

# КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАЙОНОВ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГИС ТЕХНОЛОГИЙ

*Г.В. Гельдыева\*, М.Ю. Зубакин\*, А.А. Шпарфов\**  
*\*Центр дистанционного зондирования и ГИС «Терра»*  
*Республика Казахстан, г. Алматы, mishazubakin@gis-terra.kz,*

## MAPPING PROVISION OF LANDSCAPE-ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY FOR AREAS OF PRODUCTION, PROCESSING AND TRANSPORTATION OF HYDROCARBON RAW MATERIALS WITH USING REMOTE SENSING DATA AND GIS TECHNOLOGY

*G.V. Geldieva\*, M.Yu. Zubakin\*, A.A. Shparfov\**  
*\*Centre for remote Sensing & Geographical Information Systems*  
*Almaty, mishazubakin@gis-terra.kz*

**Abstract.** The article describes the wide range of applications at all stages of development of hydrocarbon deposits mapping method. On the model region – Karachaganak gas condensate field to demonstrate the use of modern geoinformation technologies in creating a series of inventory and assessment of landscape-ecological maps, maps of general scientific content, maps application and purpose.

**Keywords:** natural territorial complexes (NTC), Karachaganak Oil and Gas Condensate Field (KOGCF), landscape.

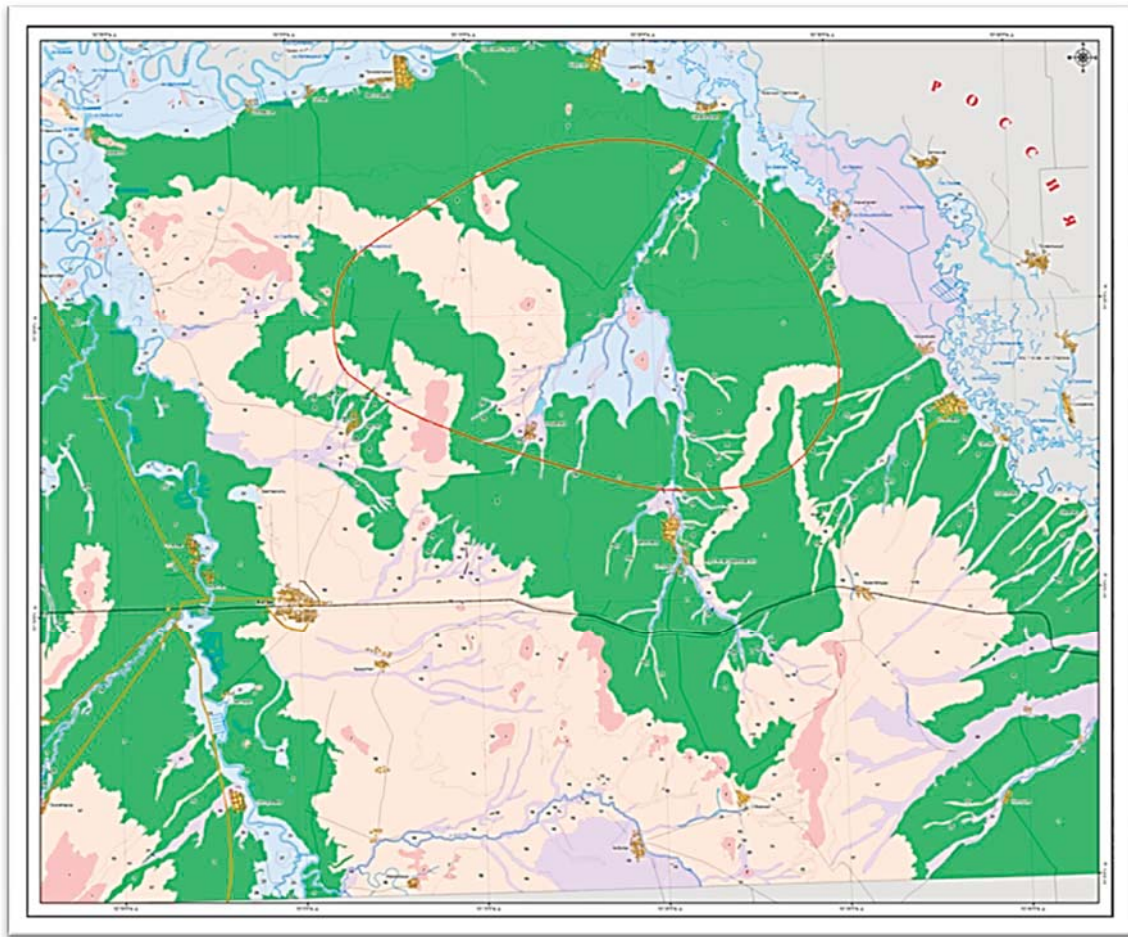
В настоящее время в географической науке существуют определенные методологические трудности исследований, связанных с ландшафтно-экологическим обеспечением перехода к устойчивому развитию природно-техногенных систем (ПТС), сохранению ландшафтного и биологического разнообразия, повышению эффективности производства и экологической безопасности. Формирование условий экологической безопасности государства, социальная эффективность устойчивого развития ПТС предполагает учет не только факторного, но и территориального уровня организации природно-техногенных систем зонального ряда, региональных и локальных проявлений техногенно-обусловленных процессов и явлений. В регионах Республики Казахстан (РК) с доминирующим развитием добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья необходимо осуществление работ по созданию комплексных экологических схем по нейтрализации существующих и предотвращению возможного развития деградационных процессов техногенного происхождения.

