

На правах рукописи

КАНАЕВА ЕВГЕНИЯ ДМИТРИЕВНА

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КРИОЛИТОЗОНЫ
НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ЕРАВНИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ)**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Улан-Удэ 2011

Работа выполнена в Институте землеустройства, кадастров и мелиорации ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р.Филиппова»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Куликов Анатолий Иннокентьевич

Официальные оппоненты: доктор географических наук, доцент
Гомбоев Баир Октябрьевич

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Данилин Игорь Михайлович

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия»

Защита состоится 29 декабря 2011 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.022.06 при ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет» по адресу 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, факс (3012)21-05-88; e-mail: univer@bsu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет».

Автореферат разослан 26 ноября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат географических наук, доцент



М.А. Григорьева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современная концепция оценки особенностей формирования земельных ресурсов предполагает использование современных инструментов, которые позволяют на топографической основе вычленить закономерности их функционирования во времени и пространстве (Васенев и др., 2010; Мешалкина и др., 2010). В этом отношении земельные ресурсы Республики Бурятия являются удобным полигоном для проведения оценки географических, геоэкологических и других характеристик территорий с использованием геоинформационных технологий. При наличии достаточно разработанной теоретико-методологической основы исследования природных ресурсов Байкальского региона (Тулоханов, 1996; Шагжиев, 2009; Иметхенов, 1997; Гомбоев, 2006; Тайсаев, 2003 и др.) геоинформационные технологии для оценки природных ресурсов реализованы еще в недостаточной мере. В этом отношении район распространения многолетней и сезонной мерзлоты (криолитозона) является одним из удобных объектов приложения геоинформационных технологий для информационного обеспечения землепользования и геоэкологического анализа земельных ресурсов в качестве основы в формировании регионально комплексной автоматизированной системы геоэкологической оценки состояния земель.

Актуальность проблемы предполагает активное применение современного инструментария (ГИС, дистанционное зондирование, геостатистический анализ) с картографическим моделированием и информационно-энтропийной оценкой. На примере Еравнинской котловины реализован современный геоинформационный ресурс в геоэкологической оценке земельных ресурсов криолитозоны.

Цель работы. Провести геоэкологическую оценку земельных ресурсов криолитозоны Еравнинской котловины на основе геоинформационных технологий.

Задачи исследования:

1. Создать цифровую основу ГИС земельных ресурсов Еравнинской котловины.
2. Показать качественные закономерности пространственного распределения геоэкологических условий земной поверхности криолитозоны.
3. Разработать цифровые карты количественных параметров пластики рельефа с оценкой земельно-ресурсного потенциала автоматически вычисленных площадей.
4. Установить разнообразие земельных ресурсов в системе почва-рельеф с помощью информационно-статистического анализа.

5. Дать геоэкологическую оценку и среднесрочный прогноз динамики изменения структуры земель сельскохозяйственной территории.

Объект исследования – земельные ресурсы криолитозоны Еравнинской котловины.

Предмет исследования – особенности строения земной поверхности и пространственного распределения земельных ресурсов Еравнинской котловины, их геоэкологические характеристики в условиях криолитозоны.

Теоретико-методологической основой исследований послужили работы известных ученых: Н.А. Солнцева, А.Г. Исаченко, В.Б. Сочавы, А.А. Калесника, В.М. Котлякова, Ю.П. Селиверстова, И.Н. Степанова, П.Ф. Лойко, В.А. Владимирова, В.И. Измалкова, А.К. Тулоханова, К.Ш. Шагжиева, А.Б. Иметхенова, Т.Т. Тайсаева, Б.О. Гомбоева и др.

Научная новизна. Создана ГИС земельных ресурсов Еравнинской котловины, позволяющая выявить земельно-ресурсный потенциал территории по отдельным геокомпонентам. Выделено восемь систем аттракцибифуркации, которые позволяют повысить степень визуализации картографического изображения местности и решать задачи рационального размещения хозяйственных объектов. Представленная картографическая база данных позволяет оперировать большим объемом количественной и качественной информации, проводить анализ и осуществлять прогноз площади земельных ресурсов, выявить пространственно-временные закономерности развития элементов рельефа.

Практическая значимость. Проведенная геоэкологическая оценка земельного потенциала, прогноз динамики структуры земель сельскохозяйственного назначения могут быть использованы при планировании земельной политики муниципальными органами Республики Бурятия. Карта пластики рельефа позволяет оценить территорию с позиций разноса и аккумуляции загрязнителей в воздушной, водной и почвенной среде. По линии аттракторов можно трассировать магистральные оросительные каналы и сети дренажа, а также размещать хвостохранилища с рациональным размещением вахтовых поселков по зонам бифуркаторов.

Методика дешифрирования и обработки материалов дистанционного зондирования, построения карт пластики рельефа широко используются в учебном процессе Института землеустройства, кадастров и мелиорации Бурятской ГСХА им. В.Р.Филиппова.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены на международной конференции «Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами» (Улан-Удэ, 2004), на всероссийской конференции «Мерзлотные почвы: разнообразие, экология и охрана» (Якутск, 2004), на международ-

ной научно-практической конференции «Проблемы формирования земельных отношений и их экономическое регулирование. (Улан-Удэ, 2006) и ежегодных научных конференциях БГСХА им. Филиппова. По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе три в изданиях рекомендованных ВАК.

Структура и содержание работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемой литературы и приложений, и изложена на 150 страницах машинописного текста, содержит 43 иллюстрации, в т.ч. 10 авторских карт, 13 таблиц. Список использованной литературы включает 135 наименований.

