

На правах рукописи

**КАТОРГИН Игорь Юрьевич**

**АНАЛИЗ И ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТОВ  
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**25.00.26 – землеустройство, кадастр и мониторинг земель**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук**

**Ставрополь – 2004**

Работа выполнена в Ставропольском государственном университете

<b>Научный руководитель:</b>	кандидат географических наук, профессор <b>Шальnev Виктор Александрович</b>
<b>Научный консультант:</b>	кандидат сельскохозяйственных наук <b>Желнакова Людмила Ивановна</b>
<b>Официальные оппоненты:</b>	доктор географических наук, профессор <b>Эльдаров Эльдар Магомедович</b> кандидат сельскохозяйственных наук <b>Подколзин Олег Анатольевич</b>
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ставропольский государственный аграрный университет</b>

Защита состоится «\_\_\_\_» мая 2004 г. в «\_\_\_\_» на заседании диссертационного совета КМ 212.256.04 при Ставропольском государственном университете по адресу: 355009, Ставрополь, ул. Пушкина, 1, корп. 2, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Ставропольского государственного университета.

Автореферат разослан «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2004 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор географических наук

Лиховид А.А.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность.** На современном этапе на первый план в области земледелия выступает проблема оптимизации землепользования и сохранения экологического каркаса природных комплексов. Решить эту проблему должно адаптивно-ландшафтное землеустройство, являющееся основой систем земледелия нового поколения. Оно предусматривает, с одной стороны, максимальный учет и сохранение природных ресурсов, с другой – ограничение антропогенного воздействия, негативно влияющего на состояние окружающей среды.

При переходе к адаптивно-ландшафтному земледелию необходимо в первую очередь хорошее знание специфики местных природных ландшафтов, для этого требуется создание обширной пространственной и тематической информационной базы. Такая база есть в организациях, занимающихся исследованиями и проектными работами в области сельского хозяйства, но обширные банки ценной информации, представленные преимущественно на бумажных носителях, громоздки. Традиционная технология анализа этих материалов ведет к значительным затратам сил, времени, выпадению части информации из научного оборота, может вызывать ошибки, снижающие ценность окончательных выводов. Оптимизировать процесс анализа могут информационные технологии. Особенно значимую роль при сборе, хранении и анализе пространственной информации играют геоинформационные системы и ГИС-технологии, позволяющие значительно повысить качество проводимых исследований. Вместе с тем эти технологии в области планирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия применяются в России в единичных случаях и требуют разработки новых подходов к их использованию.

**Объектом исследования** являются территориальные природно-сельскохозяйственные геосистемы ранга агроландшафтов и агроландшафтных зон.

**Предмет исследования** составляют анализ и оценка пространственной структуры агроландшафтов, их природно-ресурсного потенциала, сельскохозяйственной нагрузки, деградационных процессов с использованием ГИС-технологий.

**Цель работы:** анализ и оценка агроландшафтов Ставропольского края с использованием ГИС-технологий для систем адаптивно-ландшафтного земледелия.

В соответствии с целью были поставлены следующие **задачи**.

1. Создать банк географической (электронные карты) и атрибутивной информации по агроландшафтам края.
2. Оценить природно-ресурсный потенциал агроландшафтов и степень его соответствия сельскохозяйственной деятельности на основе картографических моделей.

3. Определить уровень сельскохозяйственных нагрузок на агроландшафты с использованием ГИС-технологий.
4. Выявить экологическое состояние агроландшафтов, в частности интенсивность проявления и развития различных видов деградационных процессов в них, их связь с морфологической структурой ландшафтов.
5. Оценить с использованием ГИС-технологий земельные ресурсы и экологическую опасность использования земель по агроландшафтным зонам административного района.

**Теоретико-методологическую основу исследования** составляют общенаучные методы – описательный, сравнительный, статистический, системного анализа, моделирования, картографический. Методология исследования базируется на системе общих принципов и подходов. Общенаучных: комплексного, интегрального, системного и экологического, а также ландшафтного, как части географического.

**Информационной базой исследования** являются материалы ландшафтного картирования территории Ставропольского края проф. Шальнева В.А., Ставропольского НИИСХа, СтавропольНИИгипрозема, Комитета по земельным ресурсам Ставропольского края, Агрохимического центра «Ставропольский».

**Научная новизна работы.** Впервые осуществлен комплексный анализ агроландшафтов Ставропольского края с применением методов и технологий геоинформационных систем (ГИС):

- созданы разномасштабные электронные карты ретроспективных ландшафтов и их морфологических единиц на уровне местностей;
- создан банк данных, содержащий информацию для анализа агроландшафтов;
- проведен анализ природно-ресурсного потенциала ландшафтов и связанных с ним сельскохозяйственных нагрузок;
- предложена методика комплексной оценки деградационных процессов, основанная на учете площади и интенсивности поражения территории этими процессами;
- для территории Ставропольского края апробирована и рекомендована для широкого использования оценка экологического состояния территорий по коэффициенту экологической стабилизации ландшафтов (КЭСЛ).

**Практическое значение исследования.** Полученные с помощью ГИС-технологий материалы и рекомендации могут быть использованы при организации агроландшафтов на уровнях ландшафтов и агроландшафтных зон. Составленные мелко- и среднемасштабные электронные карты внедрены Ставропольским НИИ сельского хозяйства для разработки мероприятий по рациональному использованию земельных угодий.

**На защиту выносятся следующие материалы и положения.**

1. Структура и содержание электронного банка данных по агроландшафтам края.

2. Оценка природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и сельскохозяйственной нагрузки на них.
3. Количественные характеристики деградационных процессов в агроландшафтах Ставропольского края.
4. Картографические модели экологического состояния агроландшафтов Ставропольского края, составленные на основе коэффициента экологической стабилизации ландшафтов (КЭСЛ).
5. Результаты оценки экологической опасности использования земель по агроландшафтным зонам на уровне административного района края на основе ГИС-технологий.

**Апробация работы и публикации.** Материалы диссертации докладывались на научно-практической конференции «Природные ресурсы и экологическое образование на Северном Кавказе» (Ставрополь, 2002), научно-методической конференции «Университетская наука – региону» (Ставрополь, 2003), Международной научно-практической конференции «Проблемы земледелия» (Ставрополь, 2003), Второй Всероссийской научной телеконференции «Современная биогеография» (Ставрополь, 2003). Часть материалов диссертации включена в отчет по заданию МСХ Ставропольского края: «Разработать структуры ГИС ландшафтов Ставропольского края для мониторинга состояния и принятия практических решений при сельхозиспользовании» (Михайловск, 2002) и в отчет по договору № 16 от 10.04.03 с ОАО СтавропольНИИгипрозем «Оценка видов деградаций, их вредоносности и составление карты экологической напряженности ландшафтов края по факторам-предикторам» (Михайловск, 2003). По теме диссертации опубликовано 6 работ.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, пяти глав, выводов и приложения, содержит 25 таблиц и 28 рисунков. Общий объем диссертации 152 страницы машинописного текста. Список литературы включает 183 наименования, из них 15 на иностранных языках.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Теоретические и методические основы изучения агроландшафтов

**История изучения агроландшафтов.** Начало формирования ландшафтного подхода в сельскохозяйственной деятельности связывают с В.В. Докучаевым и его учениками. Большой опыт в исследовании агроландшафтов накопили географы (Раменский, 1938; Глазовская, 1958; Зворыкин, 1965; Геренчук, 1965; Николаев, 1979 и др.). Особый интерес представляют работы Ф.Н. Милькова (Мильков и др., 1971; Мильков, 1972, 1973, 1978, 1986, 1990). Интерес к ландшафтному подходу в изучении агросистем в последнее время стали проявлять специалисты в области сельского хозяйства (Володин, Здоровцов, 1999; Кирюшин, 1996, 1996а;

Котлярова, 1999; Постолов, 1999; Сатаров, Карпович, 1998; Семендеева, Дробышева, 1999 и др.). В результате их совместных усилий разработана концепция ландшафтно-экологического земледелия (Каштанов, Щербаков, Швебс и др., 1992). Современное понимание агроландшафта основывается на системном подходе, согласно которому можно дать следующее определение агроландшафтам. *Агроландшафт — это интегральная территориальная геосистема культивационного (сельскохозяйственного) типа, состоящая из двух взаимодействующих подсистем, — природной (ландшафтной) и антропогенной, а также набора более мелких природно-сельскохозяйственных геосистем, в совокупности решающих проблемы продовольственного обеспечения* (Шальнев, Диденко, 1997).