Главными приоритетными направлениями в изучении ландшафтно-экологического состояния районов добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья в РК следует считать определение основных критериев оценки устойчивости природно-техногенных систем, выявление и поиск путей решений природоохранных проблем и картографирование ландшафтной структурной организации территории на фоне общих зональных закономерностей развития.

На начальном этапе проектных работ по освоению месторождений углеводородов необходимым условием является оценочное и инвентаризационное ландшафтное картографирование. Ландшафтная карта (рис. 1) предоставляет возможность опознать закономерности структурной организации природно-территориальных комплексов (ПТК), что необходимо для размещения промышленных объектов. На основе сетки ландшафтных контуров возможно осуществить инвентаризацию ПТК по важнейшим природным компонентам и факторам, играющим существенную роль для комплексного обоснования экологической схемы территории в зоне воздействия месторождений. Все ПТК следует систематизировать на базе ландшафтной карты по возможностям их промышленного освоения, выделив природно-техногенные ландшафты по очередности и пригодности их развития.

Современное состояние аридных ландшафтов РК, развитие которых происходит на фоне опустынивания, следует считать определенной качественной фазой развития – трансформированными ландшафтными системами. Данное положение подтверждает появление природно-антропогенных ландшафтов зонального уровня. Природно-антропогенные системы РК характеризуются определенным набором техногенных геоконплексов, которые обладают качественно новой динамической основой, а их трансформация в результате техногенеза или сельскохозяйственного воздействия находится в прямой зависимости, как от пространственного-временного фактора, так и от вида деятельности и характера антропогенного воздействия.

Для предотвращения развития деградационных процессов в аридных ландшафтах РК, испытывающих воздействие объектов нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих отраслей производства, необходимо осуществление системы действий по ландшафтно-экологической оценке района на стадии проектирования освоения месторождений углеводородного сырья, организация ландшафтно-экологического мониторинга, разработка схемы природоохранных рекомендаций по сохранению природно-ресурсного потенциала ландшафтов.



