

Игонин Михаил Евгеньевич

**ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ РЕСПУБЛИКИ
ТАТАРСТАН: КАРТОГРАФИРОВАНИЕ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ
И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

Специальность: 25.00.36 – «Геоэкология»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Казань – 2008

Работа выполнена в Казанском государственном университете им. В.И. Ульянова-Ленина на кафедре ландшафтной экологии.

Научный руководитель: доктор географических наук, профессор
Ермолаев Олег Петрович

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор
Трофимов Анатолий Михайлович
кандидат географических наук, доцент
Васюков Сергей Владимирович

Ведущая организация: Удмуртский государственный университет

Защита диссертации состоится 30 июня 2008 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета Д.212.081.20 в Казанском государственном университете им. В.И. Ульянова-Ленина по адресу: 420008, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18, корп. 2, факультет географии и экологии, 16-й этаж, аудитория 1610.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского Казанского государственного университета.

Автореферат разослан 30 мая 2008 г.

Отзывы на реферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим отправлять по указанному адресу ученому секретарю диссертационного совета (факс (843) 2315417).

Ученый секретарь диссертационного совета Д.212.081.20

кандидат географических наук, доцент

Ю.Г. Хабутдинов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Ресурсное обеспечение любой территории во многом определяется ее ландшафтными особенностями. Именно ландшафт, являющийся эмерджентным продуктом географической оболочки, дает человеку не только то или иное качество окружающей среды, особенности функционального использования территорий, но и определяет комфортность проживания людей. Ландшафт территории является неотъемлемой операционно-территориальной единицей при изучении геопространств различной размерности в географии, геологии, геоморфологии, экологии, охране окружающей среды.

Несмотря на всю очевидную ценность ландшафтного подхода при геоэкологических исследованиях, большинство территорий России до настоящего времени не имеют среднemasштабных ландшафтных карт. Это же относится и к территории востока Русской равнины. Кроме того, для принятия управленческих решений в области охраны окружающей среды особую ценность представляют сведения о ландшафтах в границах субъектов РФ.

В этой связи целью наших исследований являлось среднemasштабное картографирование и анализ пространственных закономерностей морфологической структуры природно-антропогенных ландшафтов в пределах Республики Татарстан, а также количественная оценка антропогенных нагрузок на ландшафты.

В изучаемом регионе Среднего Поволжья проходит зональная граница, разделяющая два биоклиматических пояса умеренных широт: бореальный (таежно-лесной) и суббореальный (лесостепной и степной). По системе сформированных зональных границ исследуемая территория получила название «бореального экотона» (Коломыц, 1998). Специфичной чертой изучаемого региона является продолжительная и интенсивная хозяйственная деятельность преобразовавшая коренные ландшафты в их природно-антропогенных модификациях. Здесь также находятся крупнейшие реки Европейской части России – Волга и Кама, создающие естественные природные рубежи и, как следствие, определяющие дискретность границ геосистем.

Развитие ландшафтного подхода получило новый толчок в связи с развитием компьютерной техники и геоинформационных систем. В наших исследованиях современные информационные технологии также широко применялись на всех этапах работы.

Методологическая и методическая часть работы осуществлялась на экологическом факультете Казанского университета по госбюджетной теме «Ландшафтно-экологический анализ геопространства» (номер гос. регистрации 01.2000.120120), а также по гранту РФФИ 2004-2005 гг. (№ 04-05-64897) «Изучение роли ландшафтов в развитии природно-антропогенной эрозии с использованием современных математических методов (на примере Среднего Поволжья)».

Объект исследования – природно-территориальные комплексы регионального уровня генерализации Республики Татарстан.

Предмет исследования – структура природно-территориальных комплексов и антропогенная нагрузка, оказываемая на них.

Целью диссертационной работы является среднемасштабное картографирование современных ландшафтов территории Республики Татарстан, количественный анализ их морфологической структуры и оценка антропогенных нагрузок на ландшафты средствами ГИС-технологий.

В ходе работы решались следующие задачи:

- картографирование ландшафтов на региональном уровне генерализации;
- создание специализированной эколого-ландшафтной ГИС;
- типизация ландшафтов РТ;
- геопространственный анализ морфологической структуры ландшафтов;
- количественная оценка частного и интегрального экологического потенциала ландшафтов;
- геоэкологическая оценка антропогенных нагрузок на ландшафты средствами ГИС-технологий.

Исходные материалы и методика исследования

Теоретическая база работы основывалась на трудах известных отечественных ученых: А.Г. Исаченко, А.Д. Арманда, Н.Л. Беруашвили, А.С. Викторова, К.Н. Дьяконова, А. Дж. Джеррарда, А.А. Исаева, Ф.Н. Милькова, Н.Ф. Реймерса, А.М. Трофимова, И.А. Хлебовича и др.

К настоящему времени на территорию РТ создан комплект качественных тематических карт среднего масштаба: почвенных, почвенно-эрозионных, механического состава, растительности (лесной и луговой), генетических типов рыхлых отложений, геологическая, электронная общегеографическая карта (в первую очередь гипсометрическая), материалы сканерных космических съемок высокого разрешения. Наличие этих картографических материалов, результатов полевых съемок кафедры ландшафтной экологии КГУ с одной стороны и практически полная не изученность морфологической структуры ландшафтов с другой, а также накопленный количественный материал, скомпонованный в последующем в специализированную ГИС, и новые методы пространственного компьютерного анализа позволили взяться за решение вышеизложенного круга задач.

Научная новизна диссертационного исследования

- Впервые для территории исследования выполнено среднемасштабное ландшафтное картографирование, позволившее определить морфологическую структуру современных ландшафтов Республики Татарстан в ранге типов местностей.
- Создана специализированная эколого-ландшафтная ГИС регионального уровня генерализации на субъект Российской Федерации – Республику Татарстан.
- Проведена типизация ландшафтов.
- Количественная оценка и анализ ландшафтной структуры территории проведены средствами ГИС-технологий.
- Предложены подходы к оценке экологического потенциала территории на региональном уровне и построены соответствующие тематические карты в

векторном формате.

- Впервые проведена количественная оценка антропогенных нагрузок на современные ландшафты региона.