**Ландшафтный подход в изучении агроландшафтов.** Накопленный географическими и сельскохозяйственными науками опыт выводит сельскохозяйственное землепользование на качественно новый уровень, названный ландшафтным (Каштанов, 1992; Щербаков, Швебс, 1992; Храмцов, 1996). Основой систем земледелия нового поколения является адаптивно-ландшафтное землеустройство. Концептуально-методические положения и нормативная база для развития и проектирования новых систем земледелия на ландшафтной основе были разработаны в последние годы большой группой авторов из головных институтов Российской академии сельскохозяйственных наук и ряда сельскохозяйственных вузов России (Концепция..., 1992; Ландшафтное земледелие, 1993; Кирюшин, 1996, 2000; Методика..., 1996; Модели управления..., 1998; Проектирование..., 1999; Адаптивно-ландшафтная система..., 2001; Лопырев, Макаренко, 2001; Методическое пособие..., 2001). На Ставрополье переход земледелия на адаптивно-ландшафтную основу закреплен Постановлением Государственной Думы Ставропольского края «О порядке использования земельных ресурсов Ставропольского края на агроландшафтной основе» № 637-39 от 26.06.97г. Системы адаптивно-ландшафтного земледелия опираются на знание специфики местных природных ландшафтов и требуют создания обширной информационной базы. Значимую роль при анализе пространственной информации играют геоинформационные системы.

**Развитие и использование ГИС-технологий для анализа агроландшафтов.** В России проблема географических информационных систем в широком понимании этого термина начала исследоваться с начала 80-х годов, хотя в области развития отдельных компонентов ГИС (теория баз данных, автоматизация в картографии, обработка изображений, географическое моделирование) к тому времени имелись значительные достижения (Лурье, 1997). В последние годы для анализа земельных ресурсов все более широко используются компьютерное моделирование и ГИС-технологии (Рожков и др., 1995; Савин и др., 1998; Рамазанов, 1999; Столбовой и др., 1999; Красноярова, 1999).

## **Глава 2. Методика использования ГИС-технологий при анализе агроландшафтов**

Методика исследования предполагает выбор программного обеспечения, разработку методических этапов исследования.

**Компьютерное программное обеспечение:** ГИС настольного уровня MapInfo, Adobe Photoshop, Microsoft Excel и 3D Field.

**Методика создания цифровых картографических основ.** Цифровая карта состоит из двух частей, цифровой картографической основы (ЦКО) и тематического содержания. Для составления ЦКО проведен отбор информации с топографических карт масштабов – 1:500000 (для создания ЦКО на уровне края) и 1:100000 (для создания ЦКО на уровне административного района), ландшафтной карты Ставропольского края масштаба 1:1500000 (Атлас земель..., 2000) и карты размещения метеостанций на территории Ставропольского края масштаба 1:1500000.

**Содержание электронного банка данных (на уровне края).** Электронный банк данных включает в себя следующие атрибутивные базы данных:

- «Характеристика землепользователей» (слой «землепользователи»), которая содержит 33462 записи о 286 землепользователях, входящих в так называемые ядра ландшафтов, составленные из хозяйств, большая часть которых находится в пределах определенного ландшафта;
- «Агроклиматические ресурсы и потенциалы» (слой «метеостанции»), содержащая 480 записей по 32 метеостанциям края (Агроклиматические ресурсы Ставропольского края, 1971);
- «Характеристика агроландшафтов» (слой «природные ландшафты»), которая содержит данные о 24 ландшафтах края. В нее были импортированы таблицы, полученные путем вычислений из баз данных «характеристика землепользователей» и «агроклиматические ресурсы и потенциалы».

**Содержание электронного банка данных (на уровне административного района).** При анализе агроландшафтных зон на уровне административного района использована база данных «Характеристика землепользователей». В результате запроса по образцу в поле «Административный район» выбирался Изобильненский район и в дальнейшем проводились вычисления.

**Работа с атрибутивной базой данных в среде MapInfo.** Основной объем информации, используемый в исследовании, хранился, обрабатывался и анализировался в ГИС MapInfo, которая предоставляет достаточные возможности для работы с базами данных, созданными как в самой программе, так и в таких программных продуктах, как Microsoft Excel, Microsoft Access. Вычисления проводились с помощью трех типов запросов: выборки, SQL-запросов и статистических.

### **Глава 3. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия**

**Методология перехода к адаптивно-ландшафтному земледелию в Ставропольском крае на разных уровнях административного и ландшафтного районирования.** Основные принципы разработанной в Ставропольском НИИ сельского хозяйства концепции развития адаптивно-ландшафтного земледелия в современных условиях хозяйствования в Ставропольском крае базируются на административном уровне (в масштабах края, административного района, хозяйства). На ландшафтном уровне принято признание первичности природных ландшафтов, рассмотрение в их таксономических единицах ранга местностей, уроцищ, подуровиц и фаций антропогенных воздействий и выбор этих единиц как «адресов» разрабатываемых адаптивно-ландшафтных систем земледелия (Петрова, Желнакова, 1999). Концепция предусматривает адаптацию систем земледелия к дифференциации природных условий, к разным уровням экономической и технической обеспеченности хозяйств, разному соотношению растениеводческой и животноводческой отраслей в них. В основу концепции положен принцип рационального природопользования. Необходимым условием широкого внедрения и успешного использования систем земледелия на ландшафтной основе становится применение информационных технологий для поддержки принятия решений при проектировании, корректировке и реализации систем земледелия.

**Ретроспективные ландшафты Ставропольского края и их структурные единицы.** Согласно ландшафтному районированию (Шальнев, 1995), в двух физико-географических странах выделено 5 ландшафтных провинций, в числе которых 24 ландшафта (рис. 1) и 93 местности. По генезису, гипсометрии, геоморфологическому сходству, особенностям геологического строения, расположению на геохимической катене местности могут быть объединены в 23 типа. Именно тип местности определяет внутреннее содержание систем адаптивно-ландшафтного земледелия. С использованием ГИС-технологий было рассчитано процентное соотношение типов местностей в ландшафтах края и их площадь.

**Агрэкологические группы земель, их связь со структурой ландшафтов.** СтавропольНИИгипроземом в 1997 году составлена «Схема использования земельных ресурсов Ставропольского края на агроландшафтной основе до 2005 года», использующая принципы адаптивно-ландшафтной системы земледелия, в основе которых лежит выделение агрэкологических групп земель, в первую очередь на пашне, как более подверженной негативным процессам. В соответствии с характером природных ограничений пригодности земель для возделывания конкретных культур и характером мероприятий по их преодолению агрэкологические группы земель ранжированы по шести категориям (Схема..., 1997).

