

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

На правах рукописи



Кесорецких Иван Иванович

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ЛАНДШАФТОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
К АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Специальность 25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель
доктор географических наук,
профессор С.И. Зотов

Калининград - 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОНЯТИЙ «УСТОЙЧИВОСТЬ», «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» И «УЯЗВИМОСТЬ».....	9
1.1 Понятие «устойчивость».....	9
1.2 Понятие «чувствительность».....	15
1.3 Понятие «уязвимость».....	19
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УЯЗВИМОСТИ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ К АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ.	24
2.1 Методология и алгоритм оценки уязвимости природных комплексов.....	24
2.2 Анализ существующих методик оценки уязвимости природных комплексов.....	29
2.3 Авторская методика оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям	38
2.4 Роль геоинформационных технологий в оценке уязвимости природных комплексов.....	52
ГЛАВА 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ВИДЫ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЛАНДШАФТЫ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ...	58
3.1 Природные условия и ландшафтная дифференциация.....	58
3.1.1 Геологическое строение и рельеф	59
3.1.2 Климат.....	65
3.1.3 Растительный и почвенный покров.....	70
3.1.4 Поверхностные и подземные воды.....	76
3.1.5 Ландшафтная дифференциация.....	80
3.2 Источники и виды антропогенных воздействий на окружающую среду	83

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ЛАНДШАФТОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ К АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ.....	96
4.1 Структура и содержание ГИС «Оценка уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям».....	96
4.2 Карты уязвимости ландшафтов как элемент оптимизации природопользования, пространственного планирования и устойчивого развития территории.....	109
4.3 Международный опыт использования метода мультикритериальной оценки территорий как инструмента стратегического планирования и принятия решений.....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130
Список используемых сокращений.....	133
Список литературы.....	134

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Высокая освоенность приморских территорий в бассейне Балтийского моря обусловила значительные промышленные, хозяйственно-бытовые и сельскохозяйственные нагрузки на окружающую среду и возникновение неблагоприятных геоэкологических ситуаций разной степени напряжённости. Одним из основных условий оптимизации геоэкологических ситуаций становится разработка методик расчета и оценки интегральных показателей геоэкологического состояния территорий, к которым относится уязвимость природных ландшафтов. Последующая практическая реализация такого подхода может стать частью оптимизации регионального природопользования и более устойчивого развития приморских регионов России и сопредельных стран.

Разработка интегрального подхода имеет большое значение для Калининградской области, в связи с неблагоприятной геоэкологической ситуацией и вероятной реализацией масштабных инфраструктурных проектов (Балтийская АЭС, глубоководный морской порт и др.). Обоснование оценочных параметров состояния природных ландшафтов по степени их уязвимости, позволит оптимизировать способы оздоровления геоэкологической ситуации в регионе. Учет интегральных показателей на стадии проектирования новых инфраструктурных объектов позволит существенно снизить нагрузку на компоненты природной среды и обеспечит более сбалансированное развитие территории. Предлагаемый подход может быть использован для комплексной геоэкологической оценки других приморских регионов.

Объект исследования – природные ландшафты материковой части Калининградской области.

Предмет исследования – методическое обоснование интегрального показателя уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям.

Цель исследования – оценка уязвимости ландшафтов Калининградской области к химическому и механическому воздействию.

Задачи исследования. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Исследовать существующие подходы, методики и понятийный аппарат оценки показателей состояния природных комплексов испытывающих техногенную нагрузку.

2. Разработать методику интегральной оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям с использованием геоинформационных технологий.

3. Определить основные виды и источники точечных антропогенных воздействий, классы их потенциальной опасности для природных ландшафтов региона.

4. Выявить пространственную дифференциацию природных условий и ландшафтов Калининградской области с учетом их уязвимости к промышленным воздействиям.

5. Разработать пространственную модель полей уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям с использованием ГИС технологий, на ее основе выявить потенциальную опасность источников техногенного воздействия и обосновать выбор оптимального размещения объектов промышленности и инфраструктуры.

Материалы, методы исследования, степень разработанности темы: В основу диссертации положены результаты полевых и камеральных исследований автора (2007-2012гг.), включающие аналитические (порядка 400 определений гидроэкологических, геоморфологических, почвенных и др. параметров) и картографические материалы о физико-географических и геоэкологических характеристиках 26 модельных участков, в том числе авторские результаты дешифрирования спутниковых снимков и систематизированных статистически данных по 80 источникам локального техногенного воздействия и зонам их влияния (подробнее см. разделы 2.3 и 4.1 диссертации), а также региональные градостроительные планы и схемы, фондовые и статистические материалы государственных органов власти, служб и проектных организаций:

НИИПГрадостроительства; Службы по экологическому контролю и надзору; Федеральной службы государственной статистики; ГАУ «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград»; Отдела водных ресурсов Невско-Ладожского бассейнового водного управления; Правительства Калининградской области.

В работе применено сопряжение различных методов исследования: картографического, геоинформационного, сравнительно-описательного, математико-статистического. Теоретическую основу исследования составили труды А.Н.Антипова, А.В.Дроздова, В.С.Преображенского, В.В.Дмитриева, Н.В.Хованова, Ю.Одума, В.М.Котлякова, А.Г.Исаченко, А.П.Хаустова, Н.С.Касимова, И.П.Солнцева, Б.И.Кочурова, С.И.Зотова, М.Г.Опекуновой, E.R.Gundlush, M.O. Hayes, W.H. Florian, H. Schiller, J. Malczewski, M. Golobič и др. Их работы в значительной мере способствовали изучению структуры и особенностей функционирования природных комплексов, разработке методик экологического картографирования, комплексной оценки территорий и прикладных аспектов использования геоинформационных систем. При этом особое значение придавалось обоснованию использования интегральных показателей комплексной геоэкологической оценки, адаптированных для условий Калининградской области. Такой подход должен был привести к синтезу существующих теоретических и методических представлений об оценке сложных природных систем в сочетании с использованием ГИС.

Научная новизна и теоретическая значимость:

- Обоснован матрично-параметрический мультикритериальный подход к оценке уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям, сочетающий использование параметрической матрицы и рассчитанных весовых коэффициентов, отражающих вклад каждого компонента в общий интегральный показатель уязвимости.

- На основе предложенного подхода разработана региональная картографическая модель распределения полей уязвимости природных ландшафтов.

- Выявлена специфика пространственного распределения полей уязвимости

различной градации на уровне генетических групп ландшафтов, рассчитаны абсолютные и процентные соотношения их распространения.

Полученные результаты позволили дополнить современные представления о комплексной геоэкологической оценке территорий, испытывающих интенсивное техногенное воздействие, с использованием ГИС.

Защищаемые положения:

1. Методическое обоснование параметров и интегрального показателя оценки уязвимости природных ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям с использованием многокритериального подхода. Разработка матрицы параметров, отражающей наиболее значимые для оценивания показателя уязвимости компоненты ландшафтов, с учетом их региональных особенностей.

2. Пространственная дифференциация ландшафтов Калининградской области (на уровне типов) по их уязвимости к антропогенным воздействиям.

3. Предложения по оптимизации размещения объектов промышленности и инфраструктуры на территориях интенсивной техногенной нагрузки в сочетании с высокой степенью уязвимостью ландшафтов.

Практическое значение. Результаты исследования использовались в ходе реализации международных проектов: «Управление трансграничными водными объектами в Белоруссии; Литве; Калининграде, Россия; Польше и регионе Балтийского моря» («Management of the Transboundary Waters in Belarus; Lithuania; Kaliningrad, Russia; Poland and Greater Baltic Sea Region» 2013-2014гг.); проект «МОМЕНТ – Современное управление водными ресурсами на Юго-востоке Балтики» (2009-2013гг.).

Материалы диссертации включены в учебно-методические комплексы разработанные на кафедре географии, природопользования и пространственного развития Института природопользования, территориального развития и градостроительства Балтийского Федерального Университета им. И.Канта по дисциплинам «Методы геоэкологических исследований и обработка информации», «Моделирование и прогнозирование состояния окружающей

среды», «Моделирование и оценка экологических ситуаций».

Полученные результаты могут быть использованы при проведении инженерно-экологических изысканий, выполнении экспертных оценок воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду (ОВОС), организации геоэкологического мониторинга в Калининградской области и в других регионах Юго-Восточной Балтики.

Достоверность и апробация работы. Достоверность результатов подтверждена значительным объемом исходных данных, сопряженным использованием различных методов исследования, верификации итоговых результатов с данными отечественных и зарубежных исследователей.

Основные научные положения и результаты исследования докладывались на юбилейной конференции Калининградского регионального отделения РГО (г. Калининград, 2010г.), научно-практической конференции "Общие географические закономерности Земли: взгляд молодого ученого" VIII Ежегодный Большой Географический Фестиваль, СПбГУ (г. Санкт-Петербург, 2011), научно-практической конференции «Оценка социально-экономической и природно-антропогенной среды Калининградской области: трансформация и перспективы развития» (г. Калининград, 2012), международных конференциях «ИнтерКарто - 18» (г. Смоленск, 2012), ИнтерКарто-20 «Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение» (г. Белгород, 2014).

Публикации. Основные результаты работы изложены в 7 публикациях, 3 из них в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации: работа состоит из введения, 4 глав, заключения, изложенных на 156 страницах машинописного текста и содержит 22 таблицы, 25 рисунков и список использованных источников из 189 наименований.

Личный вклад автора заключается в сборе и обработке исходных данных, участии в полевых исследованиях, анализе литературных источников, разработке методики оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям, ее картографической и расчетно-аналитической реализации с использованием ГИС. Основные выводы и практические рекомендации принадлежат автору.

ГЛАВА 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОНЯТИЙ «УСТОЙЧИВОСТЬ», «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» И «УЯЗВИМОСТЬ»

1.1 Понятие «устойчивость»

Понятие «устойчивость» в научной литературе используется сравнительно давно, и встречается в различных областях научного знания: биологии, экономике, физике, математике, медицине и т.д. Наибольший интерес для данного исследования, среди многообразия терминов используемых в данных науках, представляют понятия: «экологической устойчивости», «устойчивости природных комплексов», «устойчивости геосистем и экосистем», связанные с развитием классической экологии и смежных наук. Однако за столь длительный период так и не сформировалось однозначное толкование устойчивости природных объектов и принципов его применимости к системам разного ранга. До сих пор остается актуальным вопрос о целесообразности применения этого термина только в отношении элементарных геосистем (Преображенский, 1983), или для природных систем со сложной многоярусной иерархической структурой (Хаустов, 2007).

В таком многообразии подходов к интерпретации термина «устойчивость» складываются различные подходы к его определению, в той или иной степени отражающие взгляды исследователя на структуру понятия, и описываемых характеристик природных комплексов и объектов. Рассмотрим несколько примеров использования термина «устойчивость» получивших наиболее широкое распространение:

- Устойчивость системы (Росновский, 1993) – это ее способность сохранять свои свойства и параметры режимов в условиях действующих внутренних и внешних возмущений.

- Устойчивость (Мазур, Молданов, 1989) – это свойство, внутренне присущее экосистеме, характеризующее способность выдерживать изменения, создаваемые внешними воздействиями, оказывать сопротивление внешним

(техногенным) воздействиям, обнаруживать способность к восстановлению и самовосстановлению экосистемы.