В первой главе «Методические основы исследования пространственной дифференциации природно-антропогенной среды» представлен понятийно-терминологический аппарат, используемый в работе. Проанализированы определения земельных ресурсов, земельно-ресурсного потенциала и других понятий, принятых в проведенном исследовании. При этом, особо рассмотрена проблема территориальности, из свойств которой в настоящее время все большее значение приобретают такие ее признаки как расстояние, удаленность и трудная доступность. Приведены задачи картографирования земельных ресурсов, роль дистанционного зондирования (ДЗ) и геоинформационных систем (ГИС), а также кратко показан алгоритм технологии пластики рельефа и создания ГИС.

Во второй главе «Геоинформационные модели строения и экологических свойств земной поверхности Еравнинской котловины» осуществлено определение и описание географических границ территории исследования Еравнинской котловины, картографическое моделирование и анализу строения земной поверхности. Применение технологии пластики рельефа позволило, в соответствии с бинарным подходом, выделить геоэкологические системы бифуркаторов с репеллерами и сателлитными аттракторами.

В третьей главе «Геоэкологическая оценка земельного потенциала Еравнинской котловины» представлены результаты количественного анализа основных компонентов земельных ресурсов: почвенного покрова, а также многолетней мерзлоты, подвергающейся деградации в связи с глобальным потеплением, а также системы озер котловины. Такой ключевой компонент земельных ресурсов, как почвы оценен с позиций информационно-статистического анализа.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРЕДМЕТ ЗАЩИТЫ

1. Разработанная ГИС является надежным программно-техническим комплексом, позволяющим выполнить точную и оперативную геоэкологическую оценку земельных ресурсов Еравнинской котловины.

Геоинформационные технологии являются современным инструментом выявления направлений оптимизации землепользования и реабилитации деградированных территорий, картографической регистрации и прогноза изменений земельных ресурсов. При этом система землепользования любой территории должна соответствовать ресурсному потенциалу земель, при котором обеспечивается устойчивость ландшафтов без дополнительных вложений, а вероятность возникновения нежелательных экологических последствий стремится к нулю (Савин, Федорова, 2000). В качестве основы анализа ресурсного потенциала территории выступает географическая информационная система района исследований, содержащая строго структурированные сведения о фактическом состоянии земель на основе инвентаризации сельскохозяйственных угодий по качественной среднемасштабной почвенной карте на уровне района (Зборишук, 1994).

При использовании земельных ресурсов Еравнинской котловины возникает задача интеграции значительных объемов географических данных из различных областей человеческой деятельности. Интеграция означает, что, помимо больших массивов данных имеются концепция и методология, оптимально объединяющие разнообразие этих данных, технологии их обработки и аналитические их алгоритмы. Такую интеграцию обеспечивает современная геоинформационная технология, которая поддерживает высокую точность, оперативность и надежность исследований, снижает уровень субъективизма, позволяет оперировать значительными объемами пространственной информации. С этой целью разработаны методологические основы геоинформационного картографирования земельных ресурсов (Бешенцев, 2008), где в качестве базовой технологической единицы принята геоинформационная система картографирования, состоящая из трех открытых подсистем (рис 1).



Рис.1. Геоинформационная система картографирования

Базовую платформу информационной подсистемы составляет

цифровая топографическая основа ГИС, как результат векторизации листов топографической карты масштаба 1:25 000, созданной Федеральным агентством геодезии и картографии России. Для уточнения отдельных участков территории исследования использовались топографические карты масштабов 1:200 000 Федерального агентства геодезии и картографии России. Кодирование тематических слоёв и объектов выполнено на основе классификатора Роскартографии для цифровых топографических карт.

Векторизация топографической карты была выполнена с использованием пакета Easy Trace по схеме «один оператор – один слой» с шагом векторизации 100 - 500 м. Векторное покрытие содержит следующие объектные слои: математическая основа, граница котловины; рельеф с горизонталями; высоты местности; уклоны местности; солярная экспозиция склонов; населенные пункты; гидрография; дороги; ЛЭП и другие линейные сооружения; болота; почвенная типология на разных таксономических уровнях; пластика рельефа. Помимо топографической основы в информационную подсистему входят цифровые тематические слои, космо- и аэроснимки, разновременные статистические данные, а также единая система классификации и кодирования пространственной информации, которая представляет собой унифицированную легенду объектов природопользования и определяет однозначную идентификацию каждого моделируемого объекта и его атрибута.

Для формирования базы данных ГИС используется реляционная модель представления геоданных пакетов MapInfo и ArcView.

Определение границ Еравнинской котловины проведено по бассейновому принципу (Корытный, 2001), что показало, что наибольшая длина Еравнинской котловины в северо-восточном направлении составляет 80 км, а наибольшая ширина вкрест основной длинной оси 63,5 км. Площадь котловины - 3781,78 км². Перепад высот составляет от 947 до 1520 м. Наивысшая точка 1520 м н.у.м. фиксируется в северо-западном горном обрамлении, а самая низкая отметка 947 м н.у.м. находится в районе Харгинских озер, глубина которых не превышает 5 м. В целом для Еравнинской котловины энергия рельефа, определенная как работа по перемещению единицы массы вещества на заданную высоту, составляет 5621 Дж/кг.

Таким образом, результаты геоинформационного картографирования земельных ресурсов представляют собой автоматизированную информационную систему, проблемно ориентированную на обработку пространственно-временных данных, основой интеграции которых служат географические данные. Технологию процессов обработки геоданных составляет моделирование объектов природопользования в геоинформационном поле.