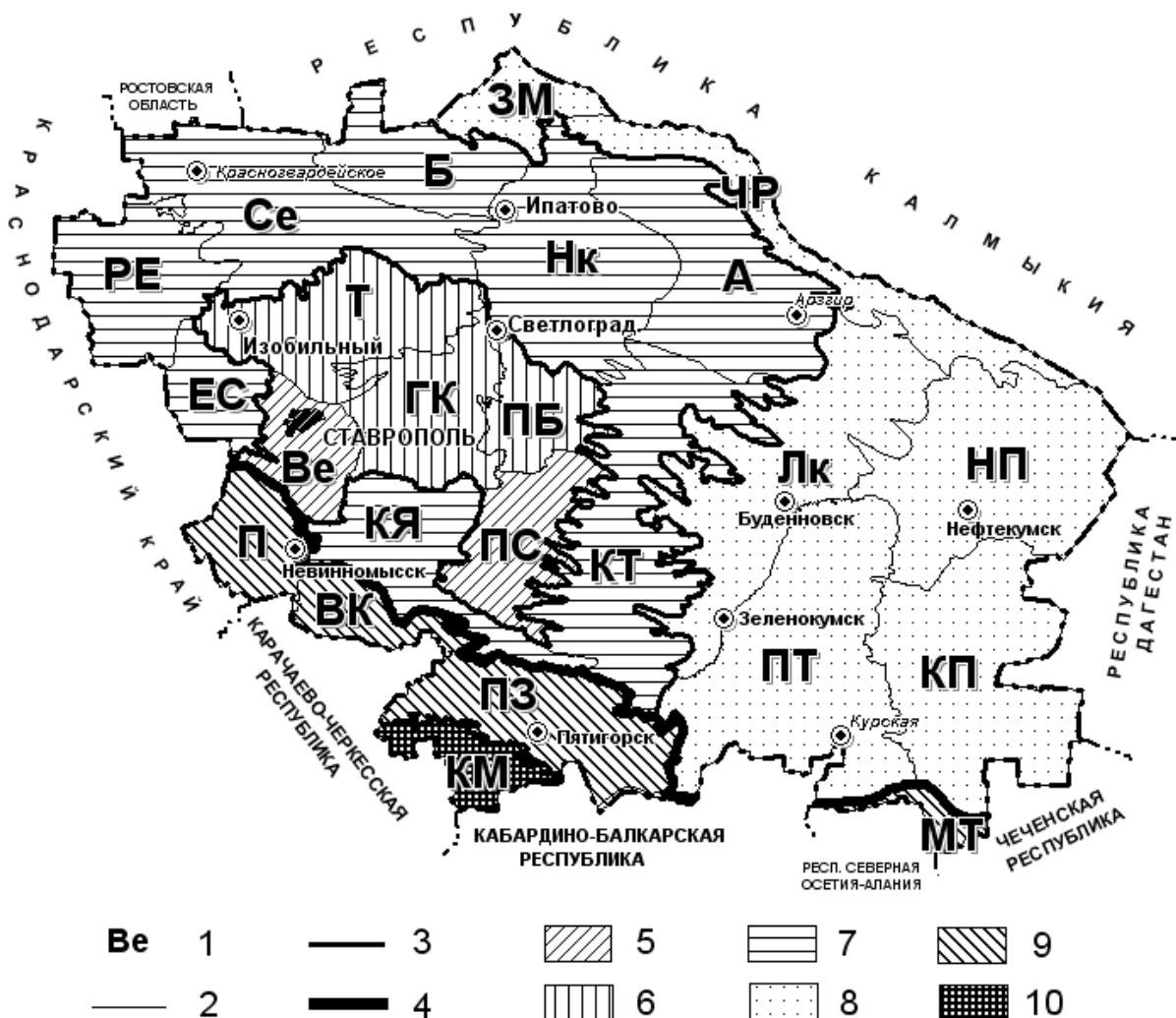


Рис. 1. Ландшафты Ставропольского края (Атлас ..., 2000).

1 – обозначения ландшафтов (ландшафты Русской равнины: Ве – Верхнеегорлыцкий; ПС – Прикалаусско-Саблинский; Т – Ташлянский; ГК – Грачевско-Калаусский; ПБ – Прикалаусско-Буйволинский; ЕС – Егорлыцко-Сенгилеевский; РЕ – Расшеватско-Егорлыцкий; Се – Среднеегорлыцкий; Б – Бурукшунский; Нк – Нижнекалаусский; А – Айгурский; КТ – Карамык-Томузловский; КЯ – Кубано-Янкульский; Лк – Левокумский; ПТ – Правокумско-Терский; КП – Курско-Прикаспийский; НП – Нижнекумско-Прикаспийский; ЧР – Чограйско-Рагулинский; ЗМ – Западно-Манычский. Ландшафты Большого Кавказа: П – Прикубанский; ВК – Воровсколесско-Кубанский; ПЗ – Подкумско-Золкинский; МТ – Малкинско-Терский; КМ – Кубано-Малкинский); 2 – границы ландшафтов; 3 – границы ландшафтных провинций; 4 – границы физико-географических стран. Ландшафтные провинции: 5 – типичных лесостепей, 6 – байрачных лесостепей; 7 – степная; 8 – полупустынная; 9 – предгорная степная и лесостепная; 10 – среднегорных лесостепей и остеиненных лугов.

С использованием ГИС-технологий выявлена прямая зависимость между типами местностей и характером распределения пашни по агроэкологическим группам. Это позволило типизировать ландшафты по способу организации их территории с учетом преобладания типов местностей на 10 групп.

## **Глава 4. Анализ и оценка агроландшафтов Ставропольского края с использованием ГИС-технологий**

### **Оценка почвенно-климатических ресурсов агроландшафтов края.**

На основе баллов бонитета почв базовой группы хозяйств рассчитаны средневзвешенные баллы бонитета сельскохозяйственных угодий, пашни и пастбищ. Распределение бонитетов почв по ландшафтам края носит зонально-провинциальный характер с увеличением баллов к западу. Крайние значения различаются более чем в три раза. По соотношению бонитетов пашни и пастбищ по ландшафтам края наименьшие расхождения (12-17%) отмечаются в ландшафтах *Ce*, *PЗ*, *KM*, отличающихся наиболее плодородными почвами, наибольшие (76% и 68%) – в ландшафтах *B*, *P*, где в пастбищах много солончаков и мочаристых почв. В остальных ландшафтах разница лежит в диапазоне 25-51%. Это свидетельствует об исчерпании резервов расширения пашни за счет других угодий и при существующем дисбалансе угодий (особенно в ландшафтах с распаханностью > 70%) целесообразно сокращение пашни за счет вывода малопродуктивных земель.

Для сравнительной оценки общей биопродуктивности ландшафтов края рассчитан климатический индекс биологической продуктивности ( $B_k$ ) и биоклиматический потенциал (БКП) (рис. 2) по методике Д.И. Шашко (1985). Как свидетельствуют данные, индекс  $B_k$  распределяется зонально, увеличиваясь с востока на запад края от 85,3 до 135,0 единиц. БКП в том же направлении возрастает от 1,56 до 2,48 единиц.

С помощью ГИС-технологий проведена оценка ландшафтов края по благоприятности возделывания основных сельскохозяйственных культур. По усовершенствованной в СНИИСХ методике И.В. Свисюка (1980) найдены средневзвешенные значения индекса почвенно-климатических ресурсов возделывания озимой пшеницы (ИПКР), ведущей сельскохозяйственной культуры края (рис. 3). Используя уравнения связи ИПКР с урожайностью озимой пшеницы, установленные Л.И. Желнаковой (1992), рассчитана перспективная урожайность озимой пшеницы по чистым парам и непаровым предшественникам. Установлено, что при возделывании озимых зерновых их низкий почвенно-климатический ресурс может быть оптимизирован с помощью использования чистых паров. Рассчитаны средневзвешенные значения коэффициентов: С.А. Сапожниковой (1958) для оценки условий возделывания яровых зерновых культур, Ю.И. Чиркова (1969) для оценки условий возделывания кукурузы, Ю.С. Мельника (1972) для оценки условий возделывания подсолнечника. Анализ показал, что потенциал возделывания озимых зерновых культур в ландшафтах края значительно выше, чем яровых зерновых. Следует очень взвешенно подходить к размещению подсолнечника и кукурузы в ландшафтах края, поскольку хорошим потенциалом их возделывания обладают только 30% территории края, а на 25% территории – в восточных и северо-восточных ландшафтах – выращивать эти культуры нецелесообразно.

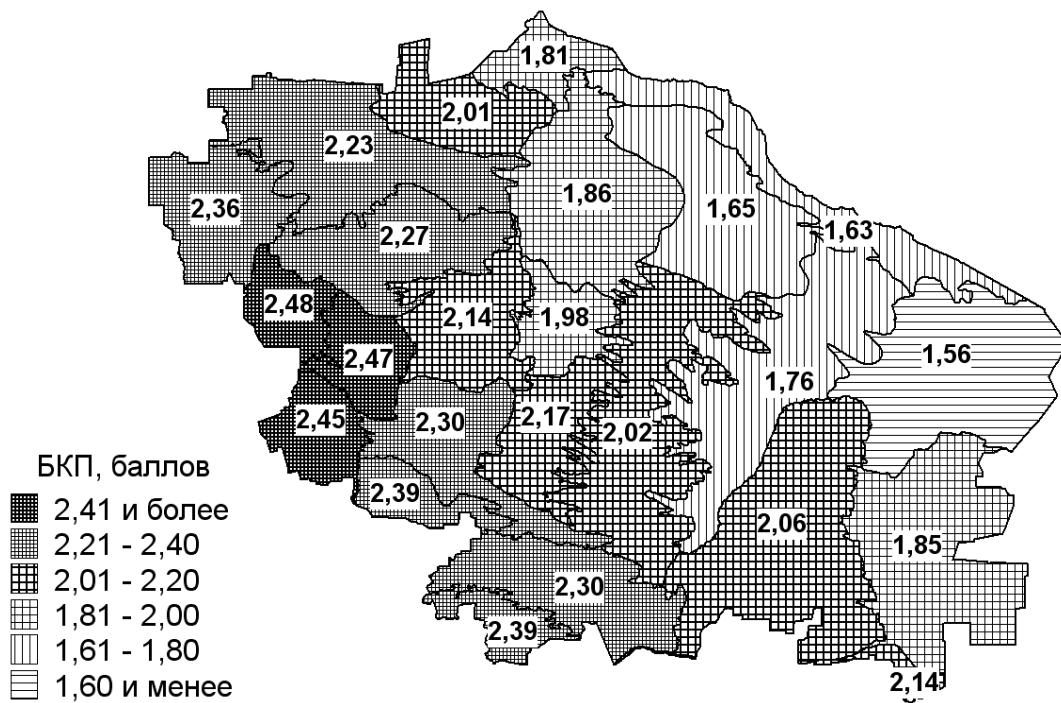


Рис. 2. Средневзвешенное значение биоклиматического потенциала ландшафтов Ставропольского края.