*Рис. 1. Карта восстановленных ландшафтов в зоне действия КНГКМ (Западно-Казахстанская область)  
Масштаб 1:100 000*

При решении перечисленных выше задач следует исходить из комплексного физико-географического изучения района освоения, позволяющего произвести оценку ландшафтной структуры, исследовать сопряженные взаимосвязи между компонентами природной среды и отдельными ландшафтами, познать направленность природных процессов в их естественном течении и в связи с техногенным воздействием на ПТК. Исследованиями установлено, что в большинстве природно-техногенных ландшафтов в районе добычи и переработки углеводородного сырья отмечается развитие эрозии, дефляции, процессов засоления, солонцевания, наблюдается потеря почвенного плодородия, снижение содержания гумуса в почвах, обесструктурирование почв и т.д. Техногенная трансформация ландшафтов может быть охарактеризована как процесс, при котором экологическая деградация сопровождается снижением ландшафтного и биологического разнообразия, который включает много стадий, конечной из которых является формирование территорий с нулевой биологической продуктивностью. Современные темпы развития процессов техногенной трансформации ландшафтов в РК является результатом действия двух факторов – природного и антропогенного, которые формируют общий эффект, выражающийся в интенсивности, продолжительности, масштабах и степени деградации. Изучение техногенных трансформаций аридных ландшафтов РК было осуществлено в течении ряда лет на модельном регионе – территории деятельности Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения (КНГКМ) на основе концепции ландшафтного разнообразия, которая является новым направлением в географических исследованиях Казахстана. Концепция ландшафтного разнообразия, как базовая основа исследований в районах добычи и переработки углеводородного сырья, несмотря на то, что находится на стадии формирования, способствует определению границ устойчивости ландшафтов к техногенному воздействию. Природно-антропогенные ландшафты КНГКМ сформировались в результате целенаправленного использования ресурсов природного зонального ландшафта, в определенных условиях связанных с техногенным воздействием на ПТК.

Картографическое обеспечение ландшафтно-экологической устойчивости районов добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья включает создание серии инвентаризационно-оценочных ландшафтно-экологических карт, карт общенаучного, прикладного и целевого назначения. Картографический метод служит основным методом, с помощью которого формируются представления о состояниях, сменах и эволюционных динамических рядах природно-территориальных комплексов разного таксономического уровня, испытывающих техногенное воздействие. Проблема экологически устойчивого сбалансиро-

ванного природопользования в районах расположения нефтегазовых месторождений Казахстана может быть успешно решена на основе картографического метода, позволяющего морфометрическим способом анализа карты разработать классификации динамических состояний ландшафтов и установить ландшафтно-индикационные признаки техногенных нарушений. Последние используются для оперативного выявления и развития негативных процессов и явлений, влияющих на устойчивое развитие природно-техногенной системы. В настоящее время картографический метод исследований стал неотъемлемым принципом ландшафтно-экологического изучения региона РК, где осуществляется добыча, переработка и транспортировка углеводородного сырья. Успешное его применение возможно в сочетании наземного картографирования и приемов дистанционного зондирования природных и природно-техногенных систем. Позитивный результат можно получить при комплексном подходе к картографированию на региональном и локальном уровне с использованием сети тестовых полигонов.

При оценке экологического состояния зоны действия месторождения в дополнение к традиционным (наземным) методам сбора информации используется космический мониторинг объектов. Даже визуальный анализ космических снимков позволяет отметить влияние комплексов нефтегазодобычи на ландшафтно-экологическое состояние прилегающего региона. Космические снимки предоставляют реальную информацию о сложившейся ситуации с заданной периодичностью и оперативно. Технологии обработки космических снимков совместимы с технологиями цифрового картографирования и представляют собой комплексный способ анализа экологической ситуации.

Использование в рамках работы данных дистанционного зондирования Земли, позволяет провести полноценный мониторинг изменений ландшафтов под влиянием природно-климатических и антропогенных факторов.

Выявление классов ландшафтов производится на основе автоматизированного анализа спектральных характеристик видимых на снимке объектов, который, в свою очередь, базируется на математических методах обработки цифровых данных дистанционного зондирования. Эти методы реализованы, в частности, в программных комплексах Envi и Erdas Imagine, предназначенных как для предварительной, так и для углубленной тематической обработки спутниковых данных.

Спутниковые данные с КА Landsat представляют собой семиканальное изображение, поставляемое в виде отдельного канала с различным спектральным диапазоном. Для получения единого мультиспектрального изображения в программе Erdas Imagine проводилось синтезирование мультиспектральных данных.