2. Разработанные геоинформационные модели территории криолитозоны отражают особенности пространственного распределения энергии и бинарных структур пластики рельефа.

В качестве основы анализа ресурсного потенциала территории выступает географическая информационная система района исследований, содержащая строго структурированные сведения о фактическом состоянии земель. При этом земля рассматривается как особое геоэкологическое образование, состоящее из таких геокомпонентов как почвы, воды, рельеф, мерзлота, климат, горные породы.

С помощью ГИС ArcView были получены площадные характеристики распределения территории котловины по высотам с шагом 25м (рис. 2).

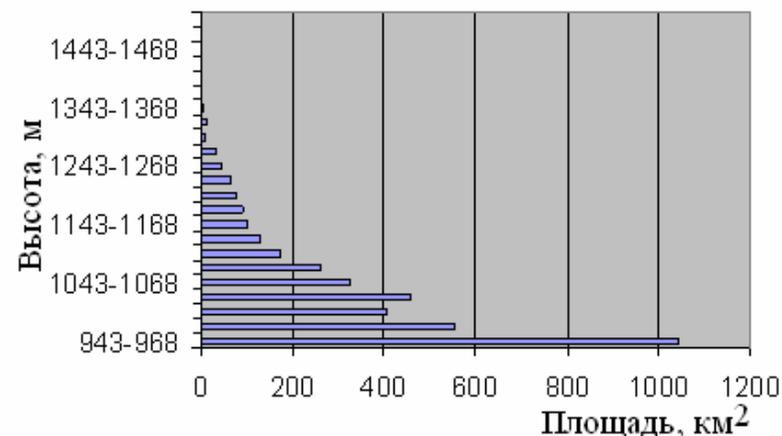


Рис. 2. Распределение площадей Еравнинской котловины по высотам

Наиболее распространенными являются низковисотные поверхности, совпадающие с озерными и межозерными пространствами. По мере роста значений высоты местности площадь становится меньше. Скачок площади в высотном диапазоне 1018-1043 м. возможно маркирует одну из древних поверхностей планации, которых, по А.С. Ендрихинскому (1976), на Витимском плоскогорье несколько. Величина площади земель (y) в зависимости от высотных отметок (x) изменяется по экспоненциальному закону $y = \exp(18,420 - 0,012 \cdot x)$, $r = 0,996$.

Наклон топографической поверхности является важнейшим компонентом ландшафтообразования. Достаточно очевидно, что этот фактор определяет условия увлажнения, почвообразования и формирования растительного покрова. Эти данные в электронно-графическом виде представляет карта углов наклона топографической поверхности (рис. 3).

Шкала крутизны склонов составлена из 8 градаций: 0-1°, 1-2°, 2-3°, 3-5°, 5-7°, 7-10°, 10-15°, >15°. Пространственный анализ распространения склонов различной крутизны подтверждает его соответствие геолого-литологическому и морфо-структурному строению территории.

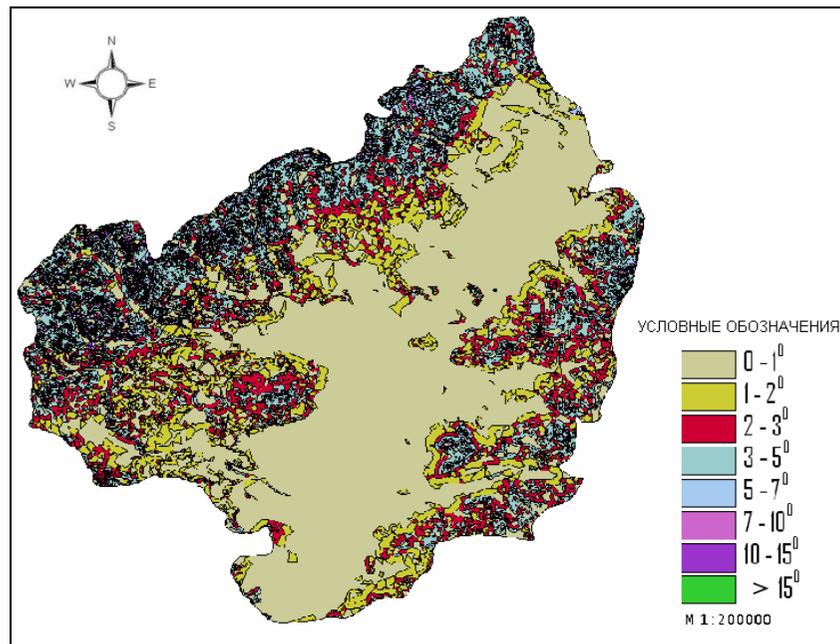


Рис. 3. Карта уклонов Еравнинской котловины

На северо-западной и юго-восточной окраинах котловины, наблюдается довольно равномерное увеличение крутизны. На остальной территории наблюдается явное увеличение площадей пологих склонов. Как видно из рис. 4, максимальную площадь занимает днище котловины с минимальным углом наклона 0-1°. Минимальную площадь соответственно занимают уклоны более 15°.

