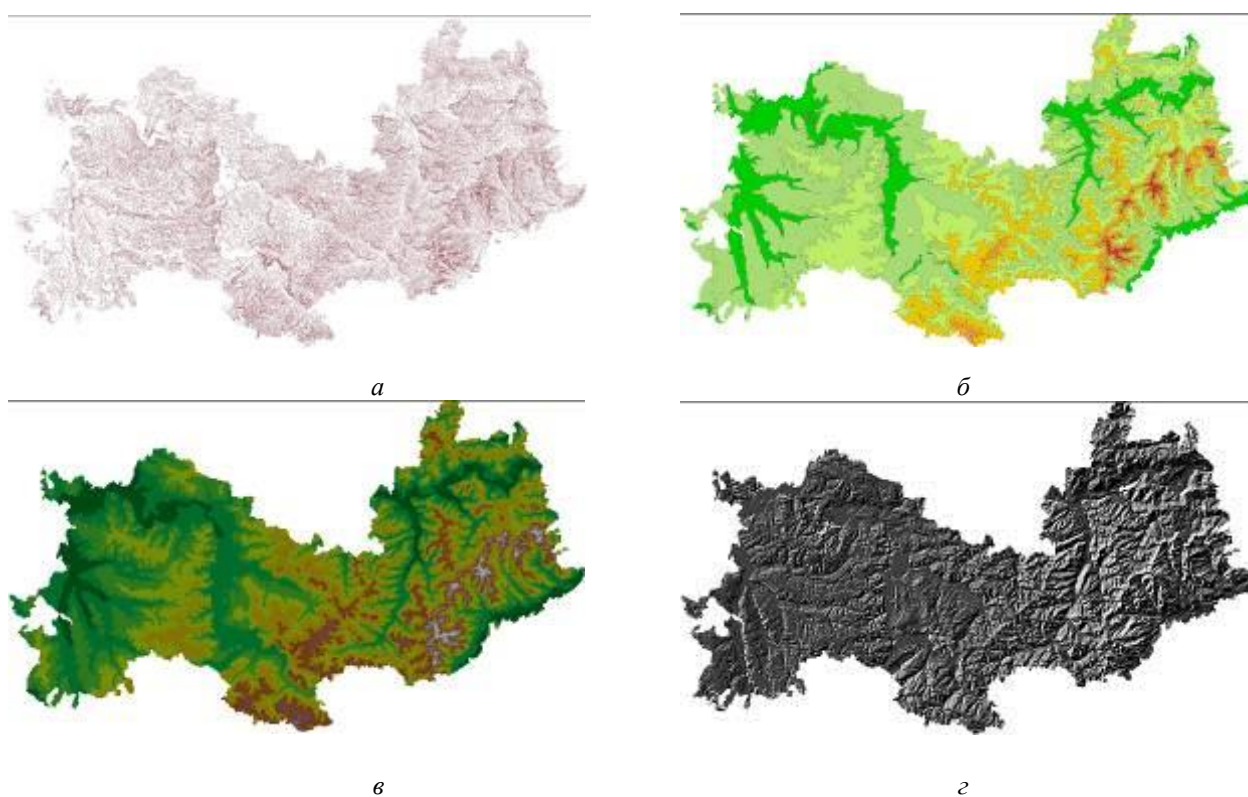
Пользователь подобной региональной прикладной ГИС, функционирующей на основе заранее определенных алгоритмов и правил, получает возможность еще на этапе проектирования предоставить в его пользование максимальный набор всех необходимых сведений и данных об участке проведения работ, включая в максимально полный набор картографических материалов и геоинформационных моделей, представляемых в режиме реального времени. В случае необходимости такая система предупредит о нежелательности или невозможности размещения в пределах той или иной части сельскохозяйственного ландшафта соответствующей отрасли сельскохозяйственного производства ввиду наличия определенных ограничений. Использование ГИС-технологий позволяет руководителям разных уровней управлять производственными процессами в режиме реального времени и иметь обратную связь, осуществляя дистанционный контроль работы хозяйствующих субъектов и их структурных подразделений.

Эффективное применение новых технологий и функционирование цифровых геоинформационно-картографических систем и моделей, в обязательном порядке учитывающих экологическую составляющую, возможно только при объединении разнородной информации в единую пространственную базу геоданных (БД). Она является важнейшим структурным элементом и ключевым звеном ГИС и применяется для обеспечения комплексом необходимой для принятия управленческих решений информации. В ней хранится и обрабатывается вся совокупность семантической, метрической и топологической информации об объектах, явлениях и процессах региона. Кроме того, интеграция достигается построением объектной модели данных, в которую входят тематические слои цифровой географической основы и цифрового тематического содержания, связанные с ними атрибутивные таблицы с самой разнообразной информацией по объектам ГИС, данные дистанционного зондирования [Применение ГИС-технологий..., 2014; Тесленок, 2009 а, 2010 а, 2010 б, 2010 г, 2014]. Важным элементом подобной ГИС, учитывая специфику сельскохозяйственного производства, являются данные о рельефе территории, представленные цифровыми моделями рельефа (ЦМР) и производными геоинформационными и картографическими моделями [Геоинформатика..., 2008; Лурье, 2008; Тикунов, 1997 и др.].