В задачи первичной обработки, входит улучшение изображения. С помощью этих операций устраняются систематические ошибки датчика и, таким образом, повышается достоверность данных. Была выполнена коррекция полученных данных, которая заключается в изменении (исправлении) характеристик с целью улучшить качество изображения. Она включает в себя ряд операций, которые предваряют процедуру тематического дешифрирования снимков. Яркостная коррекция позволяет улучшить и выронить распределение яркости и контраста по снимку, чтобы отчетливо различалось все разнообразие деталей (рис. 2).



Рис. 2. Контрастно-яркостная коррекция спутниковых изображений

Оценка состояния ландшафтов в зоне воздействия КНГКМ была выполнена с использованием данных дистанционного зондирования Landsat 7 ETM+. В результате была дана оценка состояния современной ландшафтной структуры территории и выявлены негативные антропогенно-стимулированные процессы и

явления для разработки мероприятий по их устранению. Для выделения классов ландшафтов использовались данные полевых натурных наблюдений за ландшафтно-экологическим состоянием района месторождения и космические снимки за различные годы. В процессе исследований осуществлено последовательное решение системы задач, включающая:

- выбор мультиспектральных изображений максимально удовлетворяющих задачам, связанным с оценкой состояния ландшафтов;
- импорт изображений в формат программ обработки данных ДЗ (ERDASImagine 9.2., ENVI 4.7);
- выполнение видов коррекции (атмосферной, яркостной геометрической);
- географическая коррекция снимков (привязка мультиспектрального изображения в систему) за основу геокоррекции будут взяты топографические карты открытого пользования;
- коррекция снимка с имеющимися топографическими цифровыми картами ГИС;
- выделения классов экосистем редактором спектральных подписей в соответствие с выбранными площадками полевых исследований фиксированных GPS приемником;
- формирование базы данных спектральных подписей;
- проведение Руководственной классификации основными методами (минимальных, максимальных дистанций и методом Махаланобиса);
- дешифрирование нефтяных скважин, углеводородного загрязнения, дорожной сети, инфраструктуры, сельскохозяйственных земель и т.п.;
- разработка тематических картографических моделей на основе автоматизированной классификации космических снимков (карты восстановленных ландшафтов и карты ландшафтно-экологического зонирования).

На начальном этапе работ были определены станции постоянных наблюдений в различных по экологическим условиям типах ландшафтов. Полевые описания этих станций, включают детальное описание почв, растительности с учетом степени их антропогенной трансформации, что позволило выявить природную и антропогенную динамику ландшафтов района картирования и тренды развития негативных процессов.

Автоматизированная обработка снимков (кластерный анализ) проводилась методом максимальных и минимальных дистанций в специализированной программе ERDASImagine 9.2.

Для повышения степени идентификации космического изображения в полевых условиях, кроме станций мониторинга, описаны дополнительные (тестовые) точки с фиксированными GPS координатами, которые отражают с одной стороны – природное разнообразие ландшафтов обследуемой территории, а с другой – различную степень их трансформации (деградации) в результате воздействия комплекса факторов.

Исследования показали, что по снимкам разрешения класса Landsat 7 ETM+ хорошо идентифицируются нарушения, связанные с механическим повреждением поверхности (автодороги, прокладка трубопроводов, участки снятия грунта и т.п.) если их площадь не менее 80х80 м. В связи с этим дешифрирование локальных пятен разлива ГСМ и других нарушений затруднено. Опыт работы на нефтегазовых месторождениях «Карачаганак», «Тенгиз», «Кумколь» показал, что наиболее объективные результаты по ретроспективной и современной оценке состояния ландшафтов достигаются при использовании снимков высокого разрешения, например QuickBird, IKONOS, то есть выявляются участки нарушенности размером от 4х4 м. Для выявления нефтяного загрязнения необходим отбор проб загрязненной почвы и нефти для определения спектральных характеристик. К тому же на снимках высокого разрешения хорошо видны промышленные объекты (скважины и т.п.), что дает возможность выявлять потенциальные источники загрязнения. Исследования показали необходимость значительного количества площадок описания для идентификации данных дистанционного зондирования. Они должны охватывать:

- разнообразие естественных природных комплексов (минимум 5–6 станций);
- разнообразие участков разной степени нарушенности (минимум 5–6 участков), в радиусе действия промышленных объектов.