Основные положения, выносимые на защиту

- Методика создания ландшафтной карты регионального уровня генерализации.
- Созданная ландшафтная карта и предложенная типизация морфологии ландшафтов позволяют оценить закономерности структуры ландшафтов восточного крыла бореального экотона Русской равнины.
- Специализированная региональная эколого-ландшафтная ГИС, созданная для целей геопространственного анализа морфологической структуры ландшафтов.
- Подходы к оценке экологического потенциала ландшафтов и зависимости размещения населения от ландшафтной структуры и их экологического потенциала.
- Методика и результаты количественной оценки антропогенных нагрузок на ландшафты региона.

Личный вклад автора в работу заключается в существенной переработке части ландшафтной карты, создании эколого-ландшафтной ГИС и проведении типизации местностей. Автором были проведены геоэкологические оценки территории с использованием ГИС и построены соответствующие тематические карты в векторном формате.

Научно-практическая значимость работы

Полученные результаты могут быть применены в различных областях геоэкологии, природопользования, ресурсоведения, географии для решения как прикладных, так и теоретических задач.

Созданная геоинформационная система может быть использована для изучения окружающей среды, создания ландшафтного кадастра РТ, региональной оценки и территориального (ландшафтного) планирования субъекта РФ. Построенная карта экологического потенциала и антропогенных нагрузок может быть использована для более эффективного экономического развития региона с позиций концепции устойчивого развития.

Результаты работы были также внедрены: при составлении Атласа РТ (2005 г.) и при выполнении госконтракта № ДЭФ-27 на подготовку и издание книги «Ландшафты Республики Татарстан». Результаты исследований также внедрены при разработке разделов ОВОС и ООС технологических схем разработки пятнадцати нефтяных месторождений НГДУ «Нурлатнефть», «Прикамнефть», «Елховнефть».

Материалы работы широко используются при обучении студентов по специальностям «Экология», «Природопользование» и «Геоэкология» на факультете географии и экологии Казанского университета.

Апробация работы

Основные результаты работы докладывались на четырех итоговых научных конференциях Казанского государственного университета (2004-2007 гг.);

Всероссийской научной конференции, посвященной 200-летию Казанского университета «Современные глобальные и региональные изменения геосистем» (Казань, 2004 г.); VI Республиканской научной конференции «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» (Казань, 2006 г.); XI международной ландшафтной конференции (Москва, 2006 г.), конференции, посвященной памяти профессора А.В. Ступишина (Казань, 2007 г.).

Структура и объем диссертации

Общий объем диссертации – 174 страницы. Она состоит из введения, трех глав и выводов. Включает в себя 32 рисунка, 19 таблиц, библиографический список, состоящий из 124 наименований, а также 1 картографическое приложение.

Благодарности

Считаю своим приятным долгом выразить благодарность за помощь, оказанную мне на различных этапах работы, научному руководителю профессору О.П. Ермолаеву, сотрудникам кафедры ландшафтной экологии Казанского университета профессору Н.П. Торсуеву, К.А. Мальцеву и Б.М. Усманову.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проблемы, формулируется основная цель и задачи исследования.

В первой главе обосновывается ценность ландшафтного подхода. Рассматриваются различные способы классификации морфологической структуры ландшафтов регионального уровня генерализации на основе работ А.Г. Исаченко, Н.А. Солнцева, Ф.Н. Милькова, В.А. Николаева, Д.Л. Арманда.

Территория Среднего Поволжья, в которую входит и Татарстан, неоднократно служила объектом ландшафтного (физико-географического) районирования. Об этом свидетельствуют схемы районирования, составленные А.В. Ступишиным (1964), Ф.Н. Мильковым (1953), А.Г. Исаченко (1988), Э.Г. Коломыц (1995), И.И. Рысиным (1999) и др. Все эти схемы районирования составлены на мелкомасштабной, сильно генерализованной основе и поэтому требуют уточнения. Речь идет, как правило, о единицах ландшафтной таксономии более низкого ранга, т. е. уровня районов и отображения внутри этих районов морфологической структуры геокомплексов.

Если же говорить об изученности морфологической структуры ландшафтов в их классическом понимании (фаций, урочищ, типов местностей), то на изучаемой территории до настоящего времени подобное картографирование практически не проводилось. Лишь небольшому кругу специалистов известна мелкомасштабная рукописная карта восстановленных ландшафтов ТАССР (М 1:1 000 000), составленная в 80-х гг. прошлого века Н.Н. Лаптевой, составленная главным образом на основе почвенной карты.

Ландшафтные карты представляют собой сложные «многослойные» картографические модели, отражающие разнообразные особенности природной среды, характеризующие природно-территориальные комплексы. Традиционно при этом используется метод наложения. Современные информационные технологии,

относящиеся к области ГИС, позволяют не только упростить трудоемкий процесс подобного наложения информации, но и на качественно более высоком уровне провести пространственный анализ ландшафтной структуры территории.

В этой связи нами для целей ландшафтно-экологического анализа территории была сформирована специализированная геоинформационная система регионального уровня генерализации. Под такой системой мы понимаем интерактивную систему, способную реализовать сбор, систематизацию, хранение, обработку, оценку, отображение и распространение данных и выступающую как средство получения на ее основе новой информации и знаний о пространственно-временных явлениях (Тикунов, 1989; Королев, 1998). Разработка многих схем территориального планирования требует проведения работ на ландшафтной основе. Часто в силу отсутствия ландшафтных карт этот подход является просто декларативным. Дефицит такого рода материалов во многом объясняется сложностью и большой трудоемкостью работ по ландшафтному картографированию. Особенно это относится к картам регионального уровня генерализации.

Этапы создания эколого-ландшафтной ГИС включали в себя как традиционные этапы создания ландшафтной карты (полевые исследования, дешифровка данных дистанционного зондирования, камеральная обработка данных), так и новые этапы (оцифровывание бумажных карт, трассировка и создание баз данных).