Анализ роли рельефа в формировании структурно-функциональных особенностей современных геосистем и особенностей их хозяйственного освоения и преобразования нуждается в его количественных характеристиках. Наиболее эффективным способом их получения является не только традиционный морфометрический анализ, но и геоморфометрия – количественная геоморфология, научное направление, занимающееся анализом цифровых карт и моделей рельефа [Глотов, 2013; Чендырев, 2012]. Морфометрический анализ, предназначенный для количественного подтверждения изменения сущности изучаемых объектов через их форму, широко используется как в геоморфологии, так и для решения самых различных геоэкологических задач [Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012].

Цифровые модели морфометрических показателей (крутизны (углов наклона поверхности), экспозиции склонов, горизонтального (густоты) и вертикального (глубины) расчленения рельефа, горизонтальной и вертикальной кривизны) предоставляют дополнительную информацию о свойствах компонентов ландшафтов (к примеру, данные о крутизне склонов позволяют выделить различные типы склоновых геосистем). Визуальный анализ территории в сочетании с количественным анализом морфометрических показателей цифровых моделей средствами ГИС позволяет получать и включать в БД специализированных региональных ГИС дополнительную информацию, имеющую важное целевое практическое значение, выявлять участки возможного развития опасных экзодинамических процессов (линейной эрозии, плоскостного смыва, дефляции и т.д.), давать рекомендации по ограничению антропогенного воздействия на такого рода уязвимые территории [Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012 и др.]. Ранее нами были рассмотрены особенности влияния орографических барьеров на формирование барьерно-высотной поясности и продуктивность агроландшафтов [Тесленок, 2010 в, 2011 а и др.].

Процесс цифрового моделирования рельефа и его результаты – цифровые модели рельефа (ЦМР) – позволяют восстанавливать и визуализировать рельеф в виде изолиний по множеству отметок высот с помощью процедур интерполяции, экстраполяции, аппроксимации, а так же таких трансформаций исходной модели, как осреднение, сглаживание, генерация, фильтрация и др. Так, на рис. 1 представлены различные способы визуализации ЦМР Республики Мордовия разных видов – изолинейных (рис. 1, а), растровых регулярных (GRID, рис. 1, б), триангуляционных нерегулярных (TIN, рис. 1, в).



*Рис. 1. Варианты визуализации цифровых модели рельефа Республики Мордовия:
а – изолинейной; б – GRID; в – TIN; г – со светотеневой отмывкой
Исходный масштаб 1:200 000*

Рельеф лучше всего может быть охарактеризован морфометрическими показателями, зафиксированными на соответствующих картах. Однако, получение количественной информации о рельефе и построение тематических морфометрических карт традиционными «ручными» методами (особенно на большие по площади территории) является весьма трудоемким. Интенсивное развитие геоинформационных технологий позволяет существенно упростить получение массового количественного материала по рельефу. В связи с этим, в настоящее время, широко используются цифровое представление рельефа, в контексте географических информационных систем (ГИС) представленное цифровыми моделями рельефа (ЦМР). Цифровое моделирование рельефа – основной способ его представления в геоинформационном картографировании [Геоинформатика, 2008; Лурье, 2008 и др.]. Хотя в настоящее время известно большое количество современных методик и технологий создания ЦМР (по результатам наземных измерений, данным топографических карт, материалам дистанционного зондирования Земли – фотограмметрические и стерео методы, лазерное сканирование (лидарная съемка), радарная съемка с использованием интерферометрической обработки, глобальное позиционирование и др.), наиболее точные цифровые модели

рельефа могут быть получены на основе цифровых картографических объектов. Не смотря на довольно существенный недостаток – высокую трудоемкость работ, этот способ позволяет выдержать приоритетное условие – качество полученной модели [Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012].

Полученные в результате использования ГИС-технологий теоретические формализованные модели объектов исследования и всех их связей и взаимодействий в комплексе с мощным набором аналитических средств и функций современных ГИС позволяют создавать высокоэффективные системы поддержки принятия управленческих решений. В связи с этим, методологической основой использования современных информационных технологий, ГИС и ЦМР в управлении земельными ресурсами должна быть признана система теоретических и практических положений геоинформационного (цифрового) моделирования ландшафта и рельефа [Глотов, 2013, Тесленок, 2014], как одного из важнейших его компонентов. Являясь основным инструментом решения задач морфометрического анализа рельефа ландшафта, эти модели используются для восстановления значений высот в произвольных точках; выполнения расчетных операций по подсчету мощности слоев и объемов, заключенных между поверхностями; определения морфометрических характеристик ландшафта; создания и корректировки производных цифровых морфометрических моделей и корреляционных карт; трехмерной визуализации ландшафта; уточнения ареалов вертикального и горизонтального расчленения; выявления зон видимости; более обоснованной отрисовки различных псевдоизолиний; моделирования гидрологических процессов и детального гидрологического анализа с выделением границ и территорий водосборных бассейнов, водоразделов, линий и сетей поверхностного стока.

Визуализированная цифровая карта рельефа представляет собой двухмерную визуальную модель соответствующей традиционной карты в бумажном виде (так называемая твердая копия) или форм реальной земной поверхности, отображаемую средствами компьютерной графики в заданной картографической проекции и обладающую возможностями масштабирования. Цифровая карта может быть визуализирована в двух представлениях: выведена на печатающее устройство на твердые носители (бумагу, пластик или иной материал) с помощью средств компьютерной полиграфии (компьютерная карта) и представлена на экране монитора компьютера или другом видеоустройстве (электронная карта). Как и любая цифровая карта, цифровая карта рельефа организована как совокупность слоев (как векторных покрытий, так и растровых, включая карты-подложки). Подобная многослойная организация, объединяя и отображая значительно большее количество информации, чем на обычной карте, вместе с тем в значительной степени упрощает проведение процедуры анализа пространственных данных [Геоинформатика, 2008; Лурье, 2008 и др.].