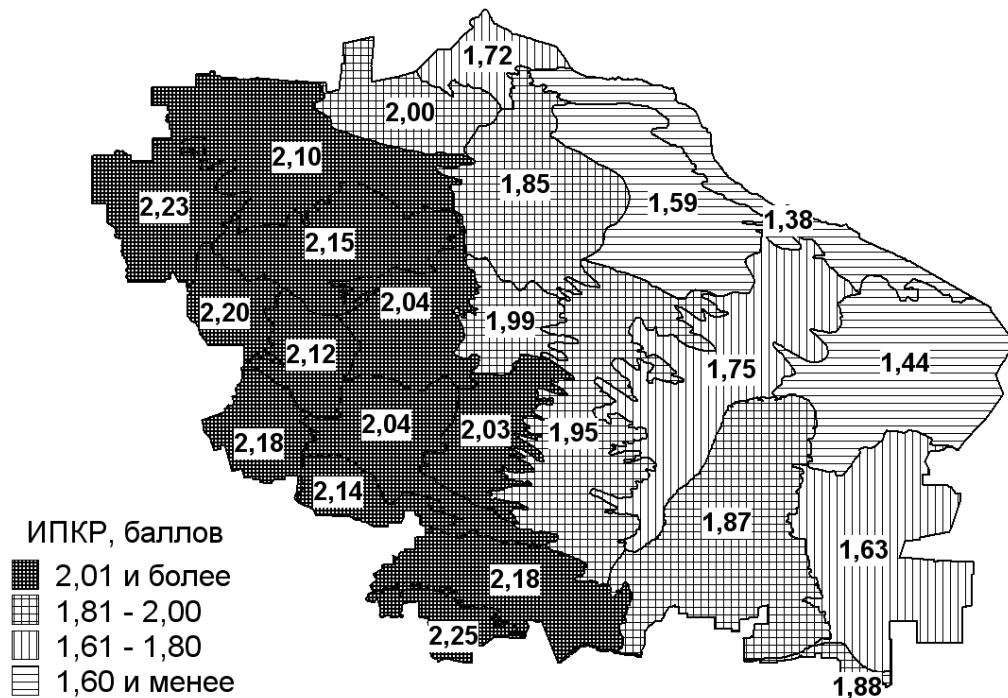


Рис. 3. Средневзвешенное значение индекса почвенно-климатических ресурсов возделывания озимой пшеницы в ландшафтах края.

**Анализ сельскохозяйственной нагрузки на ландшафты края.**  
Расчет суммарной сельскохозяйственной нагрузки (рис. 4) производился в баллах. Учитывались: агрогенная нагрузка (доля сельскохозяйственных

*угодий в общей площади земель, доля пашни к площади сельскохозяйственных угодий, доля паров к площади сельскохозяйственных угодий); мелиоративная нагрузка (доля орошаемых земель к площади сельскохозяйственных угодий); нагрузка скота (поголовье скота переводилось в условные головы (УГ) через коэффициенты: коровы – 1,0, крупный рогатый скот – 0,6, лошади – 0,75, молодняк лошадей – 0,6, поголовье свиней и птиц не учитывалось, далее рассчитывались УГ скота, приходящиеся на 100 га сельхозугодий); нагрузка овец (голов на 1 га пастбищ).*

Наименьшую суммарную сельскохозяйственную нагрузку имеют ландшафты *Ве* и *ВК*, что связано с невысокой степенью агрогенной нагрузки; наибольшую – большинство степных и часть полупустынных ландшафтов, где сильна агрогенная нагрузка и нагрузка скота.

Агроландшафты имеют различную степень почвенного плодородия и различную степень устойчивости к сельскохозяйственным нагрузкам. Поэтому был рассчитан коэффициент сельскохозяйственных нагрузок, приходящихся на 1 балл бонитета почв (рис. 5). Агрогенная и мелиоративная нагрузки были поделены на средневзвешенный по агроландшафтам балл бонитета пашни, нагрузка скота – на балл бонитета сельскохозяйственных угодий, а нагрузка овец – на балл бонитета пастбищ. Возрастание суммарного коэффициента сельскохозяйственных нагрузок имеет четко выраженный зональный характер, коэффициент увеличивается более чем в 3 раза с запада и юго-запада на восток и северо-восток. Это связано с уменьшением балла почвенного плодородия в этом направлении и с высокими нагрузками на ландшафты сухих степей и полупустынь.

**Обобщенная оценка степени деградации почвенного покрова агроландшафтов края.** Поскольку основная базовая информация привязана к административным единицам территории отдельных хозяйств, районов, края, объективную оценку деградационным процессам можно дать только на уровне крупных природных единиц – ландшафтов, используя данные почвенных обследований хозяйств, лежащих в их границах.

*Агрохимическая деградация почв пашни.* Прослежено изменение средневзвешенных значений почвенного плодородия агроландшафтов Ставропольского края за период с 1986 и 1988 годов до 2003 года по содержанию в пашне гумуса, подвижного фосфора и обменного калия. При определении средневзвешенных показателей за 100% принималась фактически обследованная площадь в ядровых группах хозяйств агроландшафтов. Анализ показал, что изменения показателей плодородия по агроландшафтам края неравномерны. В большинстве агроландшафтов, особенно в западной части края, отмечается понижение содержания гумуса и обменного калия, хотя эти изменения и не выходят за рамки групп обеспеченности.

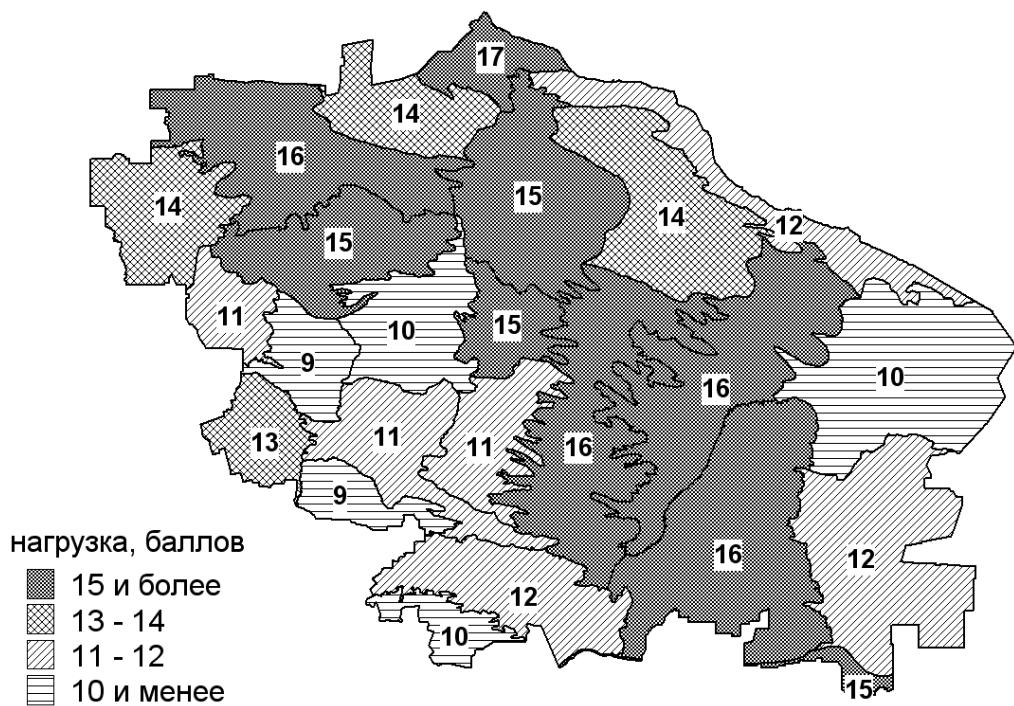


Рис. 4. Сельскохозяйственная нагрузка на агроландшафты Ставропольского края.