Работа над созданием данной специализированной ГИС продолжалась в период с 1997 по 2004 гг. В ходе традиционного ландшафтного картографирования привлекались следующие материалы: гипсометрическая карта, схема геоморфологического районирования, карты почв и их гранулометрического состава, растительных формаций, типологического районирования рельефа по комплексу морфометрических показателей с использованием нейронных сетей, ландшафтная карта СССР (1988 г.) и ряд других. Информация о генетическом типе четвертичных отложений была получена по материалам инженерно-геологических съемок Татарского геолого-разведочного управления ОАО «Татнефть». Контроль картографирования осуществлялся в ходе полевых работ в междуречьях Ика и Стярле, Дымки и Кандыза, где проводилась крупномасштабная ландшафтная съемка (М 1:50 000). Это позволило на первом этапе создать традиционную (бумажную) среднемасштабную ландшафтную карту, на которой отражена морфологическая структура природно-территориальных комплексов в ранге типов местности и сложных урочищ.

В качестве операционно-территориальных единиц (ОТЕ) для создания геопространственной базы данных на исследуемую территорию в основном использовались регулярные растровые сетки с шагом 1 мм на карте (200 м на местности), элементарные речные бассейны 2-3-го порядка и их межбассейновые пространства (1674 басс.). Главной ОТЕ анализа с использованием ГИС-технологий являлся геокомплекс в ранге типа местности. Каждый тип местности имеет ряд характерных признаков: код территории, номер, географическую привязку, координаты центроидов, уникальный идентификатор. Все показатели,

характеризующие тип местности, привязаны также к ним. Содержание этих показателей и методика сбора рассматривается ниже. Общегеографические электронные слои переведены также в геопространственную базу данных и привязаны к типам местности. Многие показатели были переведены в базу данных с векторной карты с использованием процедуры «оверлея».

В качестве средств ввода информации использовалось несколько программных продуктов: EasyTrace, DigitMap и его утилиты – при вводе пространственных объектов; FoxPro, Excel – цифровых данных. Процесс визуализации обеспечивался пакетом MapInfo, а пространственное моделирование и прогноз – программами STATGRAF, SURFER, NN (нейронные сети) и др. Основой для создания электронных картографических слоев являлись топографические карты генерального штаба М 1:200000 в проекции Гаусса-Крюгера (координатная система Пулково – 1942 г.). Процесс создания базовых электронных векторных карт схематично можно представить следующим образом. Первоначально на пластике создавалась нужная тематическая карта с указанием привязок координатной сетки. Листы сканировались на сканере HP-ScanJet-ПС в пакете PhotoFinish 3.0. Полученные файлы графического формата загружались в программу EasyTrace (полуавтоматический векторизатор), где создавался соответствующий данной карте и ее масштабу проект, который затем векторизовался. Результатом работы программы был файл формата DXF, содержащий векторную карту. Далее этот файл обрабатывался с помощью редактора векторных карт DIGITMAP и его утилит. В редакторе DIGITMAP создавались площадные объекты, каждому из которых присваивался уникальный идентификатор (номер типа местности, состав почв, местоположение, генетический тип отложений и др.). Результатом работы являлись файлы формата MIF, MID – обменного формата системы MapInfo. Все полученные таким образом электронные картографические слои импортировались в систему MapInfo и совмещались на единой электронной карте.

Выделенные морфологические ландшафтные единицы наполнялись покомпонентной информацией о почвенном и растительном покровах, генетическом типе четвертичных отложений, морфоструктуре, функциональном использовании земель, а также о принадлежности к той или иной ландшафтной подзоне.

Зональное деление было произведено в соответствии с ландшафтной картой СССР для высших учебных заведений (М 1:4 000 000, под ред. А.Г.Исаченко, 1988) и картой растительности Европейской части СССР (М 1:2 500 000, под ред. Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко, 1974).

Геоморфологическая карта ТАССР (М 1:500 000, под ред. В.В. Мизинова, К.Н. Разумова, 1984) и карта генетического типа четвертичных отложений, составленные по материалам инженерно-геологических съемок в (М 1:200 000, 1988-1996 гг.), послужили основой, на которой были выделены морфогенетические группы рельефа (рис. 1). Пополнение геопространственной базы данных по почвенному покрову и его гранулометрическому составу осуществлялось на основе

фондовой карты Татарской АССР (М 1:200 000) и анализировались на уровне подтипов с учетом их гранулометрического состава.

Кроме того, согласно карте эродированности почв Татарской АССР, (М 1:200 000, 1984 г.), в каждом выделенном природном комплексе почвы исследовались на предмет эродированности по степени смытости. Современные контуры и состав растительного покрова определялся по результатам дешифрирования многозональных сканерных КС «Ландсат», карты растительности Европейской части СССР и материалов полевых исследований Г.А. Шайхутдиновой на уровне ассоциаций (лесных и луговых).

Включение в характеристику морфологических единиц ландшафта сведений о видах хозяйственного использования, позволило получить итоговую картину состояния современных ландшафтов. На основе общегеографической цифровой карты Республики Татарстан (М 1:200 000) и материалов дешифрирования космических снимков были идентифицированы такие функциональные типы природно-антропогенных ландшафтов: промышленно-селитебный; лесохозяйственный; лугово-пастбищный; земледельческо-пахотный.

Карта современных ландшафтов исследуемого региона была составлена и представлена как в традиционной форме (на бумажном носителе), так и в ее электронном варианте. Поскольку ландшафтная карта получилась очень насыщенной в информационном отношении, то наиболее оптимальной формой организации и представления ее легенды послужил матричный вид. При этом каждому выделенному на ландшафтной карте геокомплексу присваивался свой индивидуальный номер, а покомпонентная характеристика была представлена своеобразным «кодом» – набором цифр, которые несут определенную смысловую нагрузку. Благодаря этому появляется возможность оперативно получить исходную информацию об интересующем объекте и представить данную картину в формализованном виде.

Для территории Татарстана типизация ландшафтной структуры произведена с использованием подходов Ф.Н. Милькова в ранге типов местностей. Все местности, выделенные при ландшафтном картографировании республики, подразделены на классы, типы и подтипы.