Для различных отраслей сельскохозяйственного производства могут представлять потенциальную угрозу масштабные негативные проявления и результаты неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов. Значительная их часть (прежде всего геологические, геокриологические, гидрологические) тесно связана с проявлением широкого спектра склоновых процессов. Особенности их развития, в свою очередь, обусловлены спецификой рельефа. Рельеф – не только одно из основных (наряду с климатическими) условий, обуславливающих особенности развития многих природных процессов, ландшафтную дифференциацию и специфику ландшафтной организации территории [Тесленок, 2010 а, 2011, а]. Он осуществляет термодинамические отношения и динамическое равновесие в геосистемах, определяет основные черты формирования поверхностного стока и энергии развития склоновых процессов; управления переносом, концентрированием и диссипацией вещества и энергии; конфигурации и характера распределения гидрографической сети, почвенного и растительного покрова, экологических условий, являясь одним из наиболее значимых субстратов органической жизни [Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012].

Рельеф, отражающийся в степени сложности, экспозиции и крутизне геоморфологических поверхностей территории, трансформирует ее общий энергетический баланс; перераспределяя поступающую солнечную энергию и выпадающие осадки, в значительной степени определяет микроклиматические черты и местный климат, особенности распределения минимальных температур, влияет на параметры освещенности, формирование температурных инверсий, туманов, направление и скорость ветра. Обуславливая и видоизменяя направления, специфику и интенсивность антропогенного (в первую очередь сельскохозяйственного и селитебного) освоения, преобразования и использования ландшафтов [Тесленок, 2013 б, 2013 в, 2014], а в результате – развитие общества посредством различных способов хозяйственной деятельности, этническую самобытность, менталитет и культуру социумов, рельеф опосредованно способствует формированию экологических ситуаций и определяет степень экологической опасности и риска. Оценка рельефа, и на этой основе – выявление районов, потенциально подверженных развитию неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов, лимитирующих развитие отдельных отраслей сельскохозяйственного производства, оценка риска их возникновения и степени подверженности – основывается на учете многих параметров, и прежде всего – морфометрических и динамических. Количественные морфометрические характеристики определяют собственную динамику, пространственную организацию всего ландшафта, а так же дают возможность выполнять количественный анализ факторов, определяющих структуру земельных ресурсов ландшафта.

Сочетание различных способов визуализации рельефа, трансформирование исходных карт и моделей с использованием ГИС-технологий в цифровые карты и модели производных топографических величин (наклон, кривизна, экспозиция и др.), пространственное моделирование позволяют выявлять плохо

различимые на обычных топографических картах особенности строения земной поверхности, дающие новые дополнительные сведения о ландшафтных особенностях местности. Помимо основного набора морфометрических карт, значимую роль при этом играют карты гипсометрических уровней, показатели плановой (горизонтальной) и профильной (вертикальной) кривизны поверхности рельефа, определяющие степень концентрации или рассеяния потоков вещества и энергии в ландшафте, основных структурных линий (талвегов и водоразделов), вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа, фрактальной размерности и др. [Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012].

ГИС-технологии являются основой комплексных системных исследований в различных областях, включая получение и изучение морфометрических показателей рельефа, как одного из важнейших компонентов ландшафтов и их морфолитоогенной основы. Существенную роль играют производные ЦМР – цифровые тематические морфометрические карты (цифровые модели морфометрических показателей) – крутизны склонов (углов наклона, уклонов поверхности рельефа) (рис. 2) и их экспозиции (рис. 3), горизонтального (густоты) и вертикального (глубины) расчленения рельефа, количества поступающей солнечной энергии.

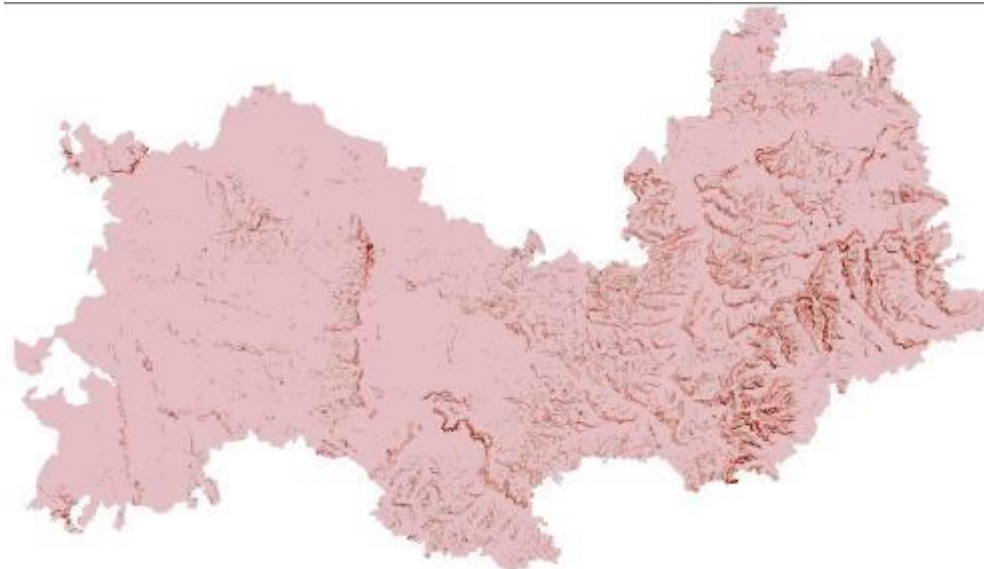


Рис. 2. Цифровая модель крутизны склонов рельефа Республики Мордовия. Исходный масштаб 1:200 000

Карты экспозиции склонов (см. рис. 3) важны для определения условий произрастания возделываемых культур и выявления участков оптимального земледелия, расчета степени освещенности и особенностей ветрового режима, необходимых при проектировании защитных лесонасаждений и осуществлении агроэкологического мониторинга. Дополнительные натурные измерения позволяют рассчитывать режимы тепловлагообеспеченности сельскохозяйственных ландшафтов как функцию высоты [Тесленок, 2014].