- Устойчивость экосистем к воздействию (Дмитриев, Фрумин, 2004) – способность экосистем сохранять квазипостоянными свои свойства и параметры режимов в условиях действующих внутренних и внешних сил.

Встречаются и другие варианты данного определения (Хаустов, 2007):

- Устойчивость системы – способность системы оставаться относительно неизменной в течение определенного периода вопреки внешним и внутренним изменениям

- Устойчивость экологическая – способность экосистемы сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних и внутренних факторов

- Устойчивость экосистемы – ее способность к реакциям, пропорциональным по величине силе воздействия.

Данные примеры иллюстрируют малую часть вариаций термина «устойчивость», однако во многих обнаруживается определенное семантическое сходство. Так можно выделить два основных значения данного термина: во-первых, устойчивость, как способность системы длительно существовать, сохраняя свои основные свойства. Во-вторых, устойчивость, как способность системы противостоять внешнему воздействию, сохраняя свои свойства. И если на этом уровне анализа понятия можно говорить о существующей общепризнанной точке зрения, то вопросы структуры и выделения критериев оценки устойчивости еще остаются дискуссионными.

Обратим внимание на наиболее фундаментальные взгляды отражающие структуру и практический (прикладной) смысл понятия «устойчивость». По Лагранжу экосистема считается устойчивой, если число видов в сообществе остается неизменным, т.е. не вымирает не один вид. По Ляпунову устойчивость экосистеме определяется некоторым равновесным положением в системе ее характеристик. При этом допускается возможность существования определенных

окрестностей данного положения, при наличии внешних воздействий, за рамки которых экосистема не должны выходить (Дмитриев, 2004).

Для более детального описания процесса сохранения свойств экосистемой испытывающей воздействие, Холлингом были выделены еще два понятия: «резистентной устойчивости к воздействию» и «упругой устойчивости к воздействию». Тем самым, природные экосистемы можно охарактеризовать двумя свойствами: стабильностью и упругостью. Под упругостью в этой связи понималась способность экосистем находящихся под воздействием переходить из одного равновесного положения в другое, сохраняя при этом внутренние взаимосвязи. Под стабильностью понималась способность природной экосистемы возвращаться в прежнее состояние устойчивого равновесия после временного воздействия на нее (Кесорецких, 2010).

По определению Ю.Одума (Одум,1975), свойства резистентности и упругости соответствуют способности сопротивляться нарушениям, поддерживать неизменной свою структуру и функции и способности восстанавливаться после того, как структура и функции были нарушены. Причем два этих свойства экосистемы рассматриваются автором как принципиально различные. Возможно, что не стоит, ни противопоставлять оба этих критерия, ни вводить определенной двухпараметрической характеристики. По мере увеличения воздействия на экосистему, по достижению порога реакции в ней происходят сначала обратимые изменения (потеря резистентности), и лишь потом, при более сильном воздействии необратимые (потеря упругости). Следовательно, сохранение резистентности уже предполагает сохранение упругости, а потеря упругости уже сама по себе означает потерю резистентности.

Следующий подход был обоснован Ю.М. Свирежевым и Д.О. Логофетом (Дмитриев, Фруммин 2004). Они выделяли устойчивость глобального биогеохимического цикла, числа видов в сообществе, численности видов в сообществе. Примером данного подхода можно считать анализ видовой структуры водной экосистемы, которая фактически не обладает сопротивляемостью и реагирует на любые изменения, но при этом имеет высокую

упругость видовой структуры. И в сравнении к этому можно представить структуру биогеохимического круговорота с высоким значением сопротивляемости и особенно высокой упругостью.

Другой подход (Котляков, Селиверстов и др., 1998) к определению устойчивости подразумевает, что в качестве элементов геосистемы должны рассматриваться не только ее вещественные составляющие, но и процессы образующие интегральную структуру целостного процесса. Таким образом, наряду с анализом состояний большое значение имеет выяснение устойчивости процессов. Данный подход основывается на установке – «устойчивость не исключает изменчивость», поэтому в ее структуре можно выделить два типа устойчивости: статическую и динамическую. Статическая устойчивость отражает начальное или конечное состояние системы, устойчивость динамическая характеризует процесс в целом. Однако подчеркивается, что даже при такой типизации однозначно говорить о разграничении этих двух составляющих нельзя, т.к. в реально существующих геосистемах устойчивость выступает одновременно и как состояние и как процесс, и как результат и как изменение.

Обобщая все вышеизложенные подходы, можно в общем виде предложить следующую структурную схему устойчивости геосистем:

- Инерционность – способность геосистем противостоять внешним воздействиям и сохранять свое состояние, т.е. инвариантные черты структуры и функционирования, в течение заданного интервала времени

- Обратимость (восстановляемость) – способность возвращаться в состояние, предшествовавшее возмущенному воздействию

- Пластичность (вариантность) – возможность реализации различных динамических траекторий смены модификаций в результате внешнего воздействия с переходом в новое относительно устойчивое состояние.

Стоит отдельно упомянуть об инварианте и инвариантных чертах структуры. Инвариантными называются свойства геосистем, которые сохраняются неизменными при преобразовании той или иной категории геосистем (Дмитриев, Фрумин, 2004). Если в результате внешнего воздействия

инвариант сохранен, то можно говорить о том, что данная система сможет вернуться в первоначальное состояние. Если же инвариант был утерян, то такое возвращение маловероятно или невозможно. Инвариантом могут выступать: состояние системы, структура, характер функционирования, траектория саморазвития. Выбор инварианта во многом определяется как характеристиками самой геосистемы, так и целями исследования.

Следующим, после анализа структуры понятия, необходимо обратиться к вопросам устойчивости геосистем разного ранга к антропогенным воздействиям разнообразного характера (Куприянова, 1989). Среди современных ученых сложилось единое мнение о том, что оценка устойчивости должна производиться для конкретного дестабилизирующего фактора. Устойчивость к различным химическим загрязнителям и физическим нарушениям не может быть охарактеризована и оценена для одного и того же природного комплекса одним набором показателей. Имея высокий уровень устойчивости для одного фактора, система может быть неустойчива для любого другого. Если не учитывать конкретные загрязнители, то оценка должна проводиться на уровне типа воздействия на ту или иную систему и оценивать устойчивость к воздействию данного типа.

В связи с этим получило развитие такое направление оценки устойчивости к антропогенным воздействиям как сравнение реальной и потенциальной устойчивости (Исаченко, 2003). Реальной в этом случае называется устойчивость измененных геосистем, а потенциальной – устойчивость природных (неизмененных) геосистем. Различия между ними будут определяться характером изменения их отдельных компонентов (напр. растительного покрова). И не во всех случаях мы будем говорить об ухудшении устойчивости, в некоторых случаях (напр. культурные ландшафты) устойчивость после вмешательства человека повышается.

Не стоит забывать и о другой стороне вопроса оценки устойчивости геосистем к определенным видам антропогенных воздействия, а именно – оценке всего природного комплекса или его отдельных компонентов. Система может

быть устойчива, хотя и состоит из неустойчивых элементов, которые благодаря способу взаимодействия образуют устойчивую структуру (Котляков, Селиверстов и др., 1998). Есть мнение (Исаченко, 2003), что механизм устойчивости заключен в структуре и функционировании геосистемы – он определяется устойчивостью отдельных компонентов и их взаимными связями. В этом случае каждому компоненту отводится своя роль:

- Твердый фундамент – обладает инерционностью (устойчивость первого типа). Относится к структурам с пассивной устойчивостью. По сути, может только сопротивляться внешнему воздействию, и не имеет возможности для самовосстановления.

- Растительный покров – обладает обратимостью и пластичностью (устойчивость 2 типа). Активная устойчивость – за счет биотических элементов и способности вовлекать абиотических элементы (разлагать и трансформировать их).

- Почва – является совокупность 1 и 2, вышеперечисленных компонентов. Определяется как некая интегральная сумма, полностью определяется ими, и, по сути, не является каким-то отдельным фактором.

- Воздушные и водные потоки – выполняют транзитные функции, они лишь усиливают (за счет возможности выносить загрязняющие вещества и т.д.) или ослабляют (за счет разрушения твердого фундамента и др.) устойчивость других компонентов.

Устойчивость геосистем определяется интенсивностью функционирования всех компонентов в целом.

Как уже было сказано ранее, постоянство какого-либо параметра в его качественных характеристиках не может в полной мере отражать его устойчивость. Это связано и с тем, что всякая система не изолирована от внешних, сколько угодно малых воздействий, сюда также стоит включить и внутреннюю изменчивость. Исходя из этого, можно говорить не о постоянстве значений а, о постоянстве режимов, в этой связи стоит отдельно упомянуть понятия флуктуации и его влияния на устойчивость экосистемы. Те системы, в

которых наблюдаются существенные периодические колебания характеристик, обладают значительной устойчивостью благодаря импульсной стабильностью (Одум, 1975). Сходная точка зрения рассматривается и И.С.Печуричкиным – он утверждает, что малые колебания поддерживают систему и оберегают ее от больших катастроф.

Проблемы использования показателя устойчивости экосистемы как индикатора экологической благополучности были проиллюстрированы на примере оценке устойчивости водных экосистем (Дмитриев, 2010), где при прочих неизменных условиях более продуктивная система будет более устойчива к эвтрофикации, а более токсобная к снижению качества вод. Это значит, что устойчивая система не всегда является экологически благополучной. В общем виде это можно обозначить так, что чем система загрязненной различными химическими поллютантами то тем выше становится ее устойчивость к данному виду воздействия.

1.2. Понятие «чувствительность»

Понятие «чувствительность» в специальной научной литературе стало активно применяться сравнительно позже термина «устойчивость». И если можно говорить о том, что в общем виде понятийная база для данного термина уже сформировалась, то методической основы, как единой структуры с разработанными общепризнанными подходами к прикладным аспектам использования данного понятия пока не существует. Данный термин используется в различных областях научного знания: в биологии, медицине, психологии, социологии, экономике, физике и т.д. В каждой из них чувствительность трактуется по-разному, однако, все определения имеют ряд общих аспектов. В самом общем смысле чувствительность – это свойство объекта воспринимать раздражение. Экологическая чувствительность отражает тип ответной реакции природных систем на внешнее воздействие. Степень чувствительности отражает глубину изменений, происходящих в природном

комплексе и их последствий. Под экологической чувствительностью морских ландшафтов понимается интенсивность массо- и энергообмена. Таким образом, чувствительными участками морских ландшафтов являются активные пограничные слои и зоны, где даже незначительные нарушения природных равновесий могут вызвать ощутимые негативные последствия для окружающей среды (Сивков, Зотов, Кузьмин, 2004). Данное определение может быть использовано и для ландшафтов суши.

Этапы изучения и разработки понятия «чувствительность» как самостоятельного термина в большей степени связаны с развитием экологии как науки, и в частности ее прикладной части. В этой связи использования термина «устойчивость» уже не вписывалось в новые задачи природопользования и геоэкологии. Если ранее, при планировании хозяйственной деятельности достаточно было рассчитать природную емкость (устойчивость) ландшафта и не превышать этой установленной границы, то сейчас, опыт отечественных и зарубежных ученых свидетельствует о том, что учет природных условий на стадии проектирования позволяет уменьшить негативное воздействие на природную среду.