Типов местностей, соответствующих положению в рельефе и представляющих морфогенетические группы рельефа, получено одиннадцать: 1) водораздельные, 2) приводораздельные и верхние части склонов, 3) средние части склонов, 4) нижние части склонов, 5) высокие (третья и четвертая) террасы малых рек, 6) низкие (первая и вторая) террасы малых рек, 7) четвертая терраса крупных рек, 8) третья терраса крупных рек, 9) первая и вторая террасы крупных рек, 10) склоны террас крупных рек, 11) пойменные.

Подтипы местностей дифференцировались по подтипам почвенного покрова, а объединение в классы местностей выполнено по принадлежности к генетическим типам четвертичных отложений.

Согласно проведенной типизации на исследуемой территории выделено семь классов, одиннадцать типов и двадцать подтипов местностей. Всего наблюдается

238 сочетаний. В нашей иерархии тип местности имеет ведущее значение, так как рельеф – это основной фактор дифференциации морфологической структуры ландшафтов.

Наибольшим разнообразием обладают террасовые комплексы. Здесь наблюдается наибольшее почвенное разнообразие, обусловленное их генезисом. Наименьшим разнообразием обладают пойменные комплексы с аллювиальными почвами, они же являются наиболее распространенными – 8,3%.

Доля ландшафтов средних и нижних частей склонов также велика. Средние части склонов на делювиально-солифлюкционных отложениях со светло-серыми лесными почвами занимают 7%, с серыми лесными – 4,3%, с черноземами выщелоченными – 4%. Типы местностей нижних частей склонов, перекрытые делювиально-солифлюкционными отложениями с черноземами выщелоченными, занимают 6,5%, со светло-серыми лесными – 4%, с серыми лесными – 3,3%. Среди приводораздельных частей склонов на элювиально-делювиальных отложениях преобладают геокомплексы со светло-серыми, серыми лесными почвами и выщелоченными черноземами (каждый по 3%). Водораздельные типы местности, сформированные на элювиально-делювиальных отложениях под светло-серыми лесными почвами, занимают 1,2%.

Остальные типы местности занимают менее 1%.

Преобладающим типом местности являются средние части склонов – 36%. Нижние части склонов составляют 24%, приводораздельные части склонов – 15%, поймы – 8,6%.

Таблица 1

Соотношение типов местностей в РТ

№ п/п	Тип местности	%
1	Водораздельный	4,2
2	Приводораздельные части склонов	15,2
3	Средние части склонов	36,8
4	Нижние части склонов	24,4
5	Высокие террасы малых рек (третья и четвертая)	0,6
6	Низкие террасы малых рек (первая и вторая)	3,3
7	Четвертая терраса крупных рек	2,4
8	Третья терраса крупных рек	1,3
9	Первая и вторая террасы крупных рек	2,5
10	Склоны террас крупных рек	0,6
11	Пойменный	8,7

Такое соотношение типов местностей (табл. 1) характерно для всей республики. Отличия наблюдаются в том случае, когда ландшафт развивается непосредственно вблизи крупной речной системы. Здесь ландшафтная структура усложняется террасовыми комплексами, количество которых зависит от возраста долины и водности реки.

Есть свои различия и при переходе от одной ландшафтной зоны к другой. Соотношение площадей разных типов местности позволяет судить о сходстве или различии ландшафтной структуры разных территорий.

Эколого-ландшафтная ГИС позволила также провести математический анализ рисунка ландшафта. Этот вид ландшафтных исследований хорошо изучен в работах А.С. Викторова. Часть его подходов нами использована при проведении анализа ландшафтного рисунка РТ.

Анализ ландшафтных рисунков можно проводить с использованием разнообразных методов исследования особенностей формы ландшафтных контуров. Мы привлекали лишь наиболее распространенные из них. В первую очередь это показатели удлиненности и расчлененности границ: показатели формы (R.E. Horton) (рис. 2), эллиптичности (D. R Stoddart) (рис. 3), вытянутости (S.A. Scum) (рис. 4); коэффициент расчлененности (Nagel, C. Ritter) (рис. 5,6) и индекс кругообразности (V.S. Miller) (рис. 7).

Проведенные сравнения формы контуров показывают количественные отличия одних местностей от других. Причины этого отличия лежат не только в генезисе, но во взаимозависимости одних контуров от других.

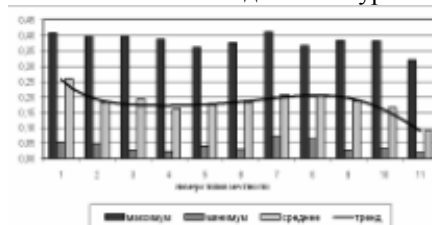


Рис. 2. Значения показателя формы типов местностей

Рис. 3. Значения показателя эллиптичности типов местностей

Рис. 4. Значения показателя вытянутости типов местностей

Рис. 5. Значения показателя расчлененности KN1 типов местностей

Рис. 6. Значения показателя вытянутости KN2 типов местностей

Рис. 7. Значения индекса кругообразности типов местностей

(Расшифровка цифр, обозначающих типы местности, представлена в табл. 1)

В седьмом разделе первой главы приводится сравнительный анализ ландшафтных зон, подзон и районов, проведенный средствами ГИС-технологий. На границах зон и подзон в пределах 50 и 25 километрового буфера соответственно определены значения основных ландшафтно-геофизических параметров: радиационный индекс сухости Будыко, гидротермический коэффициент Селянинова, годовая сумма осадков (мм), сумма биологически активных температур ($^{\circ}\text{C}$), годовой радиационный баланс ($\text{мДж}/\text{м}^2$).

Так, на границе бореальной и суббореальной ландшафтной зоны радиационный индекс сухости, выступающий в пределах умеренного пояса своеобразным индикатором оптимума «природной биологической продуктивности» (Григорьев, Будыко, 1959), варьирует от 0,95 до 1,2 (среднее 1,09). Сумма биологически активных температур изменяется от 2086 до 2197 $^{\circ}\text{C}$ при среднем значении 2142 $^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков изменяется в интервале от 500 до 520 мм (в среднем 510 мм), годовой радиационный баланс от 1474 до 1674 $\text{мДж}/\text{м}^2$ при среднем значении 1574 $\text{мДж}/\text{м}^2$, гидротермический коэффициент от 1,57 до 1,77 (в среднем 1,67).