Расчеты и модели крутизны (величины уклонов) (см. рис. 2), экспозиции (см. рис. 3) и формы склонов играют решающую роль в мониторинге и прогнозировании неблагоприятных геологических и гидрологических процессов. Применительно к сельскохозяйственному производству – определении риска развития оползневых процессов оврагообразования смыва плодородного слоя почв, определения и оценки потенциальных участков скопления воды и выявления зон возможного затопления и подтопления в периоды паводков и половодий используемых в сельском хозяйстве аллювиальных (пойменных) почв (рис. 4) и мест вымокания посевов и заболачивания, при проектировании ирригационных сооружений и лиманного орошения и др. [Глотов, 2013; Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012]. ЦМР и полученная на их основе информация позволяет с достаточной степенью точности определять границы и площади зон затопления и подтопления сельскохозяйственных угодий.

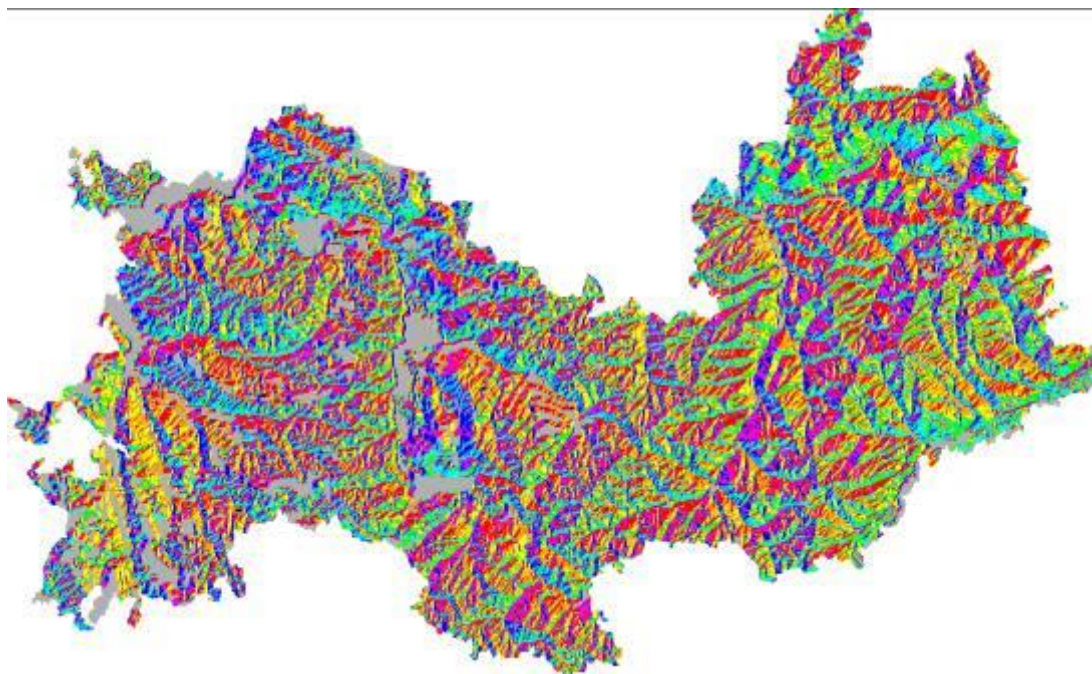


Рис. 3. Цифровая модель экспозиции склонов рельефа Республики Мордовия. Исходный масштаб 1:200 000

Так, на рис. 4 приведена карта с результатами моделирования потенциальных зон затопления на территории Республики Мордовия. Как правило, для выполнения такого рода работ используется программное обеспечение, специализированное на углубленном геоморфометрическом анализе (в частности, ГИС с открытым исходным кодом, таких как SAGA, GRASS, QUANTUM GIS и другие [Готов, 2013; Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012.]). В нашем случае результат получен с использованием специализированных модулей расширения более распространенной и традиционной ГИС ArcView GIS, на основе ЦМР масштаба 1:200 000.