В теоретическом плане понятие «чувствительность» имеет не однозначную трактовку. Одни авторы считают его антонимом понятия «устойчивость», другие – самостоятельной характеристикой природных комплексов. Как следствие, встает вопрос о несовместимости методик его расчета. От точки зрения исследователя во многом зависит подход к оценке данного показателя. В первом случае критерии экологической чувствительности оказываются противоположными критериям устойчивости, но при этом остаются такими же. Это означает, что для оценки экологической чувствительности становится возможным применение методик и подходов, используемых для оценки устойчивости. Во втором случае подобная схема не применима и обязательным элементом становится разработка адаптированной системы критериев оценки чувствительности. Именно такой подход в настоящее время все чаще встречается в научной литературе, однако в большинстве своем он обнаруживает некоторые

сложности в сопоставлении методик, потому что и сами параметры, и их вклад (степень влияния) определяются экспертным путем и носят весьма субъективный характер.

Обратимся к терминологической базе понятия «чувствительность». Она во многом характеризуется неоднозначной трактовкой различными исследователями, что обуславливает сложности для использования его в прикладных задачах. В широком смысле, данный термин уже активно применяется в исследовательских работах различного уровня и направленности, но порой описывает достаточно разнородные характеристики.

Один из подходов (Журавель, Чурсина, 2001) носит узкоспециальный характер, что подчеркивается самими авторами в обосновании термина «экологическая чувствительность», под которой понимается классификация, отражающая уязвимость объектов оценки по отношению к возможным нефтяным загрязнениям и составляющая систему приоритетов для решения вопросов о важности и очередности защиты оцениваемых объектов от потенциальных и фактических нефтяных загрязнений. Таким образом, экологическая чувствительность объекта выступает в качестве комплексного показателя, отражающего ряд объективно-обусловленных категорий: социально-экономическая значимость объекта, связанная с природопользованием; биологическая ценность объекта, отражающая его роль в экосистеме района и при наличии сезонных и мигрирующих видов, в более широкой экосистеме; геоморфологическое строение объекта, определяющее его физическую подверженность и способность к удержанию загрязнений.

Другой подход отражен в статье В.П. Дедкова посвященной разработке ландшафтной программы Калининградской области (Дедков, 2006). Под категорией «чувствительность» понимается способность природного компонента на каждом участке территории изменять свои свойства и характеристики под воздействием антропогенных и природных факторов. При этом для отдельных компонентов природных комплексов определялись свои собственные, характерные параметры чувствительности. При составлении карты «Виды и

биотопы» в категории «чувствительность» принималась во внимание многофакторность угроз биологическому разнообразию (лесохозяйственная деятельность, осушительная мелиорация, сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых, развитие инфраструктуры территории, строительство, браконьерство, рекреационная нагрузка, пожары и иные виды деятельности человека), интенсивность и продолжительность действия факторов, а также способность к восстановлению основных компонентов экосистем. Поверхностные воды - чувствительность оценивалась по возможности площади речного бассейна регулировать поверхностный сток и реагировать на его изменения. Кроме того, принималась во внимание способность водных объектов противостоять загрязнению. Почвы - степень чувствительности для почвенного покрова определялась по потенциальной возможности развития водной и ветровой эрозии под воздействием различных антропогенных нагрузок.

При составлении карты «Облик ландшафта» в категории «чувствительность» наибольшее внимание обращалось на растительный покров территорий. Под чувствительностью облика ландшафта понималась потенциальная возможность утраты наиболее эстетически привлекательных его элементов под воздействием антропогенных факторов. Индикатором глубины и скорости утраты наиболее привлекательных компонентов ландшафта служил физиономический облик растительности, состояние основных растительных сообществ.

Подземные воды - чувствительность определялась на основе оценки стокорегулирующей способности территории. Использовались представления о влагоемкости почв и степени зарегулированности водоотдачи из зоны свободного водообмена. Учитывалась информация о проницаемости отложений, в пределах которых формируется фильтрационный поток, и уклонах местности, определяющих интенсивность почвенно-грунтового стока.

Использование термина «чувствительность» также нашло широкое применение за рубежом в исследованиях влияния нефтяного загрязнения на морские побережья. Gundlash E.R., Hayes M.O. (1978) одними из первых

разработали и ввели в широкие использование индекс экологической чувствительности (Environmental Sensitivity Index, ESI). Данный индекс отражает потенциальную чувствительность морского побережья к нефтяному загрязнению.

На основании этого подхода разработана классификация морских берегов по индексу ESI. В ее основе лежат следующие принципы: чувствительность к нефти зависит от степени защищенности берега от волнового воздействия, скорости проникновения нефти в подстилающие слои, времени естественного удержания нефти на берегу и биологической продуктивности береговых организмов (Шаплыгина, 2010). Эта методика получила свое отражение в многочисленных региональных исследованиях: в Индии (Manoj Raj Saxena et al., 2002), ОАЭ (Sexton, 1993), Португалии (Santos, Andrade, 2009), США (Jensen et al., 1998), и т.д.

1.3. Понятие «уязвимость»

На фоне интенсивного развития прикладных аспектов экологии в последнее десятилетие, в частности геоэкологических изысканий, в научной литературе начинает активно применяться термин «уязвимость» (Golobic, 2006; Chen Xuwei, 2006). Данное понятие появилось в научных статьях намного раньше – в одно время с понятиями «устойчивость» и «чувствительность», но не несло никакой самостоятельной смысловой нагрузки. В настоящее время этот термин приобретает собственное значение: экологическая уязвимость – это степень зависимости экосистемы от внешних воздействий, неспособность им противостоять. По-иному экологическую уязвимость можно определить как вероятность неблагоприятных изменений среды обитания, связанных с приложением внешних сил (Чернов, 2009). Уязвимость (акватории) – это ее способность к повреждению – изменения своих параметров в результате внешних воздействий, приводящих к нарушению функционирования и структуры сообщества ее населяющего (Новиков, 2006).

Можно обнаружить схожесть в определениях уязвимости и чувствительности, но почему тогда возникла необходимость разработки нового понятия? Понятие чувствительности применимо для целостных организованных объектов, какими являются организмы, популяции, экосистемы. Однако зачастую объекты исследования носят произвольно выбранный или формально «нарезанный» в системе географических координат характер (моря, локальные морские акватории, административные единицы разного уровня и т.д.). Поэтому приложение системных характеристик (устойчивость и чувствительность) не вполне корректно и порождает проблемы интерпретации результатов (Новиков, 2007). Термин уязвимость применим для дискретных объектов исследования. Оценку их состояния логично проводить на основе динамики количественных показателей; использование качественных показателей (видовой состав, индекс разнообразия и т.д.), описывающих структурные характеристики объектов с применением соответствующей для целостных систем терминологии (устойчивость, чувствительность и т.д.) представляется не вполне подходящей.

Результаты деятельности человека, вызывающие негативные экосистемные эффекты, чрезвычайно трудно отличить от естественных флуктуаций, имеющих место в приводных комплексах. Наряду с фрагментарностью данных по некоторым показателям, эти обстоятельства не позволяют использовать структурно-функциональные характеристики для их оценки. Альтернативный подход основывается на взаимосвязи живых и косных компонентов экосистемы, функционирующих как единое целое, следовательно, основные черты биологической структуры природных комплексов в самом общем виде могут быть представлены через комплекс абиотических показателей (Зотов, Кузьмина и др., 2004). Для таких исследований оптимальным является использование понятия уязвимости, за счет его количественного подхода к описанию динамики процессов. Использование этого понятия упрощает процедуру расчета результатов и их интерпретации.

Большое распространение в настоящее время получила концепция элементарных бассейново-ландшафтных систем. Сторонники данной концепции

считают подобные элементарные единицы оптимальными территориальными единицами мониторинга природной среды (Зотов, 2001). Однако противники данной концепции высказывают мнение о том, что подобная абиотическая основа не отражает в полной мере биотические показатели, что не позволяет базировать биотический мониторинг на этой основе (Малышев, Полюшкин, 1998). Также остается нерешенным вопрос о несовпадении границ крупных бассейновых и ландшафтных единиц. Поэтому методики оценки чувствительности территории, основанные на бассейново-ландшафтных единицах, вызывали активные дискуссии. Применение к такому подходу понятия уязвимости снимет все подобные споры. Пропадает необходимости жесткой привязки к понятию «экосистема», что решает вопросы несовпадения с ландшафтными границами. Необходимо заметить, что соотнесение результатов оценки территории и особенностей ландшафтной дифференциации должно проводиться и в этом случае, с целью выявления закономерностей и поиска возможных ошибок выбора показателей и компонентов оценки уязвимости. При реализации такого подхода есть возможность использовать методическую базу, разработанную для оценки чувствительности природных комплексов, для задач расчета показателя уязвимости, однако, пересмотреть некоторые подходы и адаптировать их для дискретных объектов.

Существующий ряд научных работ, посвященный оценке уязвимости различных природных комплексов и их компонентов к различным воздействиям, не обнаруживает единой методической базы. В ряде работ (Аристархова, 1997; Бадюков, 2004) термин «уязвимость» трактуется с позиции антонима термина «устойчивость», как следствие оценка уязвимости территории дается на основании рассчитанного показателя устойчивости.

В некоторых зарубежных исследованиях посвященных расчетам антропогенных воздействий на подземные воды (BurVal Working Group, 2006; Florian, Smith et al., 2013) термин «уязвимость» выступает синоним чувствительности. Авторы подчеркивают, что в широком смысле его можно описать как чувствительность качества подземных вод к внешнему воздействию,

которая определяется внутренними характеристиками водоносного горизонта. При этом подчеркивается, что уязвимость не является характеристикой экологического благополучия территории, она отражает лишь физические и биохимические свойства водоносного горизонта для транспортировки загрязняющих веществ с поверхности в нижележащие слои.

Ряд других работ определяет термин «уязвимость» как одну из самостоятельных характеристик геоэкологического состояния природных комплексов. Он представляет собой интегральную оценку возможностей территории и отражает степень опасности разрушения функциональных связей между системообразующими компонентами, обеспечивающими ее целостность и устойчивое развитие (Мирзеханова, 1993). Также аналогичный подход нашел отражение и в российских и зарубежных трудах – З.Г.Мирзеханова, В.В. Дмитриев (2004), В.Н. Михайлова (1996), J.Michel (1994).

Результаты сравнительного анализа понятий «устойчивость», «чувствительность» и «уязвимость» показали (Таблица 1), что их использование необходимо разграничивать по целям и задачам исследования, а так же по особенностям изучаемого объекта.

Таблица 1 – Сравнительный анализ понятий «устойчивость», «чувствительность» и «уязвимость» по объектам и параметрам оценки.