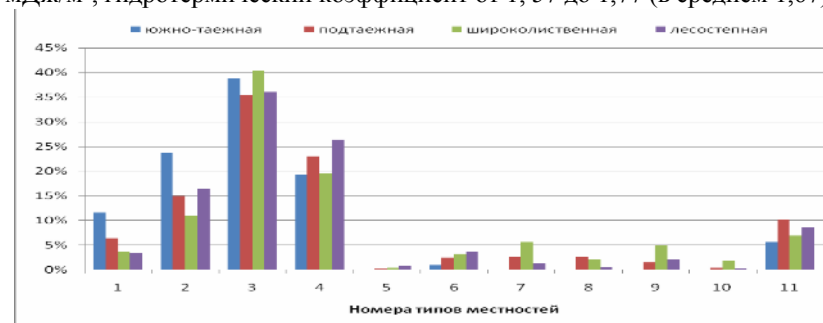


Рис. 8. Соотношение площадей типов местностей в ландшафтных подзонах

В заключении главы анализируются соотношения типов местностей в ландшафтных подзонах (рис. 8), здесь также наблюдаются закономерности морфологической структуры ландшафтов РТ.

Вторая глава работы посвящена оценке экологического потенциала ландшафтов. А.Г. Исаченко принадлежит первый опыт оценки экологического потенциала ландшафтов России, в результате которой было выделено 20 групп ландшафтных мезорегионов (провинций или подпровинций), ранжированных в соответствии с уменьшением экологического потенциала для территории страны. Была установлена зависимость плотности населения от экологического потенциала на макроуровне. Однако исследование экотенциала на региональном уровне генерализации при его оценке, безусловно, требует привлечения пространственно распределенной информации, сопоставимой данному уровню.

А.Г. Исаченко под экологическим потенциалом ландшафта подразумевает его «способность обеспечивать потребности населения во всех необходимых первичных (т. е. собственно экологических, не связанных с производством) средствах существования – тепле, воздухе, воде, источниках пищевых продуктов, а также в природных условиях трудовой деятельности, отдыха, лечения, духовного

развития». Давая определение экологическому потенциалу, А.Г. Исаченко отмечает, что экологический потенциал ландшафта не следует смешивать с его производственно-ресурсным потенциалом, т.е. способностью обеспечивать общественное производство всеми необходимыми (энергетическими, сырьевыми) ресурсами. Природно-ресурсный потенциал создает основу для производственной деятельности людей и служит предметом особого направления географических исследований.

Таким образом, для определения экологического потенциала и выявления его роли на расселение на региональном уровне необходимо учитывать местные особенности.

Как справедливо отмечает Ю. Одум (1975), полное описание экологической ниши вида вылилось бы в бесконечный ряд биологических характеристик и физических параметров, поэтому из их большого спектра необходимо выбрать наиболее существенные из них. Человек приспосабливается к условиям среды обитания. Он может изменить многое в окружающей среде региона, но некоторые консервативные компоненты (рельеф, геологическая среда, климат) лишь незначительно.

Таблица 2
Среднемесячные значения ЭЭТ за 30 лет (1976–2005 гг.) по метеостанциям РТ

Метеостанции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Азнакаево	-31,17	-28,75	-19,68	-4,66	7,54	11,48	13,05	9,38	1,49	-10,69	-23,38	-29,37
Акташ	-38,54	-36,20	-25,30	-6,88	6,27	10,29	12,48	8,49	-0,46	-13,23	-27,40	-35,24
Арек	-38,95	-35,69	-23,97	-7,98	4,95	9,80	12,50	8,26	-0,78	-13,62	-28,32	-35,76
Бугульма	-46,51	-42,31	-29,88	-10,21	5,42	8,93	11,30	7,21	-1,56	-17,32	-34,41	-43,12
Вязовые	-41,74	-38,02	-25,05	-7,15	5,05	9,16	12,24	8,14	-1,60	-14,62	-30,23	-38,21
Дрожжаное	-45,40	-41,62	-29,87	-10,01	4,87	8,31	10,99	7,55	-2,24	-17,32	-33,88	-42,72
Елабуга	-32,87	-31,56	-21,51	-5,13	6,75	11,47	14,07	9,76	1,85	-10,77	-22,88	-30,37
Казань	-35,92	-32,81	-21,34	-5,20	7,20	10,90	13,71	10,09	1,24	-11,51	-26,09	-33,91
Б. Кайбицы	-40,95	-37,79	-27,29	-8,84	5,43	9,23	11,99	8,17	-1,29	-15,48	-30,25	-38,37
Ланшево	-38,09	-34,28	-23,76	-7,13	6,06	10,22	13,04	9,04	0,31	-12,75	-27,18	-35,63
Мензелинск	-42,40	-39,76	-27,72	-9,33	5,19	10,28	12,63	8,41	-0,93	-15,72	-30,57	-39,61
Муслюмово	-33,14	-30,52	-21,49	-5,75	6,50	11,65	13,91	10,25	2,01	-10,13	-23,44	-30,79
Тетюши	-46,09	-42,32	-30,03	-10,87	4,77	9,03	11,76	8,13	-1,11	-16,56	-33,44	-42,93
Чистополь	-46,97	-44,66	-31,42	-11,79	4,21	8,36	11,34	7,28	-2,61	-17,60	-34,62	-43,96
Чулпаново	-42,83	-40,97	-30,24	-9,55	5,46	9,30	12,25	8,53	-0,37	-14,14	-30,04	-39,66

Экологический потенциал территории Республики Татарстан был определен как оценка оптимумов частных экологических потенциалов атмосферы, литосферы и гидросферы и концептуально соответствует подходам А.Г. Исаченко. Экологический потенциал оценивался по матрице, отражающей насколько

благоприятно для человека сочетание климата, влагообеспеченности и комфортности рельефа.