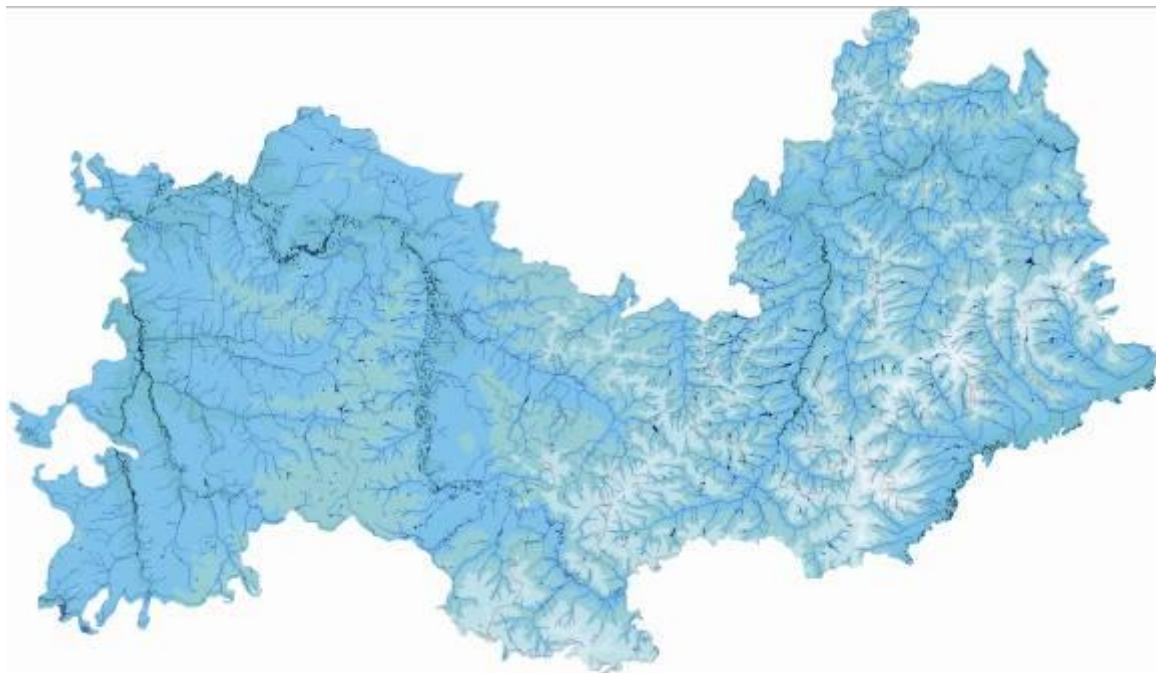
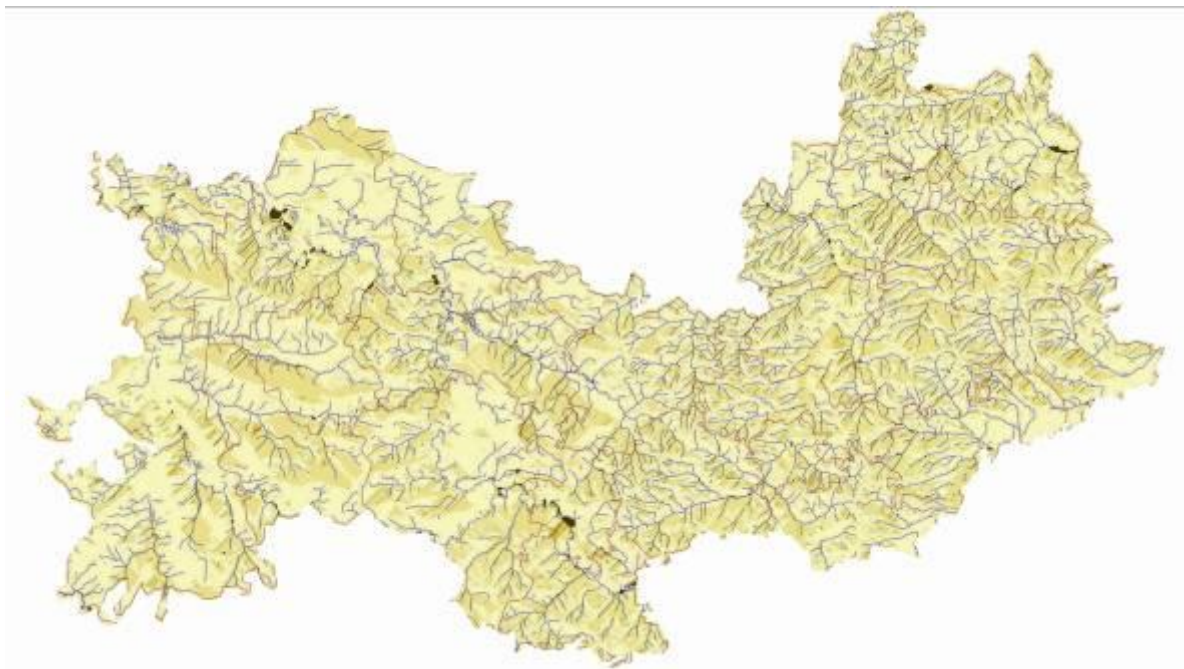


Рис. 4. Моделирование потенциальных зон затопления на территории Республики Мордовия на основе цифровой модели рельефа. Исходный масштаб 1:200 000

ЦМР позволяют на основе производных карт и моделей экспозиции и формы склонов, величины уклонов определять места потенциального максимального снегонакопления, наиболее интенсивного снеготаяния, направлений (рис. 5, а) и зон аккумуляции (рис. 5, а) стока талых вод и выпадающих осадков [Тесленок, 2014]. Ряд производных карт и моделей могут быть получены на основе морфометрической группы графоаналитических приемов, включающих расчет показателей, характеризующих форму и структуру объектов [Тесленок, 2013 а, 2014; Чендырев, 2012 и др.].