Исследования в зоне действия КНГКМ позволили осуществить оценку фоновой зонального ландшафтного разнообразия. На площади месторождения были выделены: долинны ландшафты; ландшафты денудационной пластовой равнины; ландшафты овражно-эрозионного комплекса; ландшафты склоновых поверхностей местных водоразделов; ландшафты приречного комплекса.

При исследовании была реализована концепция ландшафтного разнообразия, являющаяся в настоящее время направлением в науке о ландшафтах, обеспечивающим решение многочисленных природоохранных проблем. В частности, установлена роль данного направления в обеспечении устойчивого развития природно-техногенных систем. В то же время, изучение и оценка фоновой ландшафтной организации районов техногенного освоения представляет возможность выбора правильных решений при организации территории. Основываясь на информации, заложенной в карте восстановленных ландшафтов, нами была произведена оценка ландшафтного разнообразия территории КНГКМ (табл. 1–2).

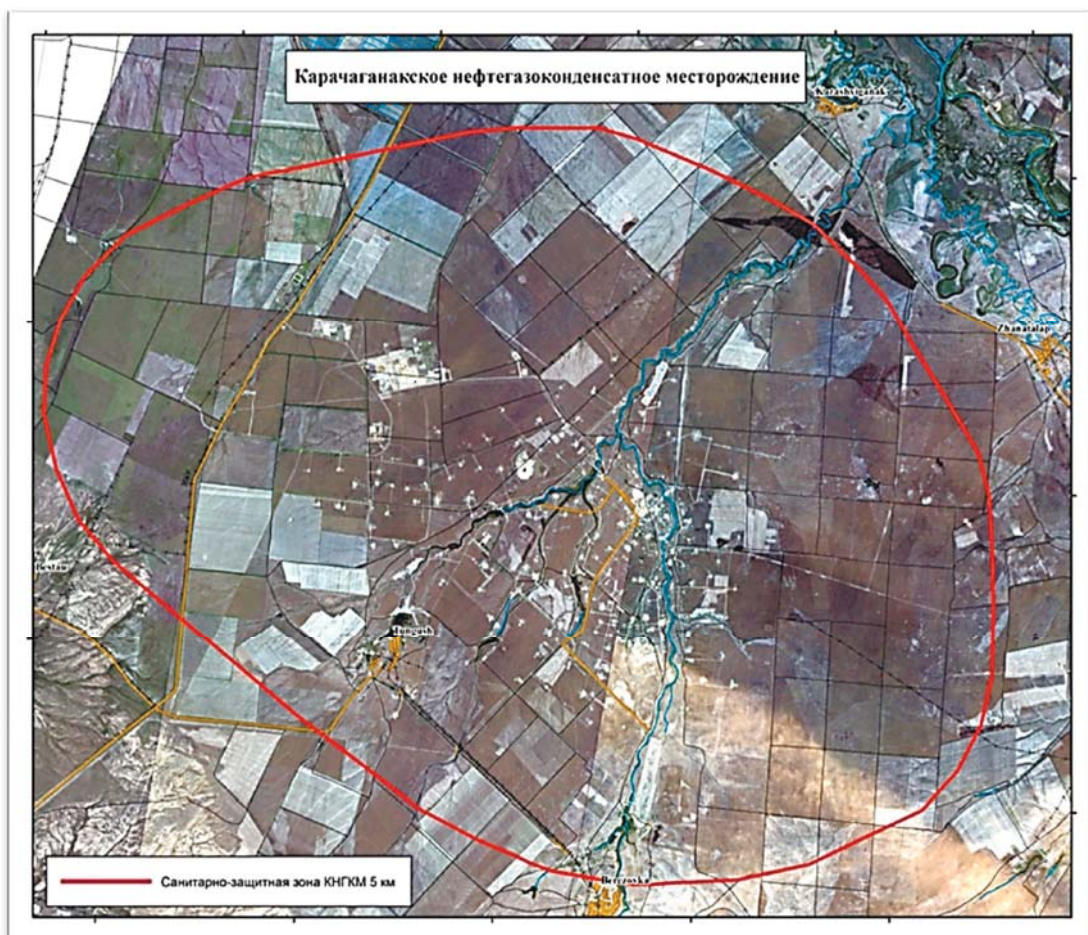


Рис. 3. Космический снимок QuickBird КНГКМ

Таблица 1

Распределение площадей природно-территориальных комплексов КНГКМ  
(по данным картометрического анализа)

Ландшафты	Площадь, км <sup>2</sup>
Денудационной пластовой равнины	78,43
Приречного комплекса	1671,08
Склоновые поверхности местных водоразделов	1075,92
Овражно-эрозионного комплекса	284,80
Долинные	355,39

Таблица 2

Распределение площадей природно-территориальных комплексов в санитарно-защитной зоне КНГКМ  
(по данным картометрического анализа)

Ландшафты	Площадь, км <sup>2</sup>
Долинные	39,44
Денудационной пластовой равнины	6,91
Овражно-эрозионного комплекса	16,96
Склоновые поверхности местных водоразделов	116,58
Приречного комплекса	365,32



Рис. 4. Соотношение площадей природно-территориальных комплексов КНГКМ (по данным картометрического анализа)