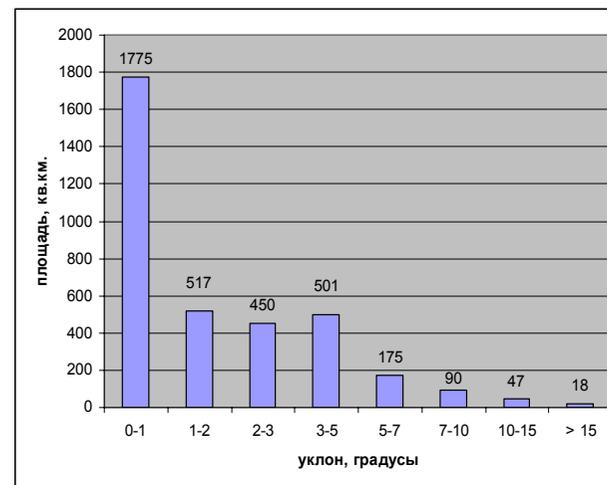


Рис. 4. Диаграмма распределения площадей Еравнинской котловины по уклонам

Площади изменяются в функции от крутизны по экспоненте: $y = \exp(7.053 - 0.277x)$ при высоком коэффициенте корреляции $r = 0.975$.

С крутизной склона связана интенсивность водно-эрозионной деятельности. Чем больше крутизна, тем интенсивнее сток воды и эрозионный смыв и размыв почв. Из эрозиоведения известно, что уже при уклоне 0,5-1° проявляются процессы смыва почв (Заславский, 1983; Кузнецов, Глазунов, 2004). В криолитозоне эрозионные потери почв многократно возрастают, что связано с явлениями термоэрозии (Ершов и др., 1982), когда склоновое движение сываемого материала происходит по мерзлоте как поверхности скольжения.

Изучение поверхностной (плоскостной) термоэрозии показало, что в пределах одного элемента склона (верхняя, средняя, нижняя часть) обычно преобладают микроложбины одной формы поперечного сечения (или треугольной, или трапецеидальной), а равновероятный характер распространения маркируется бимодальной кривой статистического распределения. Построенные полигоны распределения послужили для установления модальных значений – наиболее вероятных объемов микроложбин в разных частях склона.

Суммарные потери почвы резко возрастают сверху вниз по склону от 12 м³/га (18 т/га) до 201 м³/га (221 т/га). При этом энергия положения, интерпретируемая как работа, совершаемая водным потоком по перемещению вещества, изменяется от 3,2 до 13 МДж/кг/га. Расчеты по формуле Уишмейера в сопоставлении с натурными данными позволили установить, что время жизни микроложбин исчисляется 3-7 годами.

Освещённость или экспозиция склонов относится к основным физико-географическим факторам, влияющим на геоморфологические, микроклиматические, почвенные и биологические процессы. Особое значение экспозиция приобретает в таких регионах с дефицитом тепловых ресурсов как криолитозона, т.к. с ней связана теплообеспеченность земель. В зависимости от интенсивности и времени поступления прямой солнечной радиации склоны разделены на: холодные, умеренно-холодные, умеренно-тёплые и тёплые. Каждый из них имеет свой диапазон азимутов падения: холодные – в интервале от 315° до 45°, умеренно холодные – в двух интервалах от 45 до 90° и от 270 до 315°.

На основе электронной карты выявлено, что на изученной территории преобладают теплые склоны солярных экспозиций (табл. 1). Благоприятным обстоятельством для аграрного землепользования является то, что небольшую площадь занимают самые холодные в регионе склоны северной экспозиции. По остальным румбам более широко развиты умеренно-холодные восточные склоны.

Таблица 1. Площади склонов разной экспозиции

Типы склонов в зависимости от экспозиции склонов	Площадь, км ²	%
Холодные	680,72	18
Умеренно-холодные	907,63	24
Умеренно-тёплые	756,36	20
Тёплые	1437,09	38
Всего	3781,78	100

Южноэкспонированные склоны в криолитозоне выполняют роль оазисов, отличаясь хорошей теплообеспеченностью и менее жесткими мерзлотными условиями (табл. 2).

Таблица 2. Мерзлотно-термические показатели склоновых земель

Экспозиция склона	Средняя годовая температура почвы, °С	Физическая амплитуда колебания температуры на глубине 0,2 м, °С	Глубина протаивания почвы, см	Мерзлотный период, дни
ровная	-2,5	35	1,9	215
южная	0,5	40	2,8	185
северная	-3,5	27	1,3	265

В основе теплоэнергетики мерзлотных областей лежит доминирование отрицательных температур над положительными (Общее мерзлотоведение, 1978). Так, в Сосново-Озерске сумма среднесуточных температур ниже 0°С по модулю больше суммы температур выше 0°С в 2,5 раза, тогда как в Улан-Удэ (зона сезонной мерзлоты) это соотношение равняется всего 1,3. Для криолитозоны Еравнинской котловины характерны повышенные расходы тепла на протаивание деятельного слоя, которые всегда превышают 50% и нередко достигают 80-85% от величины годового теплооборота (рис. 5). Затраты энергии на прогревание мерзлой почвы до температуры фазовых превращений воды в зоне многолетней мерзлоты всегда больше, а затраты на нагревание талой почвы до летних максимальных температур всегда меньше, чем в зоне с сезонной мерзлотой.

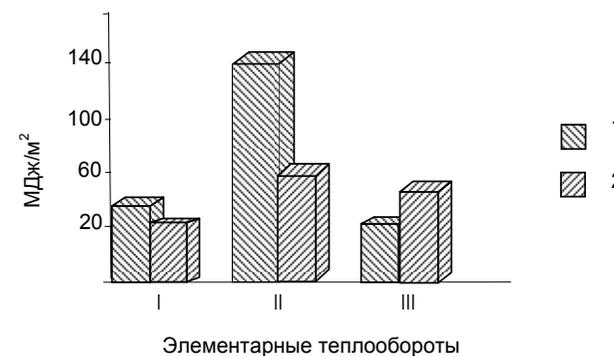


Рис. 5. Теплоэнергетические параметры деятельного слоя в зоне многолетней (1) и сезонной (2) мерзлоты. I – расход тепла на нагревание почв от минимальных зимних температур до 0°С, II – расход тепла на протаивание, III – расход тепла на прогревание почв от 0°С до максимальных летних температур.