а



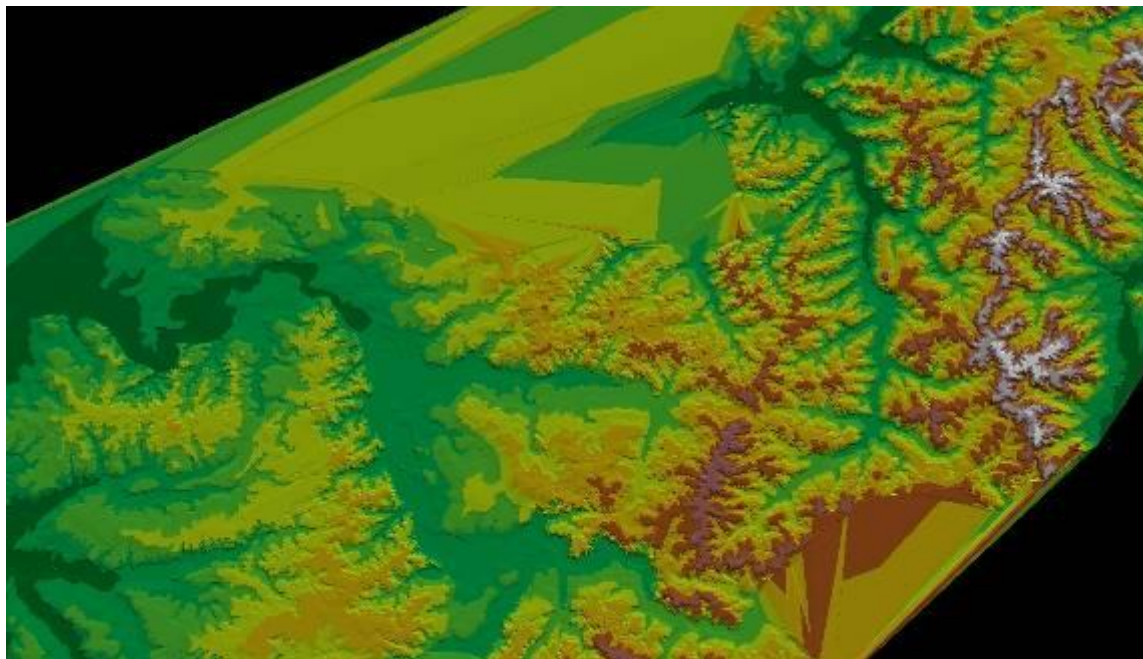
б

Рис. 5. Моделирование направлений стока талых вод и выпадающих осадков (а) и зон их аккумуляции (б) на территории Республики Мордовия на основе цифровой модели рельефа. Исходный масштаб 1:200 000

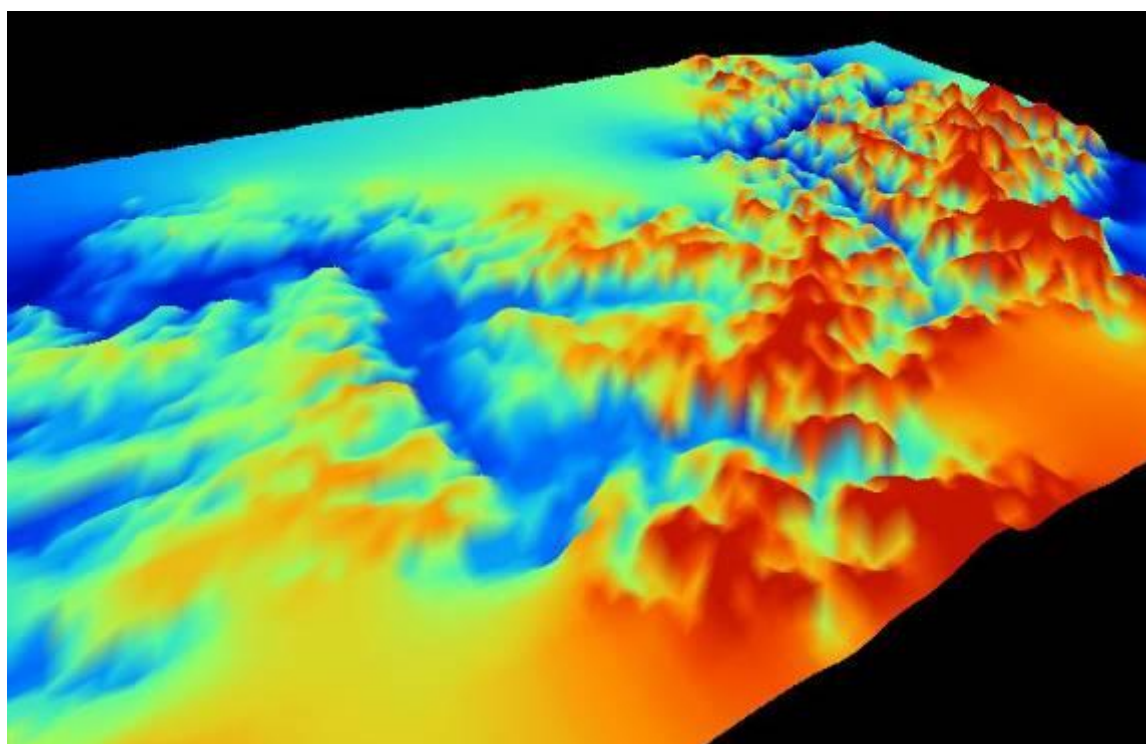
Можно констатировать, что геоинформационно-картографическое моделирование неблагоприятных процессов и явлений, влияющих на земельные ресурсы, обеспечение организации и осуществления их мониторинга заключается в установлении и оценке потенциальных районов и степени развития, прогнозировании возможных последствий, определении стратегии и тактики их ликвидации и основано на анализе ЦМР. Именно на этой основе целесообразно принятие управленческие решения по планированию деятельности сельскохозяйственных предприятий, административных органов и подразделений Министерства сельского хозяйства России и системы мероприятий по управлению земельными ресурсами региона. Кроме того, ЦМР специализированных региональных ГИС позволяют осуществлять подготовку и осуществления прогнозных работ, а так же информационное обслуживание органов государственного, регионального и муниципального управления и подразделений Министерства сельского хозяйства

Российской Федерации на разных региональных уровнях.