Параметры сравнения	Объект исследования	Критерии (параметры) оценки	Сопоставимость методик
Устойчивость	Структурные характеристики целостных систем: организмы, популяции и т.д.	На основе качественных (структурно-функциональных) показателей: видовой состав, индекс разнообразия и т.д	Мало-вероятна
Чувствительность			Могут быть адаптированы (с определенными доработками).
Уязвимость	Дискретные объекты: локальные акватории, административные единицы разного уровня и т.д.	На основе динамики количественных показателей: комплекс абиотических показателей	

Понятия «устойчивость» и «чувствительность» описывают структурные характеристики целостных систем на основе их качественных показателей. В то время как термин «уязвимость» целесообразно использовать для оценки состояния дискретных природных систем на основе динамики количественных показателей, т.е. описания основных черт биологической структуры природных комплексов через набор абиотических показателей. В методологическом отношении понятия «чувствительность» и «уязвимость» имеют значительную схожесть, поэтому методики их оценки могут быть сопоставимы.

Таким образом, под экологической уязвимостью понимается интегральный геоэкологический показатель состояния природных систем, отражающий возможность изменения компонентов экосистемы в результате внешних воздействий, приводящих к нарушению ее структуры и функционирования.

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УЯЗВИМОСТИ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ К АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

2.1 Методология и алгоритм оценки уязвимости природных комплексов

Общей задачей оценки уязвимости природных комплексов – является выявление природных комплексов особо остро реагирующих на техногенное воздействие с целью предотвращения или минимизации вероятности попадания техногенных загрязнителей в них. Анализ терминов «уязвимость» и «чувствительность» показал, что в методическом отношении данные понятия весьма схожи. В связи с этим целесообразно в качестве базы для разработки алгоритма оценки уязвимости природных комплексов использовать общие аспекты методологии анализа чувствительности, применяемой в геоэкологических исследованиях, адаптированные для региональных условий.

Анализ чувствительности и уязвимости, относится к многофакторному анализу. При применении его к географическим системам факторами выступают определенные техногенные воздействия (или группа воздействий), а объектом – природные системы с набором общих и специальных показателей, соответствующих особенностям данного техногенного фактора.

Таким образом, результат оценки уязвимости определяется двумя переменными, каждая, из которых, требует собственного изучения:

1. Анализ техногенных факторов – источников и причин трансформации природных систем;
2. Анализ структуры и функционирования природных систем и соответствующие им типы ответных реакций на введение чужеродных веществ, включая динамику процессов, особенности механизмов функционирования природных систем и т.д.

Рассмотрим отдельно эти две составляющие. Анализ техногенного фактора – это первый этап оценки экологической уязвимости природных комплексов. На этом этапе конкретизируются особенности техногенного воздействия:

производится характеристика свойств чужеродных веществ, попадающих в ходе хозяйственной деятельности в природную среду, характер их поведения в природных системах, а также режим техногенного воздействия. При необходимости составляется матрица, характеризующая возможные цепные реакции, возникающие при данном техногенном воздействии.

Существует ряд классификаций видов антропогенных воздействий описанных в научных статьях. Одна из таких классификаций, наиболее удовлетворяющая целям данного исследования, была разработана А.Г.Исаченко и Н.П. Солнцевой и в дальнейшем описанная и дополненная М.А.Глазовской (Глазовская, 1988) . Согласно данному подходу необходимо выделять два типа техногенных воздействий: 1) механические нагрузки, точнее все антропогенные воздействия вызывающие нарушение гравитационного равновесия и усиления денудационных процессов; 2) геохимическое загрязнение. Данная группировка техногенных воздействий была расширена Н.П.Солнцевой для решения задач геохимического прогноза, и включает учет ответных реакций природных систем на техногенное воздействие. Таким образом геохимический эффект существенно зависит от того, изымается, привносится или подвергается транслокации и трансформации вещество в ландшафте. (Рисунок 1)

По мнению М.А. Глазовской анализ техногенного фактора также должен включать описание режима антропогенного воздействия:

1. Постоянные: а) с постоянным модулем техногенного давления на природную среду (напр. перерабатывающие предприятия); б) с изменяющимся модулем техногенного воздействия. При расширении предприятий модуль техногенного воздействия увеличивается, а при одновременном улучшении технологии и защитных мер остается постоянным или уменьшается.

2. Техногенные воздействия периодического характера: а) нерегулярные (напр. аварийные ситуации на нефтепроводах и буровых площадках) и б) регулярные (напр. повторные известкования кислых почв или гипсование солонцев и т.д.).

3. Сильные воздействия (обычно крупная авария, взрыв) с мощным техногенным потоком вещества, вызывающим, как правило, трансформацию природных ландшафтов.

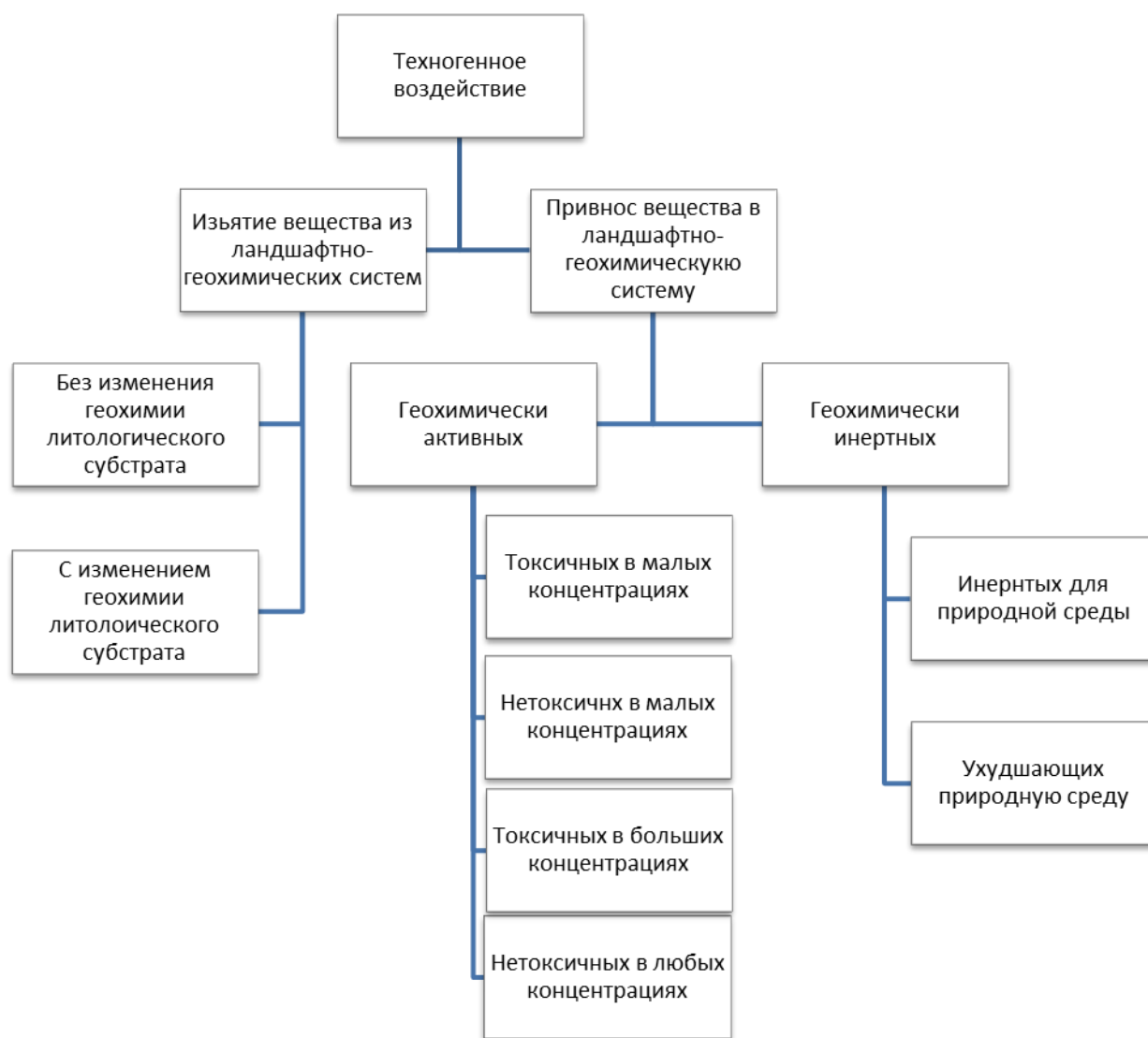


Рисунок 1 - Классификация антропогенных воздействий (Глазовская, 1988)

Отдельно выделяется группа воздействий обладающих кумулятивным эффектом (например, накопление токсичных элементов в живых организмах), усиливающие влияние даже слабых, но постоянных техногенных воздействий (Бессолицина, 2001).

Позднее, для решения прикладных задач экологических исследований были разработаны классификации техногенных воздействий для конкретных геосфер

земли. Примером такого подхода может служить группировка техногенных воздействий на литосферу разработанная В.Т.Трофимовым, В.А.Королевым и А.С.Герасимовой (Королев, 2007; Трофимов, 1997). Основная таксонометрическая единица этой классификации – классы, они выделяются по природе (механизму) техногенного воздействия: физическое, физико-химическое, химическое и биологическое с выделением в составе первого по конкретным физическим полям (термическое, радиационное, электромагнитное и т.д.) Типы воздействия обособлены по признаку «прямого» и «обратного» действия (повышение-снижение, эрозия-аккумуляция, нагревание-охлаждение и т.д.), виды – по конкретному техногенному влиянию, связанному с определенной группой источников воздействия. (Таблица 2)

Цель второго этапа оценки уязвимости состоит в анализе структуры и функционирования природных систем, выражающихся в их морфологической неоднородности. В ландшафтоведении неоднородность природных систем оценивается сама по себе. Однако разработка этой науки широко используются в прикладной географии, например, при оценке природных условий для сельскохозяйственного, рекреационного использования, при строительстве сооружений разного назначения и т.д. Предлагается их использовать и для определения экологической уязвимости. На основе ландшафтно-географического подхода осуществляется анализ структуры и функционирования природных систем.

В зависимости от цели и масштаба оценки, «ранга субъекта», избирается оптимальный ранг геосистем. При этом выбор ранга объекта (ландшафт, урочище, фация) в значительной степени предопределяет и облегчает отбор показателей. Например, при характеристике фаций необходимо учитывать микроклиматические условия, при характеристике ландшафта – общеклиматические условия. Морфологическая структура дает представление о структурно-функциональной модели геосистемы.