Будущее мерзлоты связано с происходящими глобальными климатическими изменениями. Реакция регионального климата на глобальные изменения заключается в первую очередь в повышении среднегодовой температуры. При этом какого-либо заметного увеличения количества атмосферных осадков не происходит. Тем самым, как в Еравнинской котловине, так и в целом в Забайкалье потепление климата идет по ариднему варианту.

В соответствии с двоичной логикой, заложенной в технологии пластики рельефа, в плановой (горизонтальной) структуре территории Еравнинской котловины четко выделяются древовидные положительно-

выпуклые литотела-потоки и окаймляющие их отрицательно-вогнутые участки, маркирующие геоэкологические зоны транзита и аккумуляции вещества и энергии, т.е. транзитно-аттракторные системы. Совокупность понижений и повышений образует особую бифуркационно-аттракторную геосистему.

Территория котловины по пластике рельефа делится на 8 систем аттракции-бифуркации (рис. 6): I – Дархитуйская, II – Яндалинская, III – система Найман-Тором, IV – Турхульская, V – система Озерный ГОК, VI – Исташинская, VII – Алтанская, VIII – Ехэ-Горхонская, IX – особая зона единого аккумулятивного аттрактора – Центральная.

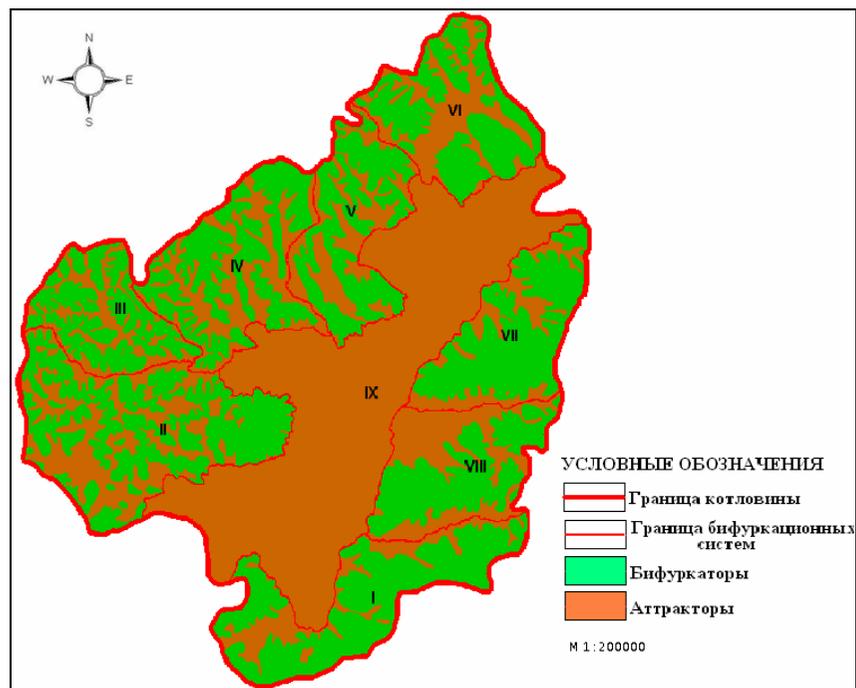


Рис. 6. Системы аттракции-бифуркации

По выявленным показателям проведен количественный анализ пластики рельефа, на основании которого можно отметить ряд ключевых особенностей:

1. Технология пластики рельефа (ТПР) повышает наглядно-обзорные свойства картографического изображения местности, что равнозначно другим методам извлечения информации из топографических карт,

например - в визуализации местности в виде ее топографического профиля, построенного по шкале заложений горизонталей.

2. ТПР основана на двоичной логике: местность выступает в виде соотношения двух структурных элементов В-А – бифуркатор–аттрактор и чем уточненнее рисунок пластики рельефа и больше частота литопотоковых структур, тем больше перепад высот и круче склоны.

3. Благодаря ТПР на картах четко выделяются пространственно сопряженные геохимические зоны: элювиальные и трансэлювиальные, т.е. донорная часть ландшафта и аккумулятивные и трансаккумулятивные или акцепторные участки ландшафта.

4. Спрявленные участки морфоизограф в долинах рек, возможно, указывают на места заложения тектонических швов, равно как и морфоизографы, маркирующие впадающие под прямым углом долины рек низких порядков.

5. По рисунку эрозионного расчленения речных долин наглядно видны берега подмыва, четко по линии аттракции нужно трассировать дренажные каналы, особенно это касается канализации сточных вод населенных пунктов, аварийного дренажа хвостохранилищ, а также четко выделяются водноэрозионно-опасные участки, наглядно прослеживаются трассы миграции загрязняющих веществ.

6. По линиям стока воздушных масс в системе бифуркатор-аттрактор можно оконтурить зоны морозобоя и застоя загрязненных воздушных масс и зоны естественной вентиляции и самоочистки приземной атмосферы.

Для детального изучения земельных ресурсов Еравнинской котловины была оцифрована почвенная карта (рис. 7), а по результатам обработки, которой составлена диаграмма площадей типов почв (рис. 8).

Выявлено, что при организации землепользования в пределах данной зоны необходим учет пригодности почв под конкретные виды использования, но при этом, должен учитываться и факт экологической важности почв для ландшафта в целом.