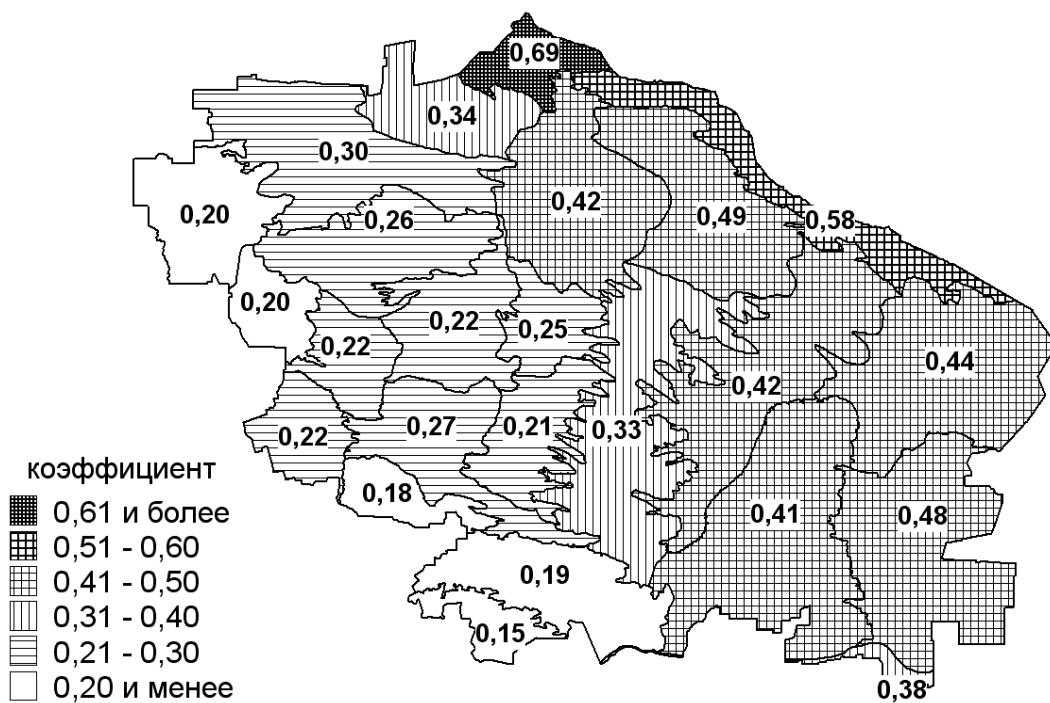


Рис. 5. Суммарный коэффициент сельскохозяйственных нагрузок на агроландшафты Ставропольского края.

Происходит снижение почвенного плодородия, не поддерживаемого внесением органических и калийных удобрений. По фосфору такие тен-

денции менее тревожные, так как еще не истощены запасы подвижного фосфора, накопленные в предреформенный период, когда в почву вносились ежегодно достаточное количество фосфорных удобрений.

*Загрязнение почв химическими элементами.* При анализе загрязненности почв ландшафтов края использованы результаты мелкомасштабной экогеохимической съемки края, выполненной в 1994 году Геоэкологической партией Центральной геологосъемочной экспедиции Регионального геологического центра «Севкавгеология» (Карта загрязненности..., 1994; Пояснительная записка..., 1994). С использованием ГИС-технологий рассчитаны средневзвешенные значения суммарного показателя загрязненности ( $Z_c$ ) ландшафтов края (рис. 6).

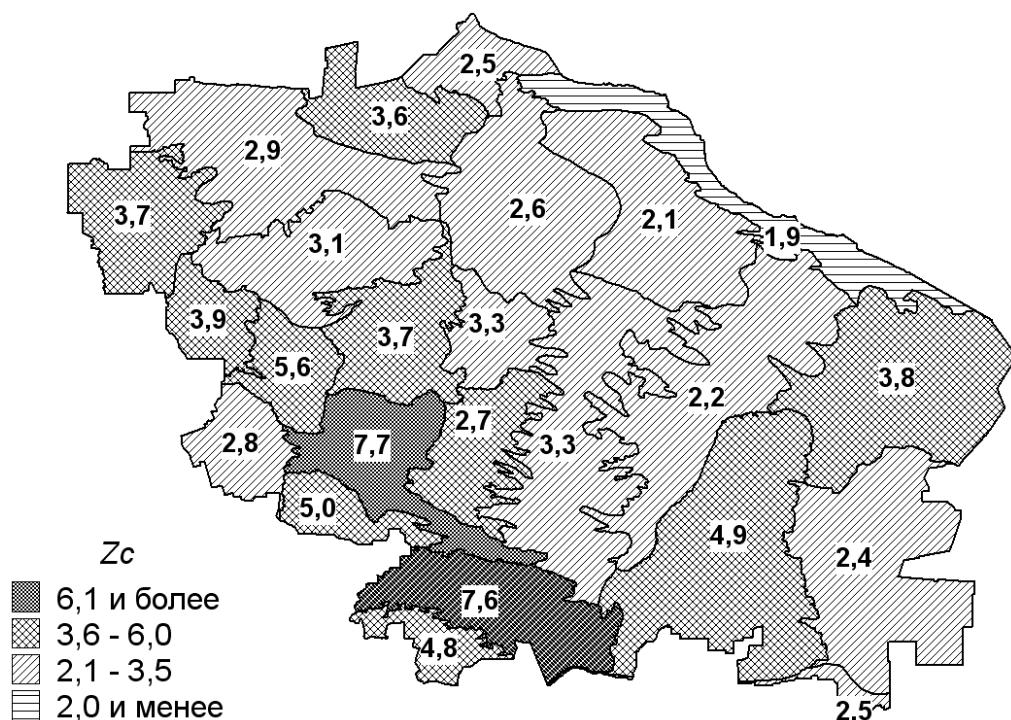


Рис. 6. Средневзвешенное значение суммарного показателя загрязненности почв ландшафтов Ставропольского края.

Почвы большей части ландшафтов северо-востока, востока, севера и запада края имеют категорию загрязненности, определяемую как «неблагоприятная». Это обусловлено редко встречающимися концентрированными и активно действующими источниками загрязнения (крупные населенные пункты, развитая дорожная сеть) и редким распространением природных загрязнителей почв в виде геологических образований, содержащих тяжелые металлы. Ландшафты с загрязненностью почв категории «допустимая» занимают две полосы. Повышенное значение показателя  $Z_c$  связано с геологическим строением территории и более часто встречающимися источниками загрязнения.

*Интегральная оценка деградационных процессов в ландшафтах Ставропольского края.* При оценке деградационных процессов качественные характеристики их проявления (слабо, средне, сильно) были заменены количественными, с использованием поправочных коэффициентов (коэффициентов понижения), применяемых при бонитировке почв. Во-первых, эти коэффициенты имеют один критерий оценки – степень снижения продуктивности зональных почв; во-вторых, они получены в результате обобщения многочисленных зависимостей между урожайностью и агрономически важными свойствами почв; в-третьих, большинство из них учитывают региональные особенности свойств почв и рекомендованы к использованию в крае специальными постановлениями. Для расчетов применялись поправочные коэффициенты: на ветровую и водную эрозию почв (Серый, 1984; Шишов и др., 1991); на каменистость, засоленность почв, солонцеватость и солончаковатость и гидроморфизм (Нормативно-правовые акты ..., 1992), часть их уточнена по материалам лаборатории солонцов СНИИСХ (Годовой отчет ..., 1985). Поправочные коэффициенты на виды деградаций представляют собой долю продуктивности, которую имеют почвы, подверженные деградационным процессам, от продуктивности зональных почв, принятой за единицу. Разница между единицей и поправочным (понижающим) коэффициентом является мерой интенсивности поражения почв разными видами деградаций, названной индексом интенсивности поражения (ИИП). Произведение ИИП на относительную площадь поражения (%) составляет меру опасности (меру развития) данного вида деградации, выраженную в баллах. Обобщенный показатель деградированности почв определялся суммированием баллов оцениваемых видов деградаций (рис. 7).