Таблица 2 – Классификация техногенных воздействий на литосферу (Королев, 2007; Трофимов, 1997)

Класс и подкласс воздействия		Тип воздействия	Вид воздействия
Физическое воздействие	Механическое	Уплотнение	Статическое, Виброуплотнение, Укатывание, Трамбование, Взрывоуплотнение
		Разуплотнение	Статическая разгрузка, Динамическая разгрузка
		Внутреннее разрушение массива	Бурение, Дробление, Фрезерование, Откалывание, Экскавация, Взрывное разрушение, Распахивание
		«Аккумуляция» рельефа	Отсыпка территории, Отвалообразование, Создание насыпей, Создание дамб
		Планировка рельефа	Строительная планировка, Дорожная планировка, Рекультивация, Террасирование склона
		«Эрозия» рельефа	Формирование выемок, Рытье каналов, котлованов, Подрезка склонов, Образование мульд проседания
	Гидромеханическое	Гидроаккумуляция рельефа	Гидронамыв дамб, Намыв золоотвалов, Намыв насыпей,
		Гидроэрозия рельефа	Гидроразмыв массивов, Просадочно-суффозионное воздействие,
	Гидродинамическое	Повышение напора	Нагнетание, инъекция, Подтопление, Орошение
		Снижение напора	Откачка, Дренаживание, Осушение
	Термическое	Нагревание	Кондуктивное (до 100С), Конвективное (до 100С), Обжиг (более 100С), Плавление, Термическое уплотнение
		Охлаждение	Биохимическое, Кондуктивное, Конвективное, Замораживание
	Электромагнитное	Стихийное	Наводка электрических полей
		Целенаправленное	Электрообработка, Электроосмос, Электролиз, Электросиликатизация
	Радиоактивное	Загрязнение	Короткоживущие радионуклиды, Долгоживущие радионуклиды
		Очистка	Химическая, Электрохимическая, Биологическая, Механическая
Физико-Химическое воздействие	Гидратное	Капиллярная конденсация, Дегидратация	
	Кольматирование	Физическое, Физико-Химическое	
	Выщелачивание	Прямое, Диффузионное	
	Ионообменное	Солонцевание, Собственно ионообменное	
Химическое воздействие	Загрязнение	Фенольное, Нитратное, Пестицидное, Гербицидное, Тяжелыми металлами, Углеродное, Кислотное, Щелочное, Засоление	
	Очистка	Нейтрализация, Рассоление, Разбавление	
	Закрепление массивов	Цементация, Силикатизация, Битумизация, Смолизация, Известкование	
Биологическое воздействие	Загрязнение	Бактериологическое, Микробиологическое	
	Очистка	Стерилизация	

Итогом ландшафтно-географического анализа является структурно-динамическая модель природных систем. Создается ландшафтная карта в соответствии с выбранным рангом геосистем и сводная таблица, в которой отражены важнейшие характеристики природных комплексов, выбранные в соответствии с основными особенностями техногенного фактора: биологические, геоморфологические, гидрологические, гидрогеологические, почвенные, геологические и инженерно-геологические климатические и т.д.

На основе анализа антропогенного фактора и ландшафтно-морфологической структуры объекта исследований выбираются характеристики компонентов природных комплексов, которые затем синтезируются в интегральные показатели. Итоговым этапом оценки экологической уязвимости природных систем является расчет параметрической матрицы, на основе которой составляются карты уязвимости к антропогенным воздействиям.

2.2. Анализ существующих методик оценки уязвимости природных комплексов

Рассмотрим примеры реализаций методик оценки уязвимости и чувствительности природных комплексов к различным антропогенным воздействиям. Существующие методики оценки уязвимости природных комплексов различаются по характеру объекта оценки, видов техногенных воздействий и набора оцениваемых факторов. Среди разработчиков таких методик выделим исследования: Л.В. Александровой (Дмитриев, Александрова, 2000), В.В. Дмитриева (2014), В.В. Сивкова, С.И. Зотова, Е.В. Кузьмина (2004), М.Г. Опекуновой (2001), Г.Т. Фрумина (1997), В.И. Журавель, Н.Н. Чурсиной (2001) E.R.Gundlash, M.O. Hayes (1978).

В работе В.И.Журавель и Н.Н.Чурсиной «Разработка методики картирования экологической чувствительности для планирования и осуществления защитных мер при разливах нефти в Арктике» (Журавель, Чурсина, 2001) основной упор делается на получение сводной оценки (индекса)

чувствительности для выбранного набора категорий и показателей. Для этой цели предусматривается свертка оценок по категориям с заданными весовыми коэффициентами. По значениям сводного индекса определяются три уровня чувствительности объекта к нефтяному загрязнению: низкий, средний и высокий, которые устанавливаются в качестве приоритетов реагирования и защитных мероприятий и наносятся на карты чувствительности.

В качестве первого приближения авторами рекомендуется использовать следующие значения:

1. С учетом важности образа жизни и хозяйственной деятельности местного населения, использующего ресурсы береговых зон (рыболовство, добыча и разведение морских животных) наивысший коэффициент – 2,0 присваивается категории «природопользование».

2. Категория «биологическая чувствительность» принимается к оценке с коэффициентом 1,75.

3. Для категории «подверженность нефтяным загрязнением» устанавливается коэффициент 1,5.

Указанные весовые коэффициенты допускают уточнение для каждого морского района.

В свою очередь, каждая категория характеризуется группой параметров, каждый из которых имеет свою базисную оценку, устраиваемую таким образом, что более высокий балл соответствует более высокой чувствительности.

Стоит отметить упомянутые в работе рамки применимости авторского методического подхода для оценок экологической чувствительности:

1. Как таковая, оценка не имеет прямой связи с определением вероятности и масштабов возникновения и распространения аварийных разливов нефти, что является отдельной задачей.

2. В применяемом в работе смысле оценка направлена на решение вопроса об относительных величинах ущербов в случае загрязнения.

3. Оценка является действительной только для конкретного морского района, подвергающегося единовременным опасным воздействиям (сравнение и

перенос оценок для одного района на другие или одновременное использование оценок для различных районов не предусматривается).

4. Как правило, в связи с характерной сезонной изменчивостью распределения биологических ресурсов оценка имеет сезонный характер.

В общем виде оцениваемые категории и показатели группируются в следующие группы:

- Использование биологических и природных ресурсов местным населением
- Социально-экономические и культурные аспекты
- Наличие редких и охраняемых видов
- Природоохранный статус территории
- Области концентрации животных
- Биологическое разнообразие
- Биологически важные территории
- Типы береговых зон по степени подверженности нефтяным загрязнениям
- Наличие ранее загрязненных территорий.

Сводный индекс чувствительности объекта определяется как взвешенная сумма частных индексов.

Заключительным этапом оценки является картирование и составление карт экологической чувствительности, с выделением районов береговых зон по уровню чувствительности (низкая, средняя, высокая) к нефтяным загрязнениям, которые определяются по значению суммарного индекса и отображаются на карте цветом.

Иной методический подход реализуется в работе В.В. Сивкова, С.И. Зотова, Е.В. Кузьмина (Сивков, Зотов, Кузьмин, 2004) «Оценка экологической чувствительности прибрежных ландшафтов Калининградской области к химическому загрязнению». В этой работе обосновывается принцип перехода к использованию абиотических показателей для описания основных черт биологической структуры моря.

Авторы сходятся во мнении, что подводные (донные) ландшафты являются наиболее репрезентативным компонентом морских экосистем с точки зрения

экологической чувствительности. Также дается обоснование необходимости оценки чувствительности подводных ландшафтов по принципиально важным показателям экосистемы – популяционно-биоценотическим эффектам антропогенного воздействия на морскую среду. Они включают в себя структурные (видовой состав, его разнообразие, биомасса популяции, а также пространственная и временная вариабельность этих параметров) и функциональные (первичная продукция, микробиологическая активность, трофические связи) характеристики.

Авторами отмечается, что результаты деятельности человека, вызывающие негативные экосистемные эффекты, чрезвычайно трудно отличить от естественных флуктуаций, имеющих место в любой морской экосистеме. Наряду с фрагментарностью данных это обстоятельство не позволяет использовать структурно-функциональные характеристики для картирования экологической чувствительности рассматриваемого района.

Альтернативный подход основывается на том, что живые организмы находятся в постоянном взаимодействии с абиотическими (физическими, химическими) факторами морской среды, не только приспосабливаясь к ним, но в процессе своей жизнедеятельности оказывают существенное влияние на физико-химические процессы в среде. Живой и косный компоненты экосистемы функционируют как единое целое. Следовательно, основные черты биологической структуры моря в самом общем виде могут быть представлены через комплекс абиотических показателей.

Для расчета и получения интегрального показателя экологической чувствительности в работе использовалась трехфакторная матрица, учитывающая фактор глубины, грунта и расстояния от берега. Все три группы параметров были ранжированы, а результаты ранжирования (в баллах) просуммированы. В результате было выделено пять градаций генерализированного показателя чувствительности морской среды: высокая чувствительность, повышенная, умеренная, пониженная, низкая.

Аналогичный подход использовался для картирования и ранжирования чувствительности природных комплексов к нефтяному загрязнению выполненной С.И.Зотовым, Н.Н.Лазаревой, Н.С.Беловым (Зотов, Лазарева и др., 2006), для материковой части Калининградской области - верхового болота Целау.

Был выбран подход, основанный на расчете интегрального показателя чувствительности посредством суммирования вкладов частных параметров. При этом и сами параметры, и их вклады (степень влияния) определялись экспертным путем на основании результатов полевых исследований и картографических материалов. Результаты оценки выражались в баллах.

Среди оцениваемых параметров были выделены: расстояние до водотока, уровень грунтовых вод, механический состав почвогрунтов, тип угодий, наличие нерестового статуса, охраняемый статус территории.

Авторами подчеркивалось, что необходимым условием использования матрицы оцениваемых параметров является составление ландшафтной карты района исследования, с которой снималась информация для бальной оценки параметров.

В диссертационной работе Т.В.Шаплыгиной «Геоэкологическая оценка состояния природных комплексов Куршской и Вислинской кос» (Шаплыгина, 2010) методика оценки уязвимости природных комплексов к природному и антропогенному воздействию основывается на расчете интегрального показателя устойчивости и дегрессии. Отмечается, что выражение, описывающее изменение уязвимости в зависимости от устойчивости и дегрессии, было получено в рамках следующих предпосылок:

1. Под уязвимостью ландшафта понимается его неспособность противостоять различным видам воздействия.
2. Уязвимость достигает максимального значения при минимальной устойчивости и максимальной дегрессии, а минимального значения при максимальной устойчивости и минимальной дегрессии.

3. Исходя из многолетнего ряда наблюдений установлено, что природный комплекс на последней стадии дигрессии является чрезвычайно нестабильным, т.е. уязвимость возрастает при малом изменении дигрессии значительно быстрее, чем когда природный комплекс находится на начальных стадиях дигрессии.

Исходя из этого, полуэмпирическая формула расчета интегральной уязвимости, полученная методом наименьших квадратов при обработке натурных данных, выглядит следующим образом:

$$V = 1 - \sqrt{0,25 + 0,01953S^2 - 2,015623(D - 0,5)^3} \quad (1)$$

где V – интегральный показатель уязвимости, S – интегральный показатель устойчивости, D – интегральный показатель дигрессии. Все константы формулы безразмерны.

В работах М.А.Новикова посвященных анализу токсикологической уязвимости морских акваторий (Новиков, 2006, 2007) дается детальный анализ методик расчета показателя уязвимости. Особый упор в этих работах делается на использовании данного термина как самостоятельной экологической характеристики оцениваемой территории, не связанной с «устойчивостью» и «чувствительностью».