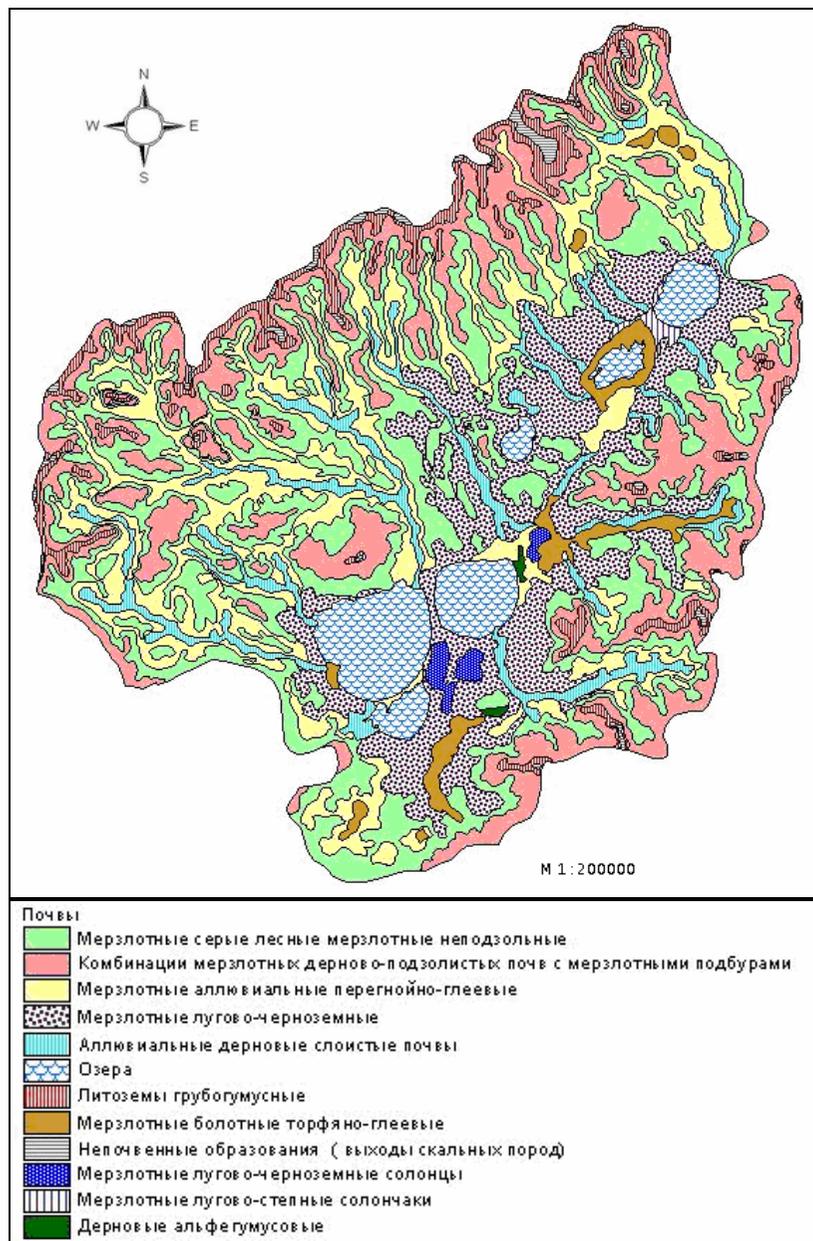


Рис. 7. Почвенная карта Еравнинской котловины

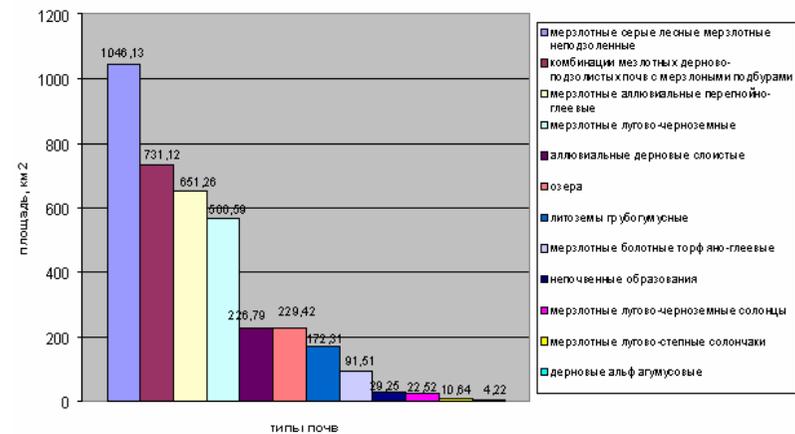


Рис. 8. Диаграмма площадей почв Еравнинской котловины

Гидрографическая система Еравнинской котловины представлена несколькими реками (основные из них р.Индола, р.Тулдун и р.Домная) и их притоками – небольшими ручьями и включает в себя 308 больших, средних и множество мелких озер и озерков общей площадью 31037,2 га и объемом воды около 700 млн. м³. Все реки впадают в систему Еравнинских озер. Из системы Еравнинских озер вытекает только одна река – река Холой.

В Еравнинской котловине выявлено 2 группы озер, в I группу входит 290 озер, площадью 1929,6 га, во второй группе 18 озер, площадью 29107,6 га

Таким образом, разработанные геоинформационные модели криолитозоны являются основой для проведения геоэкологической оценки территории Еравнинской котловины.

3. Разнообразие почв и связей в системе почва-рельеф определяют геоэкологическую дифференциацию земельных ресурсов криолитозоны Еравнинской котловины.