Рис. 5. Соотношение площадей природно-территориальных комплексов в санитарно-защитной зоне КНГКМ (по данным картометрического анализа)

Характер антропогенного воздействия, в частности техногенного, проявился на территории месторождения в системе природопользования. Наш опыт в выявлении и оценке разнообразия природно-антропогенного воздействия объектов месторождения показал, что выявление ландшафтного разнообразия, уровня и степени антропогенных нарушений природных комплексов возможно в несколько последовательных этапов, включающих разработку классификационных построений ПТК разного таксономического уровня, составление типологической карты восстановленных ландшафтов зонального ряда, составление типологической карты антропогенной нарушенности ландшафтов и как результирующий момент – создание карты ландшафтно-экологического зонирования (рис. 6).

Ниже мы перейдем непосредственно к рассмотрению природных особенностей зоны действия КНГКМ.

Согласно схемы физико-географического районирования РК, КНГКМ расположено в пределах Прикаспийско-Туранской страны, Северо-Прикаспийской области, Узень-Уральско Эмбенской провинции и относится к Узень-Уральскому округу, Кушум-Уральскому физико-географическому району. Месторождение приурочено к опущенной части Илекской флексуры, являясь областью широтного развития четвертичных террас рек Урал, Илек и Утва. В гипсометрическом отношении выделенный участок характеризуется абсолютными высотами от 110 до 115 м. Орографически территория соответствует северной окраине Подуральского мелового плато, известной под названием Приуральских Сыртов. Приуральские Сырты представляют ряд крупных водораздельных гряд, простирающихся с юго-востока на северо-запад и обрамляющих с северо-востока Прикаспийскую низменность.