Вся территория края распределяется на 4 группы ландшафтов. Разница между крайними значениями балльной оценки достигает по сельскохозяйственным угодьям ландшафтов 70 единиц, пашни – 60 единиц. Особую тревогу вызывает состояние сельхозугодий в ландшафтах *A, ПС, ЕС, НК, ВК, ГК, Ве, КЯ*, пашни – в *ЕС, ГК, ВК, Ве, КЯ*.

**Оценка возможности оптимизации соотношения угодий в ландшафтах края для стабилизации деградационных процессов.** Главная причина экологической нестабильности агроландшафтов Ставропольского края заключается в чрезмерной распашке, достигающей 80-90%. Для расчетов применялись данные по площади агроэкологических групп пашни в разрезе хозяйств. Нестабильность агроландшафта определяется в первую очередь тем, что в пашне используются деградированные земли IV-VI агрогрупп, поэтому на первом этапе был просчитан вариант оптимизации распаханности агроландшафтов за счет вывода из них этих земель. На втором этапе кроме этого рассматривался вывод склоновых и засоленных земель III агрогруппы.

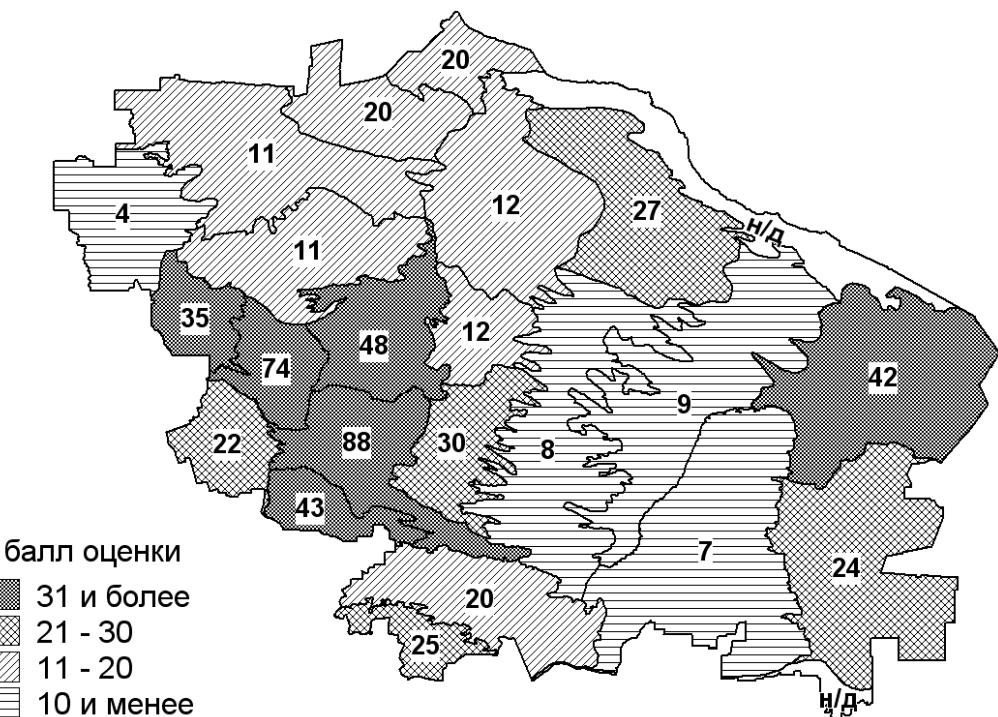


Рис. 7. Суммарный балл оценки деградационных процессов почвенного покрова сельскохозяйственных угодий в ландшафтах края.

Анализ материалов, оцененных по критериям М.И. Лопырева (1995), показал, что в настоящее время только 8 ландшафтов (27,8% территории края) имеют распаханность ниже порогустойчивой, а 12 ландшафтов из 24 (59,1% территории края) можно отнести к разрушенным, поскольку пашни в них более 70%, а в 2-х ландшафтах (*Се* и *ПТ*) – даже 90%. При выведении из пашни деградированных земель (IV-VI агрогрупп) 11 ландшафтов (40,2% территории края) могут иметь распаханность ниже порога устойчивости, а 9 ландшафтов (47,1% территории) остаются с долей пашни от 71 до 90%. При исключении из обрабатываемой пашни земель III агрогруппы уже 13 ландшафтов (56,2% территории) значительно повышают свою устойчивость. В разряд устойчивых и экологически равновесных могут перейти 7 ландшафтов с площадью в 27,2% территории края. Однако распаханность 11 ландшафтов (43,8% территории края), где большие площади занимают плодородные экологически устойчивые земли I и II агрогрупп, остается достаточно высокой – от 65 до 87%. Переводить эти ценные земли из пашни в другие виды угодий экономически нецелесообразно, а потому нужны новые подходы к стабилизации пашни в агроландшафтах с высокой степенью распаханности.

**Определяющая роль типов местностей в экологическом состоянии ландшафтов Ставропольского края.** Для выяснения связи между соотношением агроэкологических групп пашни и распространением деградационных процессов в ландшафтах составлена матрица, с одной стороны которой располагаются местности в порядке снижения их гипсомет-

рического уровня и геологического возраста, а с другой – ландшафты с оценкой сельскохозяйственных угодий по деградационному баллу, а пашни – по коэффициенту экологической уязвимости. На пересечении граф указывается доля типов местностей в структурной иерархии каждого ландшафта. Отдельно рассматривались ландшафты Русской равнины и Большого Кавказа. Как видно из представленных материалов, сложность экологической обстановки в том или ином ландшафте определяется спецификой входящих в его состав типов местностей. Высокие структурно-денудационные плато, эрозионно-денудационные высокие равнины акчагыльской и апшеронской поверхностей выравнивания, а также аллювиально-морские равнины и эоловые дефляционно-аккумулятивные низменности в первую очередь подвержены деструктивным процессам (ландшафты *Ве*, *ПС*, *ГК*, *ЕС*, *КЯ*, *КП*, *НК*). Эта же матрица по типологии местностей четко дифференцирует ландшафты по провинциям лесостепей и степей Ставропольской возвышенности (ландшафты *Ве*, *ПС*, *Т*, *ГК*, *ПБ*, *ЕС*, *КЯ*), провинциям степей (*РС*, *Се*, *Б*, *НК*, *А*, *КТ*, *Лк*, *ПТ*, *ЗМ*) и провинциям полупустынь (*КП*, *НК*, *ЧП*). Ландшафты Большого Кавказа по доминированию типов местностей делятся на группу с преобладанием местностей моноклинальных гряд и останцовых плато (*ВК* и *КМ* ландшафты), определяющих сложность их экологического состояния, и более благополучную группу (*П*, *ПЗ*, *КТ*) ландшафтов речных террас.

**Оценка экологического состояния агроландшафтов через коэффициент экологической стабилизации ландшафтов (КЭСЛ).** Метод оценки основан на определении и сопоставлении площадей, занятых различными элементами агроландшафта с учетом их положительного или отрицательного влияния на окружающую среду (Агроэкология, 2001). Анализ показал, что большая часть агроландшафтов лесостепной, степной, западной части полупустынной провинций и некоторые агроландшафты предгорной провинции степей имеют хорошо выраженную нестабильность. Это связано со значительной долей пашни и низким удельным весом стабилизирующих элементов – лесов, сенокосов, пастбищ и др. (рис. 8).

Смоделировано изменение величины КЭСЛ при выводе из состава пашни (нестабильного элемента) земель IV-VI (деградированных) и III-VI (склоновых и деградированных) агроэкологических групп с условием перевода их в состав пастбищ, сенокосов, многолетних насаждений и др. (стабильных элементов) согласно «Схеме использования земельных ресурсов на агроландшафтной основе до 2005 года» (1997).

Полученные результаты показали, что вывод из состава пашни деградированных земель позволит существенно поднять уровень КЭСЛ в лесостепных и предгорных ландшафтах.