Известный закон необходимого разнообразия (закон Винера-Шеннона-Эшби) в геоэкологии приобретает особое значение. Только при определенном достаточном большом разнообразии, экосистемы становятся устойчивыми, т.к. только тогда начинает действовать контур обратной отрицательной связи, направленный на погашение деструктивных изменений.

Для расчета энтропийной меры структурного разнообразия почв в числе других пользуются известной формулой Шеннона: $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, где p_i - вероятность состояния объекта, энтропию которого необходимо определить.

Для энтропийной оценки использована карта «Почвенный покров Бурятской АССР» М 1:1000000. Взяты два крупных геоморфологических субрегиона – Селенгинское среднегорье и Витимское плоскогорье. Субрегионы занимают примерно одинаковую площадь, совместно составляя около 35% территории Бурятии, однако, они контрастно отличаются по экологическим условиям, характеру почвенного покрова и хозяйственной освоенности.

На территории Селенгинского среднегорья выделено 24 комбинации из 53-х легенды указанной карты, а на Витимском плоскогорье – 13 комбинаций.

Структурное разнообразие почв Селенгинского среднегорья значительно больше, чем почв Витимского плоскогорья. Относительная энтропия, оценивающая структурное разнообразие, равняется 0,53 в Селенгинском среднегорье и 0,41 – на Витимском плоскогорье. В объединенной выборке (N = 327) по двум субрегионам проявляется наибольшее разнообразие и сложность почвенного покрова, поэтому энтропия наибольшая. Отношение суммарной энтропии к максимально возможной, как безразмерная мера структурного разнообразия, равняется 0,54. Что касается показателя $1 - H/H_{max}$, то ясно, что для объединенной выборки он равнялся бы 0,46, т.е. был меньше и характеризовал однородность выборки. Кстати, как показатель именно однородности это математическое выражение интерпретируется Ю.Г. Симоновым (1998) при анализе гранулометрического состава, а А.М. Берлянт (1986) считает его мерой однородности и упорядоченности картографического изображения ареалов.

На всей территории республики Бурятия структурное разнообразие почв еще больше, оно оценивается энтропией $H = 5,7035$ бита, а относительная энтропия $H_{отн} = 0,56$.

Мерзлотные условия вносят большой вклад в геоэкологическое разнообразие, в связи с чем на этой территории складываются особые условия выветривания и почвообразования. Условия высокой неопределенности требуют для их познания новых, особенно количественных подходов, реализованных в рамках информационно-статистического анализа. Основное достоинство этих методов в том, что они позволяют выявить количественные параметры связи между качественными признаками (Арманд, 1975; Куликов, 1991).

В качестве явления (Π_i) выступали следующие наиболее распространенные в Еравнинской котловине типы почв: мерзлотные лугово-черноземные (МЧл), мерзлотные дерново-подзолистые (Дп), мерзлотные перегнойно-глеевые (Пг), мерзлотные серые лесные (Сл). Фактор абсолютной высоты (H) имел 5 состояний, а уклонов (У) – 6 состояний.

В результате наиболее информативным для индикации почв является фактор абсолютной высоты с коэффициентом эффективности передачи

информации 0,207, при коэффициенте эффективности от фактора уклона к почве – 0,177. По значениям апостериорных энтропий мерзлотные перегнойно-глеевые, мерзлотные дерново-подзолистые и мерзлотно-лугово-черноземные почвы индицируются уклоном местности от 0° до 1° , мерзлотные серые лесные почвы – $1-3^\circ$. По значениям абсолютных высот, почвы распределяются следующим образом: мерзлотные лугово-черноземные – 960-980 м, мерзлотные дерново-подзолистые – 980-1000 м, мерзлотные перегнойно-глеевые высотами от 940 до 960 м. Информативность абсолютной высоты местности, показываемая коэффициентом информативности, в целом возрастает по мере увеличения значений.

Сводная геоэкологическая оценка земель Еравнинской котловины (рис. 9), проведена на основе геоинформационной базы пространственного размещения земельных ресурсов криолитозоны по геоэкологическим условиям (высота, уклон и экспозиция, почвы), социально-экономическим параметрам (расстояние до населенных пунктов, наличие объектов инфраструктуры). На основе этой оценки предложены рекомендациями по доминирующему использованию территорий с учетом их характеристик по площади, плодородию земель и хозяйственному назначению. Данная геоинформационная модель является современным инструментом диагностики и мониторинга земельных ресурсов криолитозоны, позволяющая принимать обоснованные решения по использованию этих земель на основе большого объема разнообразной информации.

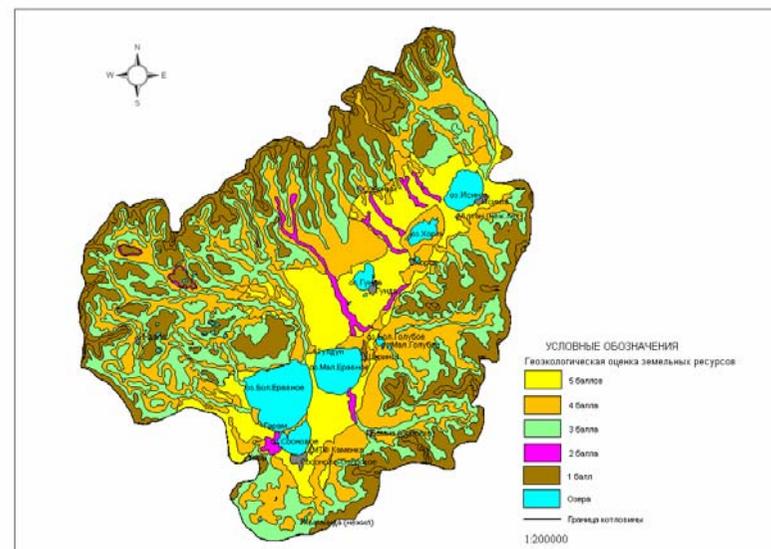


Рис 9. Геоэкологическая оценка земель Еравнинской котловины

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Разработана ГИС, проблемно ориентированная на исследования территорий криолитозоны, и составлен пакет векторных цифровых карт, представляющий собой графическую базу многосторонней информации об особенностях строения земной поверхности и пространственного размещения земельных ресурсов криолитозоны Еравнинской котловины.