Еще одним важным направлением использования возможностей ГИС-технологий в агроландшафтных исследованиях и управлении земельными ресурсами является пространственное (трехмерное, 3d, 3D) моделирование их морфолитогенной основы (рис. 6). Цифровые 3D модели дают наиболее реалистичную картину изучаемой территории, показывают трехмерность ее рельефа и геологического строения.



а



б

Рис. 6. Варианты визуализации цифровых динамических 3 D моделей рельефа Республики Мордовия с использованием различного программного обеспечения: ArcView GIS (а) и SAGA GIS (б)

Трехмерное отображение используется для получения представления и необходимой информации об особенностях геологического строения, рельефа, ландшафтной ярусности и высотной поясности ландшафтов, их совместного анализа для целей хозяйственной деятельности, создания карт высотно-ландшафтных комплексов, распределения и перераспределения потоков поступающей солнечной энергии, распространения негативных экзогенных антропогенно-стимулированных геоморфологических процессов и

устойчивости ландшафтов к ним, разработки мероприятий по оптимизации хозяйственно-ландшафтно-экологической обстановки. Кроме того, современные ГИС-технологии позволяют использовать ЦМР для получения блок-диаграмм, панорам, анаглифов и иных трехмерных изображений рельефа, включая динамические модели (см. рис. 5), а так же проведения с ними различных преобразований [Геоинформатика, 2008; Лурье, 2008; Тесленок, 2013 а, 2014 и др.].

Таким образом, формируется фундамент для выработки на основе БД ГИС и геоинформационно-картографических моделей решений. Они должны отвечать требованиям максимальной степени оптимальности с экономической и безопасности с экологической точек зрения, а так же обязательного учета всех возможных негативных последствий. В конечном итоге это будет способствовать и повышению действенности функционирования органов власти на всех уровнях, росту экономической эффективности деятельности хозяйствующих субъектов аграрной отрасли, конкурентоспособности и прибыльности агробизнеса, улучшению качества работ в результате снижения и минимизирования объемов используемых ресурсов и разного рода затрат (времени, финансов, труда, энергии).

В результате анализа полученных на основе ГИС и ЦМР данных о закономерностях и особенностях пространственно-временного распространения земельных ресурсов Республики Мордовия, серия полученных на основе ЦМР производных карт, а также результатов картометрии дают возможность осуществления дифференцированного подхода в применении комплекса мероприятий по агротехнической, химической и биологической мелиорации земель и решения задач экологической оптимизации использования земельных ресурсов. Важную роль призван сыграть комплекс профилактических и организационных мероприятий по экологической оптимизации аквальных и аквально-антропогенных геосистем: определение и установление режима водопользования с экологически обоснованными и допустимыми объемами водоотбора; функциональное зонирование акваторий, прибрежных и водосборных территорий; их ландшафтно-адаптационное облесение; противозрозсионное водохозяйственное строительство в верховьях временных водотоков; запрещение необоснованного и 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.

Разработка, создание и функционирование системы информационной поддержки процессов принятия оптимальных и своевременных управленческих решений за счет предоставления актуальной аналитической информации по всему комплексу необходимых параметров на основе ГИС-технологий позволяет повысить общую эффективность использования земельных ресурсов и сельскохозяйственного производства в целом [Применение ГИС-технологий..., 2014]. Имеющийся опыт внедрения прикладных специализированных региональных ГИС и подготовки их пользователей позволяет в короткие сроки повысить эффективность использования земельных ресурсов и демонстрирует стабильно высокие результаты работы сельскохозяйственных предприятий. Период окупаемости инвестиций, направленных на внедрение прикладных ГИС, составляет от 1 года до 3–5 лет в зависимости их масштаба, а первые положительные экологические, социальные и экономические эффекты проявляется уже по окончании первого сезона применения [Применение ГИС-технологий..., 2014].

Алгоритмы ГИС, используя ЦМР, позволяют получать геоизображения с данными о скорости и направлении движения вещества по склонам и, соответственно, выделять участки потенциально высокой денудации и аккумуляции. На этой основе, с учетом особенностей почвенно-растительного покрова агроландшафтов, возможно создание моделей расчета эрозии, растворенного и твердого стока, а так же получение информации, анализ и оценка ряда энергетических и гидрологических характеристик сельскохозяйственного ландшафта в целом и отдельных ландшафтных процессов, вертикальной неоднородности ландшафтной структуры территории [Тесленок, 2013 а, 2014], играющих важную роль в процессах принятия управленческих решений в сельскохозяйственном производстве, способствующих рационализации регионального природопользования.