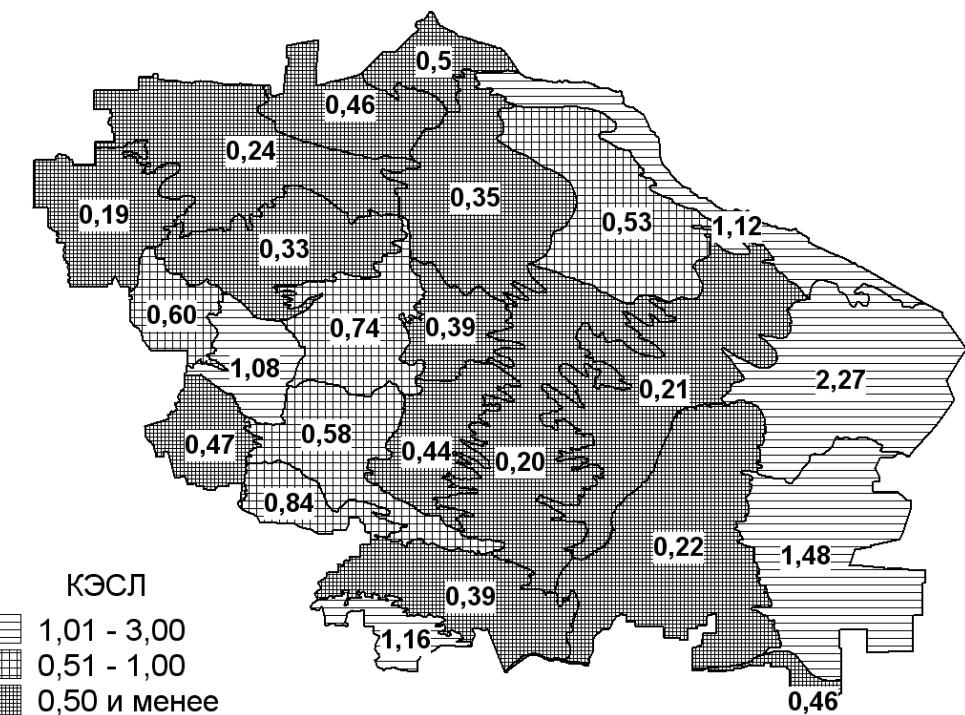


Рис. 8. Средневзвешенное значение КЭСЛ в агроландшафтах края.

Вывод из состава пашни склоновых земель III агрогруппы обеспечит перевод в «стабильное» состояние ландшафт *Ve*, обладающего наибольшим пейзажным разнообразием среди ландшафтов края. В «условно стабильное» состояние перейдет большая часть ландшафтов лесостепной провинции и предгорий. Однако практически не изменится ситуация в степной зоне из-за значительной доли пашни I и II агрогрупп.

**Использование ГИС-технологий при анализе и оценке агроландшафтов Изобильненского района и разработке районных систем земледелия на адаптивно-ландшафтных принципах.**

**Методология построения адаптивно-ландшафтных систем земледелия на уровне административного района.** Разработанная в СНИИСХ методология перехода на адаптивно-ландшафтное земледелие в крае свидетельствует о возможности и необходимости его использования на всех таксономических уровнях, с разной степенью приближения. Для районов адаптивно-ландшафтная система земледелия должна учитывать особенности ландшафтов, ландшафтных зон и типов местностей. Звеном, определяющим характер системы земледелия на районном уровне, является специализация групп хозяйств, лежащих в одной агроландшафтной зоне или ландшафте. Специализация определяется соотношением сельхозугодий, агроэкологических групп пашни в том или ином ландшафте, агроландшафтной зоне (Разработать методологические основы..., 2002). Первым условием эффективности разрабатываемых адаптивно-ландшафтных систем земледелия для любого района является правильная агроэкологиче-

ская дифференциация территории. Наиболее системным показателем дифференциации территории на уровне района является ландшафт с его морфологической структурой.

**Ландшафтное и агроландшафтное зонирование территории Изобильненского района.** Разнообразие и сложность природных условий обусловливают наличие на территории района трех степных ландшафтов и одного ландшафта байрачных лесостепей (Шальnev, 1995). Ландшафты состоят из набора иерархически подчиненных единиц - местностей. Анализ особенностей местностей позволяет объединить их в шесть типов. С точки зрения рационального использования в земледелии ландшафтных особенностей территории района по степени благоприятности для ведения земледелия (соотношение сельскохозяйственных угодий, агроэкологических групп пашни) выделяются агроландшафтные зоны. В районе три агроландшафтные зоны с различным потенциалом природных условий и набором типов местностей. Отнесение хозяйства к зоне осуществлялось по преобладающей площади зоны на его территории (рис. 9).

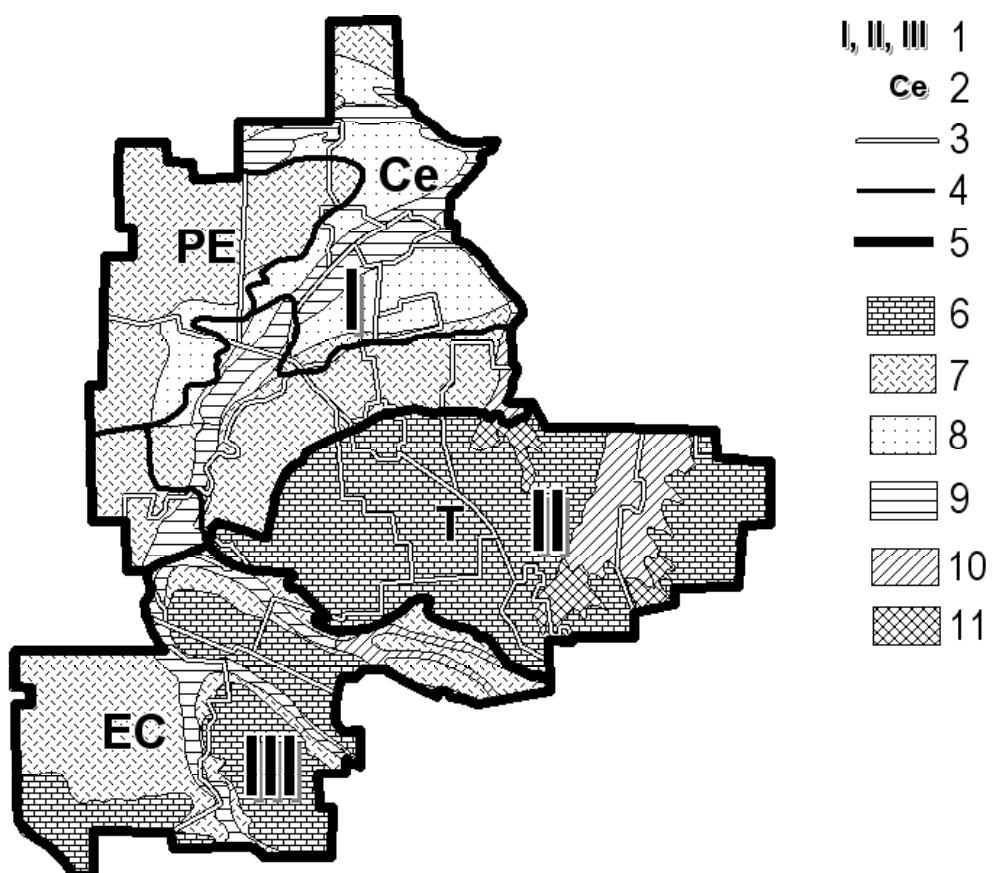


Рис. 9. Ландшафтное и агроландшафтное зонирование территории района. 1 – агроландшафтные зоны; 2 – ландшафты; 3 – границы хозяйств; 4 – границы ландшафтов; 5 – границы агроландшафтных зон. Типы местностей: 6 – структурно-денудационные плато; 7 – эрозионно-денудационные и аккумулятивные равнины; 8 – эрозионно-аккумулятивные вторичные равнины; 9 – пойменные аллювиальные современные равнины; 10 – речные долины; 11 – верховья речных долин.

**Анализ и оценка земельных ресурсов агроландшафтных зон района.** С помощью ГИС-технологий проведена оценка почвенного покрова агроландшафтных зон по содержанию гумуса, мощности гумусового горизонта, распространению деградационных процессов, содержанию подвижного фосфора, обменного калия, pH и по баллу бонитета.