2. В геосистемах Еравнинской котловины, как ответная реакция на климатические изменения, происходит увеличение глубины сезонного протаивания и ослабление жесткости и экстремальности мерзлотно-термического режима почв. Земельно-ресурсный потенциал в перспективе будет изменяться в соответствии с потеплением и аридизацией климата, расширением ареала криоксероморфных почв, их проникновением в современные горно-таежные геосистемы, моделью, чего является криоаридизация постпирогенных участков. Выведены экспоненциальные зависимости площади земель от характеристик рельефа и получены количественные показатели ($\text{м}^3/\text{га}$, $\text{т}/\text{га}$, $\text{МДж}/\text{кг}/\text{га}$) термо-эрозионных потерь почвы на наклонных поверхностях и время жизни термоэрозионных микроложбин стока.

3. На основе применения технологии пластики рельефа показано структурирование территории на бинарные системы аттракции-бифуркации, а выделенные восемь систем аттракции-бифуркации позволяют не только повысить степень визуализации картографического изображения местности, но также решать задачи размещения хозяйственных объектов, трассирования каналов, линий стока холодного заморозкоопасного воздуха, водной и воздушной миграции и аккумуляции загрязняющих веществ и др.;

4. Максимальный по площади ареал представлен потенциально высокоплодородными для местных условий мерзлотными серыми лесными неоподзоленными и мерзлотными лугово-черноземными почвами – доминантной парой типов почв в геосистемах плоских равнин днища Еравнинской котловины, а ГИС-вычисленные площади аллювиальных и мерзлотных торфяно-глеевых почв характеризуют земельные ресурсы сенокосов и пастбищ, дают представление о защитном поясе водотоков и многочисленных водоемов.

5. Энтропийный показатель Шеннона позволяет привести в строго количественно оцениваемую форму такое качественное понятие как разнообразие почв. Энтропия и разнообразие почв меньше на Витимском плоскогорье, чем на Селенгинском среднегорье, что объясняется многолетней мерзлотой, присутствие которой нивелирует и ослабляет влияние остальных факторов почвообразования;

6. По результатам проведенных исследований картометрические и информационные методы анализа позволили количественно (в битах)

установить связи и выявить наиболее информативные параметры в системе почва-рельеф.

7. На основании аналитических операций ГИС проведена геоэкологическая оценка земельных ресурсов, установлены пространственно-временные закономерности развития элементов рельефа, водных ресурсов, почвенных и гидротермических ресурсов, при этом в терминах «благоприятно», «неблагоприятно» определены площадные характеристики земель, отвечающих за поддержание экологического и геокриологического равновесия или пригодных для ведения хозяйственной деятельности. Результатом данной оценки является карта «Геоэкологическая оценка земель Еравнинской котловины».

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рекомендованных ВАК изданиях:

1. Канаева Е.Д. К методике составления карт пластики рельефа / Е.Д. Канаева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – Новосибирск, 2007. – № 10. – С. 21-27.

2. Канаева Е.Д. Отображение пластики рельефа на картографических моделях / Е.Д. Канаева // Вестник БГСХА. – Улан-Удэ, 2008. – № 4 (13). – С. 72-77.

3. Канаева Е.Д. Карты пластики рельефа как информационное основание исследования структуры ландшафтов / Е.Д. Канаева // Вестник ВСГТУ. – Улан-Удэ, 2011. – № 3 (34). – С. 188-192.

В других изданиях:

4. Kanayeva E.D. Phenomena of attraction and bifurcation in water collecting basins / A.I. Kulicov, V.O. Apanov, E.D. Kanayeva, I.O. Kuklin, M.A. Kulicov, G.G. Khamnayeva, S.O. Khodoeva // Science for Watershed Conservation: Multidisciplinary Approaches for Natural Resource Management: Abstracts of the International Conference. – Ulan-Ude (Russia) – Ulan-Bator (Mongolia). – Ulan-Ude: Publishing House of the Buryat Scientific Center, SB RAS, 2004. – Vol. 2. – P. 150-151.

5. Канаева Е.Д. О количественной оценке разнообразия почв / А.И. Куликов, Е.Д. Канаева, М.А. Куликов // Мерзлотные почвы: разнообразие, экология и охрана/ Материалы Всероссийской научной конференции. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2004. – С. 54-57.

6. Канаева Е.Д. Кадастровое картографирование с применением географических информационных систем (ГИС) / Е.Д. Канаева // Проблемы формирования земельных отношений и их экономическое регулирование: Материалы международной научно-практической конференции. – Улан-Удэ: Изд-во ФГОУ ВПО БГСХА, 2006. – С. 26-29.

7. Канаева Е.Д. Почвенно-экологическое зонирование криоаридных котловин / Н.Б. Бадмаев, В.С. Баженов, А.И. Куликов, Е.Д. Канаева: Монография. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2007. – 116 с.

Подписано в печать 25.11.2011. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 100. Заказ № 74.

Отпечатано в типографии Изд-ва БНЦ СО РАН
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой 6.