Для оценки влияния климата был использован показатель ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура, рассчитываемый по формуле, предложенной Б.А. Айзенштатом:

$$\text{ЭЭТ} = T(1 - 0,003)(100 - f) - 0,385v^{0,59}(36,6 - T) + 0,622(v - 1) + ((0,0015v + 0,008)(36,6 - T) - 0,0167)(100 - f),$$

где T - среднемесячная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), f – относительная влажность воздуха (%), v – скорость ветра (м/с).

Для расчета были использованы среднемесячные температуры, относительная влажность воздуха, среднемесячная скорость ветра за 30-летний период (1976–2005 гг.) по 15 метеостанциям РТ (табл. 2).

Потенциал гидросферы определялся по модулю годового стока и удаленности от водного объекта. Установлено, что большая часть населенных пунктов находится на расстоянии не более 1 км от рек. Чем больше модуль годового стока, тем выше экологический потенциал. Для определения частного потенциала гидросферы использовался ряд электронных слоев общегеографической карты РТ.

Для определения удаленности населенных пунктов от водного объекта на карте речной системы РТ был построен буфер расстоянием 1 км (как оптимальное расстояние для водообеспечения и транспортировки). Модуль годового стока рассчитан по карте «Ресурсы поверхностных вод» 1971, 1973 гг.

Частный экологический потенциал литосферы оценивался по показателю вертикального расчленения рельефа. Этот показатель косвенно отражает целый ряд важных параметров: уклон, энергию рельефа, вероятность проявления геоэкологически неблагоприятных экзодинамических процессов.

Все показатели были ранжированы по естественным группам для определения региональных особенностей экopotенциала Республики Татарстан.

Анализ ландшафтных условий расселения населения Республики Татарстан показал статистически значимую связь между плотностью населения (как городского, так и сельского) и типами местности, плотностью населения и экологическим потенциалом. Хотя связь с экологическим потенциалом характеризуется как слабая ($R=0,26$), она статистически значима и соответствует поведению *Homo sapiens*. Высокая концентрация населения приурочена к зонам высокого экологического потенциала (рис. 9).

С точки зрения экологического потенциала наиболее комфортными являются территории Предкамья, Восточного Закамья и севера Предволжья (рис. 9), характеризующиеся комфортным эколого-климатическим потенциалом, водообеспеченностью 5,1 – 5,5 л/с*км², удаленностью от водного объекта менее 1 км и глубиной расчленения рельефа 104 – 152 м. Зона низкого экологического потенциала соответствует югу Предволжья, Западному, Юго-Восточному Закамью. На снижение потенциала этих территорий повлияла низкая увлажненность, высокая расчлененность рельефа.

Третья глава посвящена региональному геоэкологическому анализу территории Республики Татарстан. Состояние окружающей среды во многих

районах РТ продолжает оставаться неблагоприятным. Уровень загрязнения воздуха, водных объектов значительно превышает установленные нормативы, происходит загрязнение, опустынивание, истощение и деградация почв, постоянно увеличиваются объемы отходов производства и потребления, из-за чрезмерных антропогенных нагрузок меняются природные ландшафты, обостряется проблема сохранения биологического разнообразия животных и растительных сообществ.

Территория республики неоднократно служила объектом геоэкологического анализа (А.М. Трофимов, В.А. Рубцов, 2005). Но в большинстве региональных геоэкологических оценок по вполне понятным причинам используются в качестве ОТЕ административные районы (в РТ их 43 единицы). Созданная же нами эколого-ландшафтная ГИС позволяет оперировать 11949 ОТЕ. Учитывая большое количество полученных геокомплексов, произведенная оценка впервые дает хорошую пространственную дифференциацию существующих антропогенных нагрузок на ландшафты данной территории.

Критериями антропогенной нагрузки выступали показатели, характеризующие различные функциональные типы использования территории (селитебный, транспортный, сельскохозяйственный, лесохозяйственный), а также отражающие последствия антропогенного воздействия (комплексный индекс загрязнения атмосферы – КИЗА, сведение растительного покрова).

Для проведения корректной оценки необходимо учитывать площади оцениваемых ПТК. С этой целью площадные показатели переводились в проценты от площади ПТК, линейные показатели были представлены в виде показателя густоты ($\text{км}/\text{км}^2$).

Для подсчета количественных характеристик антропогенной нагрузки использовались электронные топографические слои населенных пунктов РТ, транспортной сети, лесов 1800, 1850 гг., луговой растительности, слои линейных объектов региона нефтедобычи. При этом предполагалось, что контура лесов, исчезнувшие с 1850 г., – это результат хозяйственной (в основном земледельческой) деятельности человека, этим участкам присваивался максимальный балл нагрузки.

Для каждого исследуемого типа местности с каждого слоя, характеризующего антропогенную нагрузку при помощи SQL-запросов, была сформирована база данных, в которой содержалась вся необходимая информация.

В качестве метода оценки была выбрана линейная оценка следующего вида:

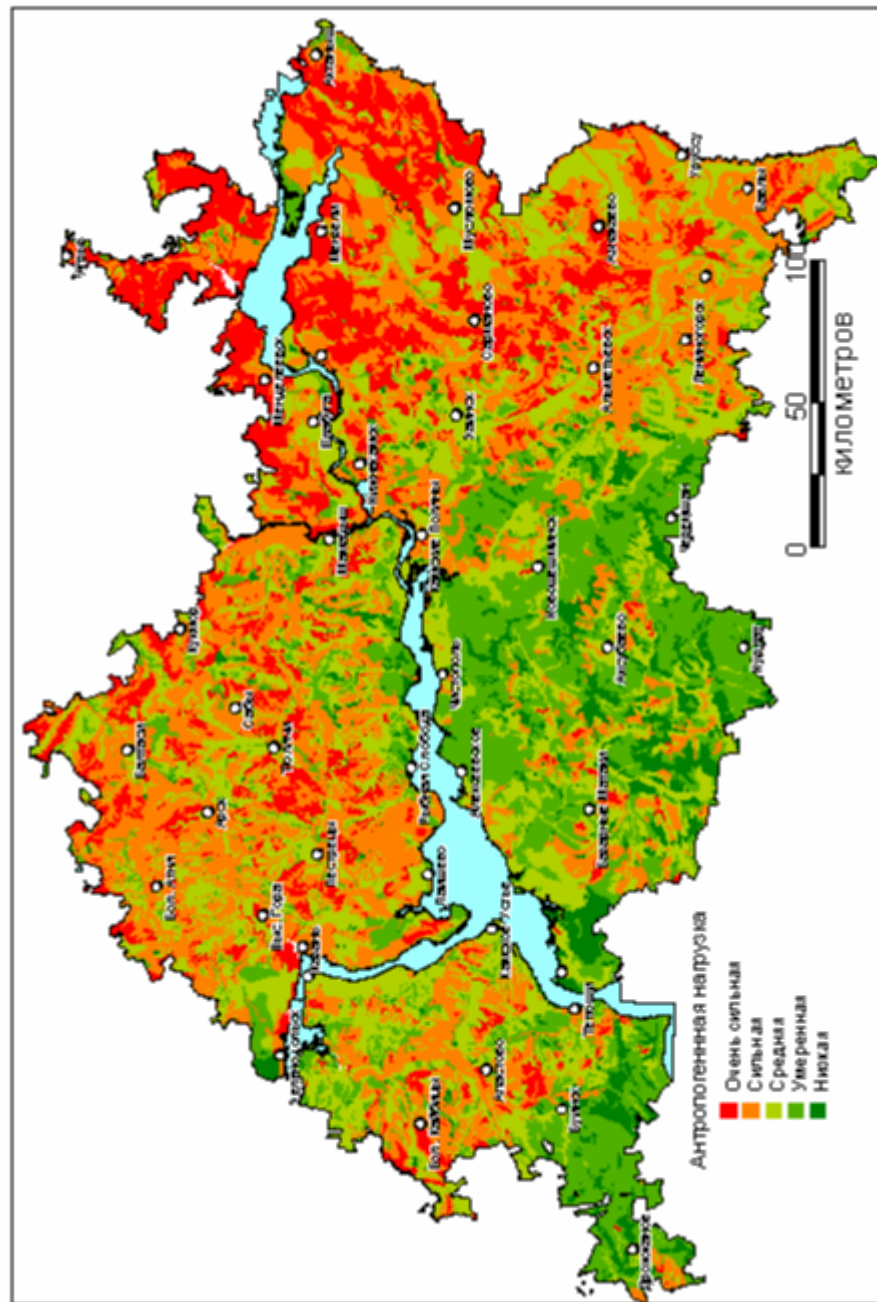
$$U = a_1 R_1 + a_2 R_2 + \dots + a_i R_i,$$

где, a_i – весовой коэффициент,

R_i – нормированное значение показателя.

Каждой группе использования земель присваивался балл, который возрастает по мере увеличения хозяйственного воздействия, т. е. путем взвешивания основных параметров создавалась своеобразная рейтинговая шкала. Все параметра были приведены к безразмерному виду (нормировались).

Кроме показателей антропогенной нагрузки через весовые коэффициенты было учтено местоположение ландшафтных выделов, а именно устойчивость к оказываемому воздействию. Бралось во внимание то, что увеличение



антропогенного воздействия, оказываемое в различных парагенетических частях бассейновых геосистем (водораздел – склон – пойма), может активизировать экологически неблагоприятные денудационно-аккумулятивные процессы, а также повлиять на потоки вещества и энергии в ландшафтах.

В итоге полученные баллы были разбиты на пять рангов: от 4 до 8,4 – низкая; от 8,4 до 9,9 – умеренная; от 9,9 до 11,6 – средняя; от 11,6 до 13,5 – высокая и от 13,5 до 19,9 – очень высокая антропогенная нагрузка.

На интегральной карте антропогенных нагрузок на типы местностей (рис. 10) четко выделяются три региона с сильными и очень сильными нагрузками: Восточное Закамье, Предкамье и центральная часть Предволжья. Минимальные нагрузки на ландшафты в основном приурочены к низменным ландшафтам со слабо эродированными черноземными почвами Западного Закамья. Ареалы с наибольшей антропогенной нагрузкой закономерно приурочены к наиболее заселенным территориям (гг. Казань, Нижнекамск, Наб. Челны, Альметьевск, Елабуга и др.). Особенно выделяется юго-восток республики, где на фоне высоких сельскохозяйственных нагрузок длительное время действует крупный нефтегазодобывающий комплекс (ОАО «Татнефть») со своей сложной инфраструктурой, проходит множество транспортных артерий самого разного назначения.

ВЫВОДЫ

1. Созданная карта современных ландшафтов Республики Татарстан регионального уровня генерализации в ранге типов местностей отражает закономерности морфологической структуры ландшафтов бореального экотона востока Русской равнины.

2. Впервые для территории Республики Татарстан создана специализированная эколого-ландшафтная геоинформационная база данных ГИС, позволившая проводить геоэкологические оценки ландшафтных комплексов. Общее количество ландшафтных выделов – 11 949. Тематическое наполнение произведено по 12 информационным полям. Данная геоинформационная система, по сути, является ландшафтным кадастром РТ.

3. Согласно проведенной типизации на исследуемой территории выделено семь классов, одиннадцать типов и двадцать подтипов местностей. Всего наблюдается 238 сочетаний. В Республике Татарстан преобладают склоновые типы местностей – 76,4%, террасовые комплексы занимают 10,7%, пойменные типы местности – 8,7%, водораздельные – 4,2%. Такое соотношение характерно для всего региона исследований. Отличия наблюдаются в том случае, когда ландшафты формируются вблизи крупных речных систем. В этом случае усложнение ландшафтной структуры происходит за счет террасовых комплексов, количество которых зависит от возраста долины и водности реки. Установлены значения основных ландшафтно-геофизических параметров при переходе от одной ландшафтной зоны к другой.

4. Количественный анализ средствами ГИС-технологий ландшафтного рисунка позволяет сделать следующие выводы: пойменные ландшафты обладают

вытянутостью и слабой изрезанностью, форма водораздельных типов местностей, наоборот, стремится к округлой форме, ландшафты нижних и средних частей склонов наиболее изрезаны за счет овражно-балочного расчленения.