Выполнено при поддержке РФФИ (проекты № 13-06-00200-а и № 14-05-00860-а)

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоинформатика : в 2 кн. Кн. 1 : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др. / Под. ред. В. С. Тикунова. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
2. Глотов А. А. Использование ЦМР для задач рационального природопользования и мониторинга природных процессов / А.А. Глотов // Управление развитием территории. – 2013. – № 2. – С. 39–41.
3. Кулешова М. Е. Систематика культурных ландшафтов. [Электрон. ресурс]. – Электрон. науч. изд. – 2003. – Режим доступа : <http://heritage.unesco.ru/index.php?id=102>, свободный. – Яз. рус.
4. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : Учебник. – М. : КДУ, 2008. – 424 с.
5. Мильков Ф.Н. Рукотворные ландшафты. Рассказ об антропогенных комплексах / Ф.Н. Мильков. – М. : Мысль, 1978. – 86 с.
6. Николаев В. А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – С. 4–57.
7. Николаев В. А. Природно-антропогенные ландшафты (сельскохозяйственные и лесохозяйственные) : Учебн.

- пособие / В. А. Николаев, И. В. Копыл, В. В. Сысуев. – М. Географический факультет МГУ, 2008. – 160 с.
8. Носонов А. М. Земледелие и животноводство Европейской России: эволюция, территориальная концентрация и эффективность: (Экономико-географический анализ). – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1997. – 124 с.
 9. Сельское хозяйство России. [Электрон. ресурс]. – 2014. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Сельское_хозяйство_России, свободный. – Яз. рус.
 10. Тесленок С. А. 3D моделирование рельефа Республики Мордовия / С. А. Тесленок, А. А. Чендырев, К. С. Тесленок // Геоинформационное картографирование в регионах России : мат-лы V Всерос. науч.-практ. конф. (Воронеж, 19–22 сентября 2013 г.). – Воронеж : Научная книга, 2013 а. – С. 161–166.
 11. Тесленок С. А. Агрорландшафтогенез в районах интенсивного хозяйственного освоения : Исследование с использованием ГИС-технологий. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 189 с.
 12. Тесленок С. А. Агрорландшафтогенез, или сельскохозяйственное ландшафтообразование / С. А. Тесленок // Бюллетень Отделения Русского географического общества в Республике Мордовия. Вып. 2. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2013 б. – С. 48–51.
 13. Тесленок С. А. Геоинформационные технологии при создании цифровых ландшафтных карт / С. А. Тесленок, В. Ф. Манухов // Геодезия и картография. – 2009 а. – № 4. – С. 25–29.
 14. Тесленок С. А. Историко-географические исследования и картографирование процесса агрорландшафтогенеза / С. А. Тесленок // ИнтерКартоИнтерГИС 15: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции, Пермь, Гент, 29 июня - 5 июля 2009 г. – Т. I. – Пермь, 2009 б. – С. 174–186.
 15. Тесленок С. А. Ландшафтная ГИС в физико-географическом районировании первого порядка / С. А. Тесленок, В. Ф. Манухов // Геодезия и картография. – 2010 а. – № 1. – С. 46–51.
 16. Тесленок С.А. Анализ динамики продуктивности лесостепных агрорландшафтов Акмолинского Приишмья с использованием ГИС / С. А. Тесленок // 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.
 17. Тесленок С.А. Геоинформационные технологии в агрорландшафтных исследованиях и картографировании / С. А. Тесленок // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в Республике Казахстан», 28 апр. 2010 г. – Алматы : Казак университети, 2010 б. – С. 295–299.
 18. Тесленок С.А. Информационные технологии в изучении агрорландшафтогенеза / С. А. Тесленок, В. Ф. Манухов // Педагогическая информатика. – 2011 б. – № 1. – С. 88–92.
 19. Тесленок С. А. Материалы экспедиций Ф. А. Щербины и картографирование культурных ландшафтов староосвоенных районов / С. А. Тесленок, К. С. Тесленок // ИнтерКарто/ИнтерГИС-19: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. (Курск (Россия), Богота (Колумбия)), 2 – 7 февраля 2013 г. – Курск, 2013 в. – С. 45-55.
 20. Тесленок С.А. Пространственные закономерности продуктивности агрорландшафтов Акмолинской области (на примере яровой пшеницы) / С. А. Тесленок // 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 в. – С. 91–104.
 21. Тесленок С.А. Создание тематического содержания цифровой ландшафтной карты Акмолинского Приишмья / С. А. Тесленок // Проблемы региональной экологии. – 2010 г. – № 3. – С. 157–163.
 22. Тикунов В. С. Моделирование в картографии : учебник / В. С. Тикунов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 405 с.
 23. Чендырев А. А. Геоморфометрический анализ ландшафтов Акмолинского Приишмья с использованием ГИС SAGA / А. А. Чендырев, К. С. Тесленок, С. А. Тесленок // Исследование территориальных систем: теоретические, методические и прикладные аспекты: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием 4–6 окт. 2012 г., г. Киров. – Киров: Изд-во «Лобань», 2012. – С. 529–534.
 24. Экономическая география России : Учебник / Под ред. В. И. Видяпина, М. В. Степанова. – М. ИНФРА-М, Российская экономическая академия, 2000. – 533 с.
 25. Республика Мордовия. Официальный сайт органов государственной власти РМ. [Электрон. ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://www.e-mordovia.ru>, свободный. – Яз. рус.
 26. Применение ГИС-технологий в сельском хозяйстве // Radix Tools. [Электрон. ресурс]. – 2014. – Электрон. науч. изд. – Режим доступа : // <http://radixtools.ru/publish-gis-agriculture>, свободный. – Яз. рус.
 27. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. – UNESCO, WHC-99/2, 1999 (February). – 38 p.