Автором предлагается следующая методика расчета интегрального показателя – для расчета синтетической оценочно карты, на завершающем этапе работы использовались данные нормированных показателей, относящихся к разным темам в рамках заданной акватории. Основой этих расчетов служит гипотеза аддитивности индивидуальных вкладов. В результате использования аддитивной модели (взвешенная сумма) получался комплекс интегральных показателей, представляющих собой вектор той же размерности, что и базовый, каждый i -ый компонент которого вычислялся по формуле:

$$X_i = \left(\sum_{j=1}^p B_{ij} w_j \right) \quad (2)$$

где, B_{ij} – компоненты j -го вектора из p исходных показателей, выраженных в нормированной шкале, w_j – весовые коэффициенты, отражающие относительную

важность j -го показателя в конструкции обобщенного показателя (интегральной оценки). Множитель w_j представляет собой произвольное неотрицательное число, задаваемое методами экспертных оценок.

Отличительной особенностью данной работы было проведение нормирования не дисперсиям, а по алгоритму, рекомендуемому для создания оценочных карт. Подобный алгоритм позволяет учитывать степень «оптимальности» нормируемого показателя с позиции его ожидаемого вклада в конечный результат. В общем виде нормировка системы исходных показателей производилась по следующей формуле:

$$X_{ij} = \frac{|x_{ij} - x_j|}{|\max/\min x_j - x_j|}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3)$$

где, x – наилучшее или наихудшее для каждого показателя оценочные значения, n – количество исследуемых территориальных единиц, m – количество показателей (x_{ji}), $\max/\min x$ – наиболее отличающиеся наилучших (или наихудших) значения показателей.

Данная нормировка дает возможность выразить отклонения всей системы показателей от наилучших или наихудших оценочных значений, и тем самым, правильнее с содержательных позиций соизмерить их между собой.

Поскольку максимальная величина синтетической оценки прямо зависит от количества интегрированных в нее переменных, для лучшей ее интерпретации, а также сравнения оценок между собой, полученную оценку можно соотнести с числом этих переменных или, правильнее, с суммой весовых коэффициентов. Это вполне естественно при использовании нормированных данных. Полученное значение не будет зависеть от числа показателей, и будет отражать степень приближения (соответствия) оценки в каждой конкретной точке акватории к максимальным или минимальным значениям, или, иными словами, к оптимуму или пессимуму ситуации. Такая задача решается элементарно вводом в формулу расчета оценки добавочного действия (деления на p).

В итоге мы можем иметь уже не бальную оценку (взвешенную сумму), а сразу коэффициент или индекс соответствия – взвешенное среднее, вычисленное по формуле:

$$X_i = \frac{(\sum_{j=1}^p B_{ij} w_j)}{\sum_{j=1}^p w_j} \quad (4)$$

где, B_{ij} – компоненты j -го вектора из p исходных показателей, выраженных в нормированной шкале, w_j – весовые коэффициенты, отражающие относительную важность j -го показателя в конструкции обобщенного показателя (интегральной оценки).

Стоит остановиться еще на одном методическом подходе, разработанном В.В.Дмитриевым, совмещающем подходы ранее описанных методиках, но имеющий ряд преимуществ с точки зрения расчет и моделирования весовых коэффициентов в ситуации информационного дефицита.

Разработке направления многокритериальной оценки уязвимости к различным воздействиям посвящен целый ряд научных статей и материалов В.В. Дмитриева (2004, 2010, 2014). В общем виде его подход основывается на разработке многокритериальной оценки уязвимости исследуемых объектов к изменению параметров естественного и антропогенного режимов. Для этого используется следующая последовательность действий:

Этап 1. Отбор m исходных критериев x_1, \dots, x_m , которые образуют группы показателей, отражающих различные параметры исследуемых свойств. Определяются предельные значения x_{\min}, x_{\max} , вид и монотонность связи исходных параметров с исследуемыми свойствами объекта.

Этап 2. Для каждого критерия проводится нормирование показателей на основе разработанных нормирующих функций, учитывающих вид (прямая, обратная) и линейность (нелинейность) связи выбранного критерия с оцениваемым свойством. В результате нормирования получаются безразмерные показатели q_1, \dots, q_m , $0 \leq q_i \leq 1$. Каждый q_i является функцией исходной характеристики $q_i = q_i(x_i)$ и позволяет оценить исследуемое свойство с точки зрения i -го критерия.

Этап 3. Вводится функция $Q(q)=Q(q_1, \dots, q_m)$, агрегирующая нормированные показатели q_1, \dots, q_m в единый интегральный показатель $Q=Q(q)$. На синтезирующую функцию, определяющую этот показатель, накладываются ограничения: $Q(0, \dots, 0)=0$; $Q(1, \dots, 1)=1$; $0 \leq Q \leq 1$. В качестве простейшей синтезирующей функции, которая применяется в данной работе, выбрана линейная функция вида:

$$Q = Q(q, w) = Q(q_1, \dots, q_m; w_1, \dots, w_m) = \sum q_i w_i \quad (5)$$

Этап 4. Моделирование значимости отдельных критериев (приоритетов). В геоэкологических (эколого-географических) оценках значимость отдельных критериев традиционно оценивается при помощи сравнительных суждений типа «данный критерий более важен для общей оценки, чем другой критерий» или «данные критерии имеют одинаковую значимость для интегральной оценки» и т.п. Таким образом, значимость отдельных критериев чаще всего измеряется по нечисловой (ординальной, порядковой) шкале, или всем критериям навязывается равенство приоритетов оценивания. В других случаях исследователь задает интервалы возможного варьирования весовых коэффициентов. В связи с этим появляется необходимость работы с нечисловой (порядковой), неточной (интервальной) информацией, которая чаще всего бывает и неполной (не для всех весовых коэффициентов заданы нетривиальные равенства и неравенства, соответствующие интервальной и порядковой информации). Нечисловая, неточная и неполная информация (т.н. «ннн» - информация) индуцирует целое множество допустимых наборов весовых коэффициентов при получении интегральных оценок.

На данном этапе моделируются весовые коэффициенты $w = (w_1, \dots, w_m)$ – неотрицательные «веса», задающие значимость (важность, весомость, приоритетность) отдельных параметров для оцениваемого свойства ($w_1 + \dots + w_m = 1$) с учетом экспертной информации о весах:

Ординальная (порядковая) – ОI:

$$OI = \{w_r > w_s, w_u = w_v, \dots, r, s, u, v, \in \{1, \dots, m\}\}; \quad (6)$$

Интервальная - II:

$$II = \{0 \leq a_i \leq w_i \leq b_i \leq 1 \{1, \dots, m\}\}; \quad (7)$$

В итоге учитывается вся информация: $I = OI + II$

Этап 5. Осуществление перехода к интегральной оценке $Q(q;I) = MQ(q;I)$:

$$\overline{Q^{(j)}}(I) = \overline{Q}(q^{(j)}; I) = \overline{Q}(q^{(j)}), \overline{w}(I) = \frac{1}{N(m,n;I)} \sum_{t=1}^{N(m,n;I)} Q^{(t)}(q^{(j)}) \quad (8)$$

Этап 6. Апробация подхода для отдельных свойств и состояния систем в целом.

2.3. Авторская методика оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям

Анализ и обобщение различных методик оценки уязвимости для химического и механического воздействий показали целесообразность создания обобщенной интегральной матрицы, на основании которой по одним и тем же показателям можно было бы оценить эти два вида уязвимости. Данный подход основывается на следующем положении - даже при возможности четко классифицировать воздействия на различные типы и классы, они остаются по своей сути многофакторными. В качестве модельных объектов воздействия изучались 21 полигон твердых бытовых отходов (ТБО), 26 месторождений нефти, 33 карьера песчано-гравийных материалов (ПГМ). Многофакторность взаимодействия выбранных объектов и ландшафтов очевидна.

В полевых условиях с 2005 по 2012 г. автором оценивались значения уровня грунтовых вод, гранулометрического состава почв, уклона земной поверхности и некоторых других параметров. В процессе камеральной обработки определялись нерестовый статус водоема и охраняемый статус территорий (исследуемого участка). В качестве модельных территорий в период полевых и камеральных работ были выбраны отличающиеся по ландшафтным и морфометрическим характеристикам участки: северное побережье Калининградского п-ва (п. Сокольники), восточное побережье Куршского залива (пос. Ушаково), бассейнов

рек Лава (п.Новобобруйск), Дейма (г.Гвардейск), Шешупе (п.Тимофеево) и др. Методика использования ГИС в целях оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям описана в разделе 4.1 диссертации.

Методика расчета интегрального показателя уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям включает в себя:

1. Выбор и обоснование критериев оценки уязвимости.
2. Составление параметрической матрицы и градация критериев оценки в соответствии с разработанными классами уязвимости.
3. Расчет весовых коэффициентов параметров оценки уязвимости.
4. Выбор оптимальной территориальной операционной единицы оценки.

Первый этап разработки методики расчета интегрального показателя – обоснованный выбор критериев оценки уязвимости природных комплексов (Дмитриев, 2000). Очевидно, что данный выбор должен соответствовать принципу универсальности и независимости параметров, их дополнения, но не дублирования. Принимая во внимание общую структуру ландшафтов, набор критериев должен представлять собой сочетание геоморфологических, гидрологических, почвенных и др. параметров. Учитывая практические аспекты оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям, целесообразно использовать набор критериев предложенных в системе оценок воздействия на окружающую среду (Пособие по ОВОС, 1992) следующие (Таблица 3).

Таблица 3 - Факторы оценки природных условий размещения народнохозяйственного объекта (на основании материалов - Пособие по ОВОС, 1992)

Факторы по ОВОС	Возможные параметры оценки уязвимости
Климатические	- Годовая сумма осадков
Земельные	- Тип угодий
Инженерно-геологические и почвенные	- Гранулометрический состав почв
Гидрогеологические	- Уровень грунтовых вод
Геоморфологические	- Уклон земной поверхности
Гидрологические	- Густота речной сети - Расстояние до водотока
Биологические	- Нерестовый статус - ООПТ

В дополнение к вышеописанным подходам, выбор показателей производился с учетом следующих теоретических положений (Кесорецких, Зотов, 2012):

1. Главные функциональные звенья ландшафта - влагооборот, геохимические круговороты, энергообмен. Одна из ведущих функций ландшафта - обеспечение потоков веществ и энергии.
2. Основные черты биотической структуры ландшафта в общем виде могут быть соотнесены с комплексом абиотических показателей.
3. Выбор оценочных параметров определяется особенностями изучаемого объекта, целями и задачами исследования.

Описанные положения в широкой трактовке отражают принципы метода формализованных оценок, особенностями которого является: исключение экспертных оценок на начальных этапах и использование показателей имеющих количественное выражение (Кочуров, 2003, 2009). Соответствующая матрица разработана для природных условий Калининградской области (Таблица 4).