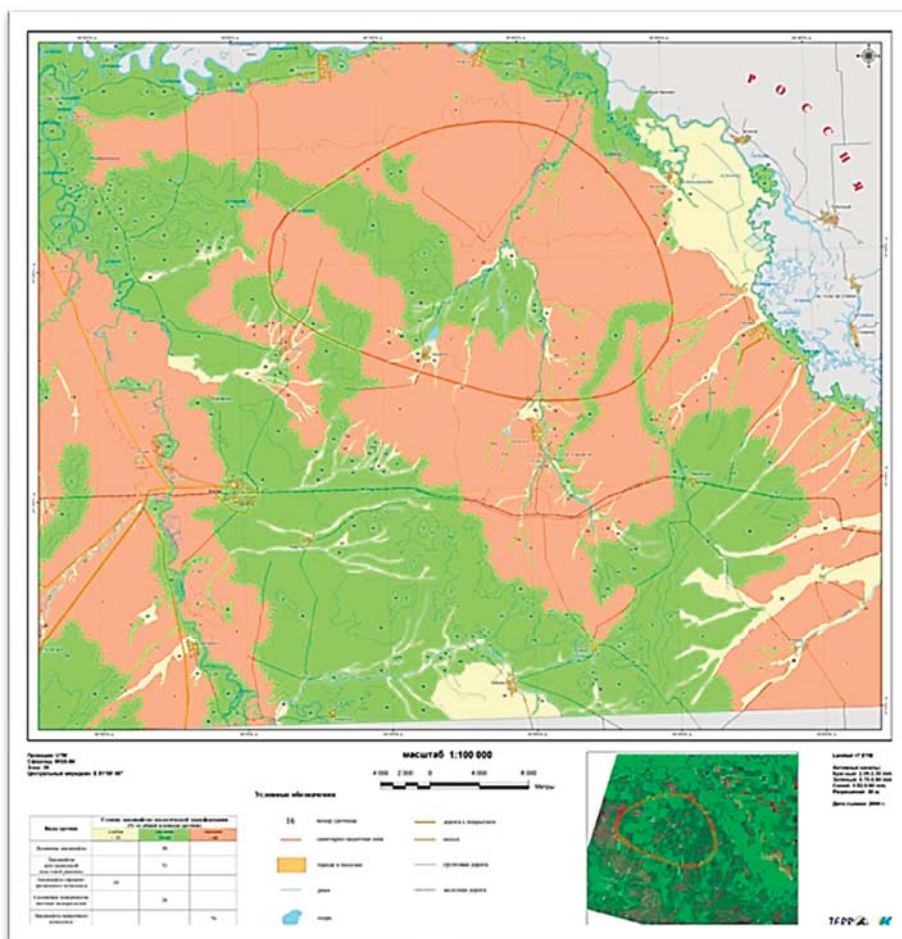


Рис. 6. Карта ландшафтно-экологического зонирования зоны действия КНГКМ  
Масштаб 1:100 000

В пределах площади месторождения выделяется олигоценно-среднеоценовая денудационная поверхность выравнивания, представленная плосковершинными, местами слабо всхолмленными, реже грядовыми денудационными водораздельными пространствами. Значительные площади в зоне действия КНГКМ занимают четвертичные водораздельные покатые склоны (с углами наклона в среднем 3–4°) с прямой или слабоогнутой формой профиля. Водораздельные склоны с широтно и субширотно ориентированными долинами в большинстве случаев ассиметричны.

Решение экологических задач КНГКМ и прилегающих территорий осложняется слабой изученностью зональной структурной организацией ландшафтов, их динамических тенденций развития в условиях техногенного воздействия. Использование данных дистанционного зондирования способствовало осуществлению ретроспективной оценке фонового состояния ландшафтов на зональном уровне в зоне действия месторождения углеводородного сырья. Широко были привлечены разновременные спутниковые данные и фондовые тематические карты и материалы, содержащие сведения как по отдельным компонентам ландшафта, так и по природно-территориальным комплексам в целом. Дешифрирование космических снимков способствовало установлению основных морфоструктурных и морфоскульптурных элементов, как основы пространственной дифференциации ПТК различного таксономического уровня, а так же доминирующих видов и форм техногенного воздействия, площадей техногенно-нарушенных ландшафтов.

Установление закономерностей техногенных трансформаций ландшафтов в результате воздействия объектов КНГКМ на ПТК возможно с учетом пространственно-временных динамических тенденций развития техногенеза. Негативные последствия техногенного воздействия на природные комплексы, нарушения механизма устойчивости ландшафтной системы в зоне действия месторождения способствует возникновению необратимой трансформации естественных ландшафтов зонального ряда в техногенные сопровождающиеся развитием изменений качества жизни населения.