Качество пашни по выделенным агроландшафтным зонам района может быть охарактеризовано принадлежностью ее к той или иной агроэкологической группе. Для этого был рассчитан средневзвешенный индекс агроэкологических групп пашни. Выяснено, что наиболее неблагополучной по большинству параметров является III агроландшафтная зона, поэтому здесь необходим наиболее взвешенный подход при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

**Оценка экологической опасности использования земель.** Для оценки экологической опасности использования земель Изобильтенского района была выбрана методика, разработанная в Белорусской сельскохозяйственной академии (Свитин, 1991). Данная методика предусматривает анализ экологической ситуации с использованием системы показателей, включающей группы данных о природной и антропогенной составляющих экологической опасности. Природную составляющую характеризуют: освоенность (отношение площади сельхозугодий к общей площади земель хозяйства), распаханность (отношение площади пашни к площади сельхозугодий), удельный вес земель с уклоном более 2°, густота гидро-графической сети и удельный вес угодий средостабилизирующего назначения. Антропогенная составляющая включает: плотность населения и особенности расселения людей, степень нагрузки скота, особенности размещения экологически опасных объектов, величину загрязнения почв агрозонами химическими элементами ( $Z_c$ ). Для количественной оценки этих факторов использован метод лимитированной группировки и индексации выделенных групп. Для оценки суммарного влияния показателей использовано среднегеометрическое значение их признаков с обобщающим коэффициентом 100:

$$\mathcal{E}_o = 100 \left( K_1 \times K_2 \dots K_n \right)^{\frac{1}{n}}, \text{ где } \mathcal{E}_o - \text{коэффициент суммарной экологической опасности использования земель; } K_n - \text{значение экспертной оценки фактора из их общего числа } n \text{ в долях единицы.}$$

Сопоставление значений природных ( $\mathcal{E}_n$ ) и антропогенных ( $\mathcal{E}_a$ ) факторов для каждой агроландшафтной зоны позволило сделать выводы о степени опасности для окружающей среды сложившихся способов хозяйствования. Ключевым в этом плане является уравнение для определения индекса загрязнения ( $I_3$ ):  $I_3 = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_a$ , из которого вытекает, что в агроландшафтных зонах со значением индекса  $I_3$  менее 5 целесообразно в первую очередь осуществлять мероприятия по охране природы.

Исходя из проведенных вычислений индекса загрязнения, согласно методике В.А. Свитина, можно сделать вывод о том, что все агроландшафтные зоны имеют «критический» уровень антропогенной нагрузки, так как лежат в диапазоне от -10 до 5 единиц. Однако II-я агроландшафтная зона наиболее близка к порогу в 5 единиц – точке отсчета «опасности» использования земель и при снижении нагрузки может перейти в более благополучную группу со «значительным» уровнем  $I_3$ .

## ВЫВОДЫ

В процессе исследования была реализована целевая установка и решены поставленные задачи.

1. Основой анализа пространственной информации по агроландшафтам при использовании ГИС-технологий являются электронные ландшафтные карты. Созданы карты масштаба 1:500000 для территории Ставропольского края и масштаба 1:100000 для территории Изобильненского района края. Разработана структура и собран электронный банк данных земельно-информационной системы, состоящий из баз данных: по землепользователям края; по агроклиматическим ресурсам края; по агроландшафтам края; по агроландшафтным зонам административного района края.

2. Оценка почвенно-климатического потенциала агроландшафтов на основе картографических моделей показала, что баллы бонитета почв по ландшафтам края распределяются зонально-провинциально, увеличиваясь в западном направлении; крайние значения средневзвешенных баллов бонитета в агроландшафтах различаются в три раза. Разница в плодородии почв пашни и пастбищ в основном лежит в диапазоне 25-50%, что свидетельствует об исчерпании резервов расширения пашни за счет других угодий, а при существующем дисбалансе угодий (особенно в ландшафтах с распаханностью более 70%) целесообразно сокращение пашни за счет вывода малопродуктивных земель. Агроклиматические ресурсы ландшафтов края как в целом для земледелия, так и для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур пригодны для ведения земледелия, особенно в западных ландшафтах. Потенциал возделывания озимых культур значительно выше, чем яровых зерновых. Кроме того, установлено, что при возделывании озимых зерновых их низкий почвенно-климатический ресурс может быть оптимизирован с помощью чистых паров. Необходимо очень взвешенно подходить к размещению подсолнечника и кукурузы в ландшафтах края, поскольку хорошим потенциалом их возделывания обладают только 30% территории на западе края, а в восточных и северо-восточных ландшафтах выращиванием этих культур заниматься нецелесообразно.

3. Оценка степени сельскохозяйственных нагрузок с использованием ГИС-технологий показала, что наименьшую суммарную нагрузку имеют ландшафты с высокой расчлененностью рельефа, а кризисную – большинство степных ландшафтов, в связи с высокой степенью агрогенной на-

грузки и нагрузки скота. Пересчет сельскохозяйственных нагрузок с учетом баллов бонитета почвенного плодородия выявил зональный характер распределения суммарного коэффициента нагрузок с увеличением более чем в три раза от предгорных ландшафтов к полупустынным, что связано с уменьшением балла почвенного плодородия в восточном направлении и с высокой сельскохозяйственной нагрузкой на ландшафты сухих степей и полупустынь.

4. В результате анализа определена степень проявления и развития в агроландшафтах агрохимической деградации пашни. В большинстве агроландшафтов, особенно в западной части края, отмечается снижение содержания гумуса и обменного калия, хотя эти изменения и не выходят за рамки групп обеспеченности. По подвижному фосфору такие тенденции менее тревожны.

Анализ химического загрязнения почвенного покрова показал, что 75% ландшафтов северо-восточной, восточной, северной и западной частей края имеют категорию загрязненности почв, определяемую как «неопасная», ландшафты с категорией «допустимая» занимают две полосы, простирающиеся с северо-запада на юг и по долине реки Кумы. Наиболее загрязнены ландшафты КЯ и ПЗ.

Интегральная оценка деградационных процессов в пашне и сельскохозяйственных угодьях выявила особенно тревожное состояние сельскохозяйственных угодий в ландшафтах А, ПС, ЕС, НК, ВК, ГК, Ве, КЯ, пашни в ЕС, ГК, ВК, Ве, КЯ. Степень проявления и развития деградационных процессов связана с морфологической структурой ландшафтов. Высокие структурно-денудационные плато, эрозионно-денудационные высокие равнины акчагыльской и апшеронской поверхностей выравнивания, аллювиально-морские равнины и эоловые дефляционно-аккумулятивные низменности в первую очередь подвержены деструктивным процессам (ландшафты Ве, ПС, ГК, ЕС, КЯ, КП, НК).

5. С использованием ГИС-технологий проведена типизация ландшафтных морфологических единиц на уровне местностей с выделением трех агроландшафтных зон для территории Изобильненского района Ставропольского края. Оценка экологической опасности использования земель района выявила «критический» уровень антропогенной нагрузки в агроландшафтных зонах. Наиболее близка к порогу в 5 единиц – точке отсчета «опасности» использования земель II-я агроландшафтная зона, и при снижении нагрузки она может перейти в более благополучную группу со «значительным» уровнем антропогенной нагрузки.

### **Основные положения диссертации изложены в следующих публикациях**

1. Каторгин И.Ю. Распаханность территории Ставропольского края (ландшафтный аспект) // Природные ресурсы и экологическое образование на Се-

- верном Кавказе: Материалы 2-й Межрегиональной научно-практической конференции (21-22 ноября 2002 г.). - Ставрополь, 2002. С. 20-21.
2. Каторгин И.Ю. Использование ГИС-технологий при оценке биоклиматического потенциала ландшафтов Ставропольского края // ЭКО экология, культура, образование. - Ставрополь, 2002. Вып. 9. С. 22-24.
  3. Каторгин И.Ю. Структура банка данных ГИС «Агроландшафты Ставропольского края» // Вопросы физической географии: Материалы 47-й научно-методической конференции «Университетская наука – региону». - Ставрополь, 2003. С. 119-124.
  4. Каторгин И.Ю. Расчет биоклиматических потенциалов ландшафтов Ставропольского края с использованием ГИС MapInfo и программы построения интерполированных поверхностей 3D Field // Вторая всероссийская научная телеконференция «Современная биогеография». Секция. История, методология и теория биогеографии (22.09.03 – 02.10.04). 5 стр.
  5. Каторгин И.Ю. Сельскохозяйственная нагрузка на агроландшафты Ставропольского края // Научные основы земледелия и влагосберегающих технологий для засушливых регионов Юга России: Материалы Международной научно-практической конференции Часть I. Проблемы земледелия. - Ставрополь, 2003. С 61-65.
  6. Атлас земель Ставропольского края. - М.: Изд-во ООО «ДИ ЭМ БИ», 2000. – 114 с. (Электронные варианты карт: ландшафтной, тектонической, экологического каркаса, природного и природно-культурного наследия).