5. Определены зоны с максимальным экологическим потенциалом. Выявлена зависимость между экологическим потенциалом и численностью населения. Сам экологический потенциал в геопространстве распределен неоднородно. Высокие и очень высокие значения потенциала приурочены к пойменным и террасовым ландшафтам. Высоким потенциалом характеризуется территория Предволжья и северо-восток РТ.

6. Сформирована система показателей для определения антропогенной нагрузки на типы местности. Суммарная антропогенная нагрузка на ландшафты имеет большую пространственную изменчивость. Низкой антропогенной нагрузке подвержены около 6% ландшафтов, умеренной – 19,5%; средней – 27,5%; высокой – более 31% и очень высокой – почти 16%. Самые высокие нагрузки соответствуют юго-восточному региону РТ, где хорошо развит нефтегазодобывающий, нефтехимический и агропромышленный комплекс. Среди всех типов воздействия наибольший удельный вес в суммарной антропогенной нагрузке имеет земледельческая деятельность за счет площади воздействия.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В реферируемых журналах ВАК

1. Ермолаев, О. П. Ландшафтное районирование и картографирование региона Среднего Поволжья / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин // Георесурсы. – Казань, 2006. – №2 (19). – С. 20-24.
2. Ермолаев, О. П. Морфология, рисунок и геоэкология ландшафтов Татарстана / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – Казань: Издательский центр Казан. гос. ун-та, 2007. – Т. 149; кн. 4. – С. 183-191.

Прочие

3. Ермолаев, О. П. Геоинформационный анализ ландшафтной структуры бореального экотона востока русской равнины / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин, К. А. Мальцев // Intercarto-9: Материалы международной конференции (Новороссийск, Севастополь, 25-29 июня 2003 г.). – 2003. – С. 114-118.
4. Ермолаев, О. П. Построение карты антропогенной нагрузки на территорию Республики Татарстан / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин, Б. М. Усманов // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: Тез докл. VI республ. научной конф. – Казань: Отечество, 2004. – С. 78-79.
5. Ермолаев, О. П. Карта Антропогенного воздействия / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин, Б. М. Усманов // Атлас Республики Татарстан. – М.: Производственное картосоставительское объединение «Картография», 2005. – С. 112-113.

6. Ермолаев, О. П. Ландшафтно-экологическое картографирование Татарстана / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин, С. В. Павлова, Н. П. Квернадзе, Л. А. Мангутова // Современные аспекты экологии и экологического образования: Материалы Всероссийской научной конференции (19-23 сентября 2005 г.). – Казань, 2005. – С. 343-346.
7. Ермолаев, О. П. Создание специализированной эколого-ландшафтной ГИС / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин // Вестник ТО РЭА. – Казань: Экоцентр, 2005. – С. 11-12.
8. Ермолаев, О. П. Среднемасштабное ландшафтное картографирование бореального экотона Восточно-Русской равнины / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин // Материалы XI Международной ландшафтной конференции (22-25 августа 2006 г.). – М.: МГУ, 2006. – С. 181-183.
9. Ермолаев, О. П. Оценка ландшафтного рисунка морфологической структуры природно-территориальных комплексов в Республике Татарстан / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин // Пробл. ландшафтовед., физ.-географ. районир. и карстоведения: Мат. докл. Университетских Чтений, посвящ. памяти проф. Казанск. гос. ун-та А.В. Ступишина (Казань, 2 ноября 2007 г.). – Казань: Отечество, 2007. – С. 30-42.
10. Ермолаев, О. П. Ландшафтное районирование и морфология ландшафтов Республики Татарстан / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин // Пробл. ландшафтовед., физ.-географ. районир. и карстоведения. Мат. докл. Университетских Чтений, посвящ. памяти проф. Казанск. гос. ун-та А.В. Ступишина (Казань, 2 ноября 2007 г.). – Казань: Отечество, 2007. – С. 57-79.
11. Игонин, М. Е. Экологический потенциал ландшафтов Республики Татарстан / М. Е. Игонин, О. А. Никонорова // Журнал экологии и промышленной безопасности. – Казань: Экоцентр, 2007. – №3 (33). – С. 103-106.
12. Ермолаев, О. П. Ландшафты Республики Татарстан / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин, С. В. Павлова, А. Ю. Бубнов; под ред. проф. О. П. Ермолаева. – Казань: Слово, 2007. – 411 с.

Содержание диссертации

Введение

Глава 1. Ландшафты Республики Татарстан

1.1. Ландшафтный подход в географических исследованиях

1.2. Морфология ландшафта

1.3. Ландшафтно-экологическое картографирование на базе ГИС-технологий

1.3.1. ГИС как способ получения и обработки информации о ландшафтах

1.3.2. ГИС как инструментальная система создания пространственных баз данных и решения информационных задач

1.3.3. Методика создания эколого-ландшафтной ГИС

1.3.4. Исходные материалы для геопространственной базы данных ГИС

1.3.5. Создание ландшафтной карты РТ

1.4. Типизация геокомплексов

1.5. Структура типов местностей

1.6. Ландшафтный рисунок

1.7. Анализ ландшафтной структуры

1.7.1. Ландшафтные зоны

1.7.2. Отличия ландшафтной структуры ландшафтных зон Республики Татарстан

1.7.3. Ландшафтные подзоны

1.7.4. Ландшафтные районы

Глава 2. Экологический потенциал ландшафта

2.1. Ландшафт как средообразующий природный объект

2.2. Подходы к определению экологического потенциала

2.3. Методика создания карты экологического потенциала ландшафтов

2.4. Частные потенциалы, как составные части экологического потенциала

2.4.1. Потенциал атмосферы

2.4.2. Потенциал гидросферы

2.4.3. Потенциал литосферы

2.5. Интегральная оценка экологического потенциала Республики Татарстан

2.6. Размещение населения Татарстана и экологический потенциал ландшафта

Глава 3. Региональный геоэкологический анализ ландшафтов РТ

3.1. Методические подходы к количественной оценке состояния окружающей среды

3.2. Методика создания карты антропогенных нагрузок

3.3. Пространственный анализ уровня антропогенной нагрузки на ландшафты

Выводы

Библиографический список

Приложение 1. Ландшафтная карта Республики Татарстан