Установлено, что в аридных ландшафтах территории КНГКМ, испытывающих прямое или косвенное антропогенное воздействие (сельскохозяйственное, техногенное, селитебное, линейных сооружений и др.), распространены эрозионные процессы. Развитию эрозионных процессов способствуют как природные условия района, создающие благоприятные условия для процессов овражной эрозии и плоскостного смыва, так и антропогенное воздействие. На территории КНГКМ развитие эрозии, проявляющейся в виде вреза донных и боковых оврагов, связано с долинами рек Урала, Утвы, Илека и существующей древней овражно-

балочной сетью, типичной как для долин, так и склонов междуречий. В ходе исследования впервые для КНГКМ продемонстрирован комплексный ландшафтно-экологический подход, позволивший оценить влияние сельскохозяйственного производства и техногенных объектов на состояние и уровень антропогенной трансформации фоновых зональных ландшафтов. Ландшафты территории КНГКМ представляют собой особую категорию природно-территориальных комплексов, отличающихся своеобразной организацией своей морфологической структуры, слабой устойчивостью механизма внутриландшафтных и межландшафтных связей при антропогенном воздействии. Современное состояние ландшафтов территории месторождения следует считать определенной качественной фазой развития – антропогенно-измененными природными комплексами, о чем свидетельствует появление новых или активизация слабопроявляющихся ранее природных процессов, как ответных реакций на комплекс антропогенных воздействий. Антропогенно-измененные ландшафты обладают качественно новой организацией, свойственной современному этапу их освоения. В частности:

1. долинные ландшафты – 20,21%;
2. ландшафты денудационной пластовой равнины – 30,57%;
3. ландшафты овражно-эрозионного комплекса – 19,40%;
4. склоновые поверхности местных водоразделов – 27,39%;
5. ландшафты приречного комплекса – 69,23%.

Тенденция усложнения ландшафтной структуры и ее техногенная трансформация является общей закономерностью для природно-территориальных комплексов территории месторождения. Наибольшую трансформацию испытали ландшафты, приуроченные к зоне прямого взаимодействия с техногенными объектами. Установлено, что ландшафты, затронутые антропогенными изменениями, в средней и сильной степени превышают площади ландшафтов близких к естественному состоянию (слабо измененные).

Основные результаты исследований включили различные аспекты ландшафтного анализа и синтеза, изучение и картографирование природно-территориальных комплексов, определение антропогенного воздействия и степени антропогенной нарушенности, ландшафтно-экологическое зонирование. Все перечисленные выше результаты представляют основу эффективного и всестороннего учета ландшафтно-экологического состояния месторождения для решения природоохранных проблем по нейтрализации и предотвращению развития негативных процессов и явлений. Полученные результаты направлены на решение целого комплекса прикладных и целевых задач дальнейшего освоения КНГКМ и создание условий устойчивого развития и функционирования Карачаганакской природно-техногенной системы. При современных темпах вовлечения ландшафтных ресурсов в систему добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья на месторождении, главная задача заключается в установлении ограничений для техногенного и сельскохозяйственного воздействия на различные виды природно-территориальных комплексов. Для сохранения ландшафтно-экологического потенциала территории КНГКМ следует на основе полученных результатов, разработать ландшафтно-экологические требования по размещению техногенных объектов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК REFERENCES

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Наука, – 1988. – 238 С.  
Glazovskaja M.A. Geohimija prirodnyh i tehnogennyh landshaftov SSSR. M.: Nauka, – 1988. – 238 p. (in Russian).
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Комплексное изучение состояния экосистем прилегающих к КНГКМ (Карачаганакское нефтегазоконденсатное месторождение) территорий». – ТОО «Центр дистанционного зондирования и ГИС «Терра». – 2011.  
Otchetonauchno-issledovatel'skojrabote 'Kompleksnoe izuchenie sostojanijaj ekosistem priliegajushhh k KNGKM (Karachaganakskoe neftegazokondensatnoe mestorozhdenie) territorij'. – ТОО 'Centr distancionnogo zondirovanijai GIS 'Terra'. – 2011 (in Russian).