Таблица 4 - Матрица параметров уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям (Зотов, Кесорецких и др., 2012)

№	Параметр	Градация уязвимости									
		Высокая		Повышенная		Умеренная		Пониженная		Низкая	
		от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
1	Расстояние до водотока (м)	0	200	201	400	401	600	601	800	801	1000
2	Уклон земной поверхности (°)	20	17	16	13	12	9	8	5	4	0
3	Густота речной сети (км/км ²)	1,4	1,25	1,24	1,11	1,10	0,96	0,95	0,80	0,79	0,60
4	Нерестовый статус	Есть		Есть		Нет		Нет		Нет	
5	Охраняемый статус	Есть		Есть		Нет		Нет		Нет	
6	Уровень грунтовых вод (м)	0,5	2,0	2,1	4,0	4,1	6,0	6,1	8,0	8,1	10,0
7	Гранулометрический состав почв	Песчаные		Супесчаные		Супесчано-суглинистые		Суглинистые		Глинистые	
8	Тип угодий	Болотные		Лесные		Лесные		Луговые (с/х)		Луговые (с/х)	

Принималось, что расстояние до водотока (м) – кратчайшая дистанция от источника воздействия или оцениваемой точки до ближайшего поверхностного водотока. В интегральном виде этот показатель отражает соподчиненность плакорных, транзитных и аккумулятивных ландшафтов, которые определяют пути миграции и накопления поллютантов (Зотов, Кесорецких, 2013). Таким образом, чем ближе находится источник воздействия к водотоку, тем выше шанс попадания химических загрязнителей в поверхностные воды и их транспортировки на значительные расстояния. Также стоит учитывать, что на границах разделения сред (суша-вода) наиболее активно идут геохимические процессы, вследствие чего механические воздействия могут создавать значительные нарушения в их динамике - создавать геохимические барьеры и изменять структуру миграционных процессов. Данный показатель изменяется в значениях от 0 до 1000 метров, при этом, чем меньше его значение, тем выше показатель уязвимости. В эту градацию включены как границы водоохранных зон (Водный кодекс, 2006), так и буферная территория (до 1000м) с которой возможна миграция загрязнителей в поверхностные водотоки.

Нерестовый статус водотока (наличие/отсутствие) – это показатель отношения водотока или его отдельного участка к территории с особыми условиями рыбопромысловой деятельности (Об утверждении Правил рыболовства..., 2013). В интегральном виде он отражает сезонную динамику водных биоресурсов в поверхностных водотоках (нерест рыбы), тем самым маркируя участки территории, находящиеся в зоне возможного химического и механического воздействия от районов нереста. Нарушения, вызванные различными антропогенными воздействиям в обозначенных территориях могут приводить к серьезнейшим изменениям структуры и численности ряда морских и речных биологических видов рыб. Потенциально более уязвимыми к антропогенным воздействиям оцениваются участки, имеющие нерестовый статус.

Охраняемый статус (наличие/отсутствие) – показатель отношения оцениваемой территории или ее участка к зонам с особыми условиями использования (особо охраняемым природным территориям (ООПТ),

водоохраным зонам). Для целей расчета интегрального показателя уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям этот критерий маркирует участки, имеющие особое значение для обеспечения биоразнообразия, сохранения редких и охраняемых видов флоры и фауны. Последствия антропогенных воздействий на данных территориях могут иметь необратимый характер, поэтому более уязвимыми считаются территории, обладающие этим статусом.

Уровень грунтовых вод (м) – определяет глубину залегания первого от поверхности земли водоносного горизонта. На исследуемой территории водоносный горизонт находится на глубинах от 0,5 до 10 метров и приурочены к различным генетическим комплексам позднеледниковых и послеледниковых отложений: болотных, эоловых, аллювиальных, озерно-ледниковых, морских, краевых ледниковых образований, донной морены (Гидрогеология СССР, 1970). Грунтовые воды рассматриваются в данной критерии как миграционные каналы транспортировки веществ и энергии в пределах природных комплексов. Таким образом, возможные химические загрязнители, попадающие в грунтовые воды, могут переноситься на значительные расстояния, увеличивая площадь поражения и повышая опасность вторичного загрязнения водоносных грунтов. Уязвимость к механическому воздействию, определяется главным образом за счет влияния на гидродинамические (повышение, понижение уровня) и гидрохимические (геохимические и механические миграционные барьеры) показатели грунтовых вод. Уязвимость природных комплексов возрастает с уменьшением уровня грунтовых вод. Чем ближе к поверхности залегают водоносные горизонты, тем заметнее и активнее проявляются результаты антропогенных воздействий (Белоусова, 2011; Злобина, 2011).

Гранулометрический состав почв – описывает механический состав почв оцениваемого участка. В интегральном виде выражает величину инфильтрации химических загрязнителей (в виде фильтрата), и площадь их распространения вдоль вертикального почвенного разреза. В значительной степени инфильтрационные свойства почв определяются их гранулометрическим составом (Пиковский, 2004; Батраченко, 2010). Почвы легкого

гранулометрического состава обладают хорошими фильтрационными свойствами, в то время как тяжелого выступают в роли водоупоров, делая грунтовые воды более защищенными от поступления загрязнителей (в виде фильтрата) с поверхности. Уязвимость к механическому воздействию оценивается главным образом из возможности активизации негативных склоновых процессов (Павловский, 2010). С этой точки зрения более уязвимыми будут почвы песчаного и супесчаного состава, т.к. процессы выветривания, эрозии и дефляции протекают в них намного активнее, чем в почвах с преимущественным глинистым составом. Это предположение подтверждается расчетами значения коэффициента эрозионности для почв Калининградской области различного гранулометрического состава (Материалы международного проекта Балтазар, 2010). Так в частности наибольшим риском эрозии обладают почвы песчаного и песчанистого состава (коэффициент эрозионности 0,4-0,43 т/га), наименьшим суглинистые (коэффициент эрозионности 0,3-0,25 т/га) и глинистые почвы (коэффициент эрозионности 0,21 т/га).

Тип угодий – характеристика территории по категориям использования земель: болотные, лесные, луговые (сельскохозяйственные). Химическое загрязнение потенциально более опасно для болотных и лесных угодий, учитывая их роль в формировании биоразнообразия и функционирования природных комплексов. К тому же, территории болотных угодий представляют собой сложный природный комплекс, характеризующийся высокими сорбционными способностями (главным образом за счет органогенных и гумусовых сорбционных барьеров) почв его слагающих (Пиковский, 2004). Потенциально такие почвы являются барьерами накопления нефтепродуктов за счет высокой способности к аккумуляции углеводов. Механическое воздействие главным образом выражается в нарушении проективного покрытия угодий, изменения физических показателей грунтов (уплотнение, удаление, перемешивание), влияние на гидродинамические показатели (подпруживание территории), динамику и интенсивность геохимических и биологических процессов.

Густота речной сети ($\text{км}/\text{км}^2$) – соотношение длины всех поверхностных водотоков к площади оцениваемого участка территории. Чем выше этот показатель, тем активнее происходит миграция химических поллютантов через поверхностные водотоки. Этот критерий описывает одновременно плотность потенциальных миграционных и транспортных связей природных комплексов, и непосредственно сами поверхностные водотоки как объекты возможного химического загрязнения. Механические воздействия с ростом величины густоты речной сети, способствуют повышению уязвимости природных комплексов и могут в значительной степени изменять как гидрохимические показатели (за счет создания геохимических барьеров) так и гидродинамические (изменение уровня вод за счет дополнительного гидравлического напора). Величина изменения данного параметра соответствует расчетным данным, приведенным в географическом атласе Калининградской области (Кучерявый, 2002).

Уклон земной поверхности ($^\circ$) – значение крутизны склона оцениваемой территории. Данный параметр имеет важное значение для формирования стока (миграции химических загрязнителей) и проявления эрозии почв (за счет механического воздействия) (Кузнецов, 1996; Морозов, 1975). Чем активнее загрязнитель мигрирует в рамках территории природного комплекса, тем значительней будет его негативное влияние на отдельные компоненты среды. Таким образом, чем выше значение уклона земной поверхности, тем потенциально более уязвима оцениваемая территория к химическому воздействию. С увеличением величины уклона также активизируются упомянутые склоновые и эрозионные процессы, маркирующие уязвимость к механическим воздействиям. За исходную градацию показателя уклона земной поверхности были взяты классификации поверхностей и склонов по крутизне И.Д. Брауде (Кузнецов, 1996) и М.Н. Заславского (Жучкова, 2004). С учетом региональных особенностей рельефа Калининградской области градация уклонов изменяется от 0 до 20 градусов. Верхняя граница градации соответствует категории «крутые» поверхности и склоны в обозначенных классификациях.

Численные выражения и характеристики параметров оценки, использованные в методике, были уточнены и скорректированы в ходе сопоставления с данными полевых и камеральных исследований автора выполненных на территории Калининградской области в выбранных модельных участках.

Описанный набор параметров матрицы является базовым или основным, наравне с ними возможно использование дополнительных критериев, которые отражали бы специфику характеристик присущих отдельным объектам оценки. Такой подход к анализу оценки носит название двухуровневого (Белов, 2011). Его назначение заключается в повышении репрезентативности оценки путем введения второй матрицы параметров (напр. степень нарушенности земель, назначение земель и т.д.). Использование такого подхода позволяет охватить весь спектр характеристик, но при этом разделить их на приоритетные или те, чей вклад наиболее и наименее значим для оценки уязвимости.

В общем виде схема расчета в этом случае имеет следующий вид:

$$I_y = (\sum P_o + \sum P_d) K_\phi \quad (9)$$

где I_y - расчетный интегральный показатель, $\sum P_o, \sum P_d$ - суммы баллов основных и дополнительных параметров оценки природных комплексов, K_ϕ - весовой коэффициент, рассчитываемый с учетом экологической или экономической значимости территории или объекта.

Следующий этап оценки интегральной уязвимости это расчет суммарного интегрального значения для каждой оцениваемой точки или территории. Для этого использовалась последовательность операций, которая изложена в работах В.В. Дмитриева (2000, 2004, 2010). В таблице (Таблица 5) представлена исходная классификация параметров уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям (химическому, механическому).

Важнейшим этапом расчета интегрального показателя уязвимости ландшафтов является расчет весовых коэффициентов параметрической матрицы. Это своего рода численное выражение значимости различных критериев для итогового показателя уязвимости. Для решения этой задачи необходимо ответить

на два вопроса: во-первых, какие из выбранных параметров (Таблица 5) являются более значимыми для оценки уязвимости ландшафтов, во-вторых рассчитать их численное выражение согласно методике рандомизированных сводных показателей.

Таблица 5 - Исходная классификация параметров для оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям

№	Параметр / Градация	Высокая		Повышенная		Умеренная		Пониженная		Низкая	
		от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
1	Расстояние до водотока (м)	0	200	201	400	401	600	601	800	801	1000
2	Нерестовый статус, баллы	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
3	Уровень грунтовых вод (м)	0,5	2,0	2,1	4,0	4,1	6,0	6,1	8,0	8,1	10,0
4	Гранулометрический состав почв, баллы	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5
5	Тип угодий, баллы	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5
6	Охраняемый статус, баллы	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
7	Густота речной сети (км/км ²)	1,4	1,25	1,24	1,11	1,10	0,96	0,95	0,80	0,79	0,60
8	Уклон земной поверхности (°)	20	17	16	13	12	9	8	5	4	0

Примечание:

1. Наличие нерестового и охраняемого статуса соответствует один балл, отсутствию данных статусов соответствует два балла.
2. По гранулометрическому составу почв 1-2 балла соответствуют песчаным почвам, 2-3 балла супесчаным и супесчано-суглинистым, 3-4 балла суглинистым и 4-5 баллов глинистым почвам.
3. По типу угодий 1-2 баллам соответствуют болотные угодья, 2-3 баллам лесные, 3-5 баллам луговые (с/х).

В ходе работ по выбору оптимальных показателей уязвимости было проанализировано 20 информационных сценариев распределения значимости параметров. Рассмотрим три наиболее показательные: 1) отсутствие информации о важности отдельных параметров – равенство оценок всех весовых коэффициентов; 2) наиболее важными параметрами являются показатели наличия нерестового и охраняемого статуса, менее значимыми являются показатели уклона земной поверхности и типа угодья; 3) наиболее важными являются

показатели расстояние до водотока, уровень грунтовых вод, гранулометрический состав почв. Расчет математических ожиданий и стандартных отклонений согласно методике рандомизированных показателей позволит определить искомые оценки весоности параметров и определить их точность.

Для расчета искомых оценок весоности была использована последовательность действий, описанная в методике Н.В. Хованова используемая для моделей учета неопределенности при построении сводных показателей эффективности деятельности сложных производственных систем (Хованов, 1996, 2006; Колесов, Михайлов, Хованов, 2004). Практическая реализация расчетов производилась с использованием программных возможностей языка PHP (Рисунок 2). В качестве исходных данных были использованы следующие характеристики: 1) количество показателей – 8 (Таблица 5); 2) изменение значений весовых коэффициентов может варьировать от 0 до 1 (Хованов, 2006); 3) минимальный шаг с которым может изменяться значение весовых коэффициентов составляет – 0,05; 4) сумма всех весовых коэффициентов (согласно методике) составляет 1. Количество возможных числовых комбинаций в заданных условиях составляет 888 тысяч значений.

```

1  <?
2  $combinations = array();
3  $combinations2 = array();
4  $_step = 5;
5  $_top = 40;
6
7  for($q=0;$q<=$_top;$q=$q+$_step){
8      for($w=0;$w<=$_top;$w=$w+$_step){
9          for($e=0;$e<=$_top;$e=$e+$_step){
10             for($r=0;$r<=$_top;$r=$r+$_step){
11                 for($t=0;$t<=$_top;$t=$t+$_step){
12                     for($y=0;$y<=$_top;$y=$y+$_step){
13                         for($u=0;$u<=$_top;$u=$u+$_step){
14                             for($i=0;$i<=$_top;$i=$i+$_step){
15                                 if ($q+$w+$e+$r+$t+$y+$u+$i == 100){
16                                     if ($q==$_y && $_y==$_e && $_e>$_u && $_u==$_w && $_w==$_i && $_i==$_r && $_r==$_t){
17                                         $combinations2[] = array(
18                                             ($q/100),
19                                             ($w/100),
20                                             ($e/100),
21                                             ($r/100),
22                                             ($t/100),
23                                             ($y/100),
24                                             ($u/100),
25                                             ($i/100),
26                                         );
27                                     }
28                                 }
29                             }
30                         }
31                     }
32                 }
33             }

```

Рисунок 2 - Исходный код (PHP) для расчета искомых оценок весоности параметров

Полученные таким образом результаты расчетов представлены в таблице (Таблица 6):

Таблица 6 - Оценка весовых коэффициентов параметров уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям

Параметр	Вариант		
	1	2	3
Расстояние до водотока	$0,125 \pm 0,13$	$0,1 \pm 0,035$	$0,25 \pm 0$
Уклон земной поверхности	$0,125 \pm 0,13$	$0,0125 \pm 0,022$	$0,05 \pm 0$
Густота речной сети	$0,125 \pm 0,13$	$0,1 \pm 0,035$	$0,05 \pm 0$
Нерестовый статус	$0,125 \pm 0,13$	$0,2875 \pm 0,074$	$0,05 \pm 0$
Охраняемые статус	$0,125 \pm 0,13$	$0,2875 \pm 0,074$	$0,05 \pm 0$
Уровень грунтовых вод	$0,125 \pm 0,13$	$0,1 \pm 0,035$	$0,25 \pm 0$
Гранулометрический состав почв	$0,125 \pm 0,13$	$0,1 \pm 0,035$	$0,25 \pm 0$
Тип угодий	$0,125 \pm 0,13$	$0,0125 \pm 0,022$	$0,05 \pm 0$

Примечание. Стандартные отклонения для 3го варианта составляют 0 т.к. данная комбинация значений является единственно возможной в заданных условиях.

Анализ полученных данных позволяет сделать выводы о достоверности полученных оценок. Третий информационный сценарий с ведущими показателями расстоянием до водотока, уровнем грунтовых вод и гранулометрическим составом почв, действительно отражает наиболее возможную картину распределения весовых коэффициентов. Данные параметры отражают наиболее важнейшие характеристики природных комплексов, а именно массо- и энергообмен. Расчет суммарного интегрального показателя производится по следующей формуле (5):

$$Q = Q(q, w) = Q(q_1, \dots, q_m; w_1, \dots, w_m) = \sum q_i w_i$$

Где q_i – нормированное значение i -го показателя, w_i – значение i -го весового коэффициента.

Итоговая таблица нормированных значений параметров оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям с учетом весовых коэффициентов приобретает следующий вид (Таблица 7):

Таблица 7 - Нормированные значения параметров оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям и значения сводного интегрального показателя.

№	Параметр	Градации уязвимости										Весовой коэффициент
		Высокая		Повышенная		Умеренная		Пониженная		Низкая		
		от	до	от	до	от	до	от	до	от	до	
1	Расстояние до водотока	0,250	0,202	0,202	0,152	0,152	0,101	0,101	0,051	0,051	0	0,25
2	Уровень грунтовых вод	0,250	0,211	0,211	0,158	0,158	0,105	0,105	0,053	0,053	0	0,25
3	Гранулометрический состав почв	0,250	0,188	0,188	0,125	0,125	0,125	0,125	0,063	0,063	0	0,25
4	Нерестовый статус	0,050	0,050	0,050	0	0	0	0	0	0	0	0,05
5	Тип угодий	0,050	0,038	0,038	0,025	0,025	0,025	0,025	0,013	0,013	0	0,05
6	Охраняемый статус	0,050	0,050	0,050	0	0	0	0	0	0	0	0,05
7	Густота речной сети	0,050	0,039	0,039	0,029	0,029	0,019	0,019	0,007	0,007	0	0,05
8	Уклон земной поверхности	0,050	0,040	0,040	0,035	0,035	0,020	0,020	0,013	0,013	0	0,05
Интегральный показатель		1	0,817	0,816	0,524	0,523	0,395	0,394	0,198	0,197	0	

На заключительном этапе теоретико-эмпирического обоснования алгоритма оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям должен быть решен вопрос выбора оптимальной территориальной операционной единицы оценки. Принято выделять шесть подходов (Стурман, 2003; Кочуров, 1999, 2003, 2009; Гагина, 2002) к выбору территориальных единиц экологического картографирования:

- выборочная характеристика;
- геометрически правильная сетка;
- политико-административное и хозяйственное деление;
- бассейновый подход;
- ландшафтно-географический подход;
- отсутствие территориальных единиц.

В рамках данной методики был выбран подход, основывающийся на использовании геометрически правильной сети опорных точек. Его использование обосновывается несколькими положениями: во-первых, он позволяет в полной мере использовать количественные характеристики выбранных параметров оценки уязвимости. Во-вторых, в значительной степени упрощается процесс автоматического картографирования за счет возможности массового сбора и аналитической обработки данных. В третьих, нивелируется необходимость привязки к границам генетических групп ландшафтов различного масштаба, различия в методиках выделения которых (Колобовский, 2013) создают сложности для выбора наиболее репрезентивных данных в качестве базовых, для проведения количественных расчетов.

Использование метода геометрически правильной сети точек имеет ряд сложностей заключающихся в необходимости решения вопроса выбора оптимальной размерности сети точек, по которым будет производиться расчет интегрального показателя, для покрытия исследуемой территории. Выбор шага (расстояние между смежными точками) должен обеспечивать репрезентативность полученных данных и основываться на специфике изучаемого объекта и масштабах изысканий.

Согласно общим физико-географическим характеристикам Калининградского региона (Орленок, Федоров, 2005), самая северная точка области находится в Славском районе – $55^{\circ}19'$ с.ш., самая южная – на территории Правдинского района - $54^{\circ}19'$ с.ш., вблизи пос. Железнодорожный. Крайняя восточная точка (Краснознаменский район) - $22^{\circ}52'$ в.д., крайняя западная точка - $19^{\circ}38'$ в.д. (на Балтийской косе). Таким образом, между самой восточной и западной точками области расстояние в градусной мере $3^{\circ}24'$ т.е. 205 км. Между южной и северной 1° т.е. порядка 111 км.

Оценку неоднородности морфологической структуры природных комплексов Калининградской области можно оценить по коэффициенту ландшафтной неоднородности (Коробова, 2012). Коэффициент ландшафтной неоднородности отражает степень сложности набора различных видов и групп

ландшафтов, составляющих структуру района и соотношение их площадей. Безусловно, данный параметр может отражать достаточно точную характеристику неоднородности ландшафтного «рисунка» области, что позволило бы более детально определить необходимую размерность сети оцениваемых точек. Однако надо принимать во внимание, что расчет данного коэффициента сопряжен с вычислением площадей генетических групп ландшафтов и моделирования их возможных сочетаний, что существенно осложняет этот процесс. Решением этой задачи является реализация расчета генерализованной схемы ландшафтной неоднородности с использованием программных возможностей ESRI ArcGIS и MS Excel.

На первом этапе в программной среде MS Excel были рассчитаны координаты для каждой точки опорной сети с шагом 1, 2 и 5 км. Затем эти данные были импортированы в среду ArcGIS, где для каждого из масштабов опорной сети были рассчитаны следующие значения: количество точек опорной сети, количество ландшафтных контуров лежащих в пределах каждой из точек (соответственно в радиусе 1, 2 и 5 км) и среднее значение ландшафтных контуров в радиусе поиска от точек опорной сети.

Были получены следующие результаты (Таблица 8). Из таблицы наглядно видно, что наиболее репрезентативным будут данные полученные при использовании опорной сети с шагом 1 км. В этом случае оценка будет производиться с учетом более однородных ландшафтных участков.

Таблица 8 - Расчет оптимальной сети опорных точек

Масштаб опорной сети (расстояние между смежными точками)	Количество точек опорной сети	Количество ландшафтных контуров между смежными точками
5 км	498	1-13
2км	3140	1-8
1 км	12563	1-6
Прогнозные значения		
0,5 км	Свыше 100 тыс.	1-4

Не сложно спрогнозировать возможные значения для опорной сети с шагом 0,5 км. В этом случае значение количества точек возрастет на порядок и составит значение свыше 100 тысяч. При этом значение количества ландшафтных контуров между смежными точками будет составлять ориентировочно от 1 до 4. Для такой сети детальность будет еще выше, но с учетом необходимости обработки огромного количества данных по каждой из сотни тысяч точек, технически использование подобной сети опорных точек не обосновано.

2.4. Роль геоинформационных технологий в оценке уязвимости природных комплексов

В последние десятилетия геоинформационные технологии стали одним из наиболее эффективных инструментов познания окружающей среды. Этот факт определил специфику формирования современного географического подхода к анализу и использованию принципов географической науки на основе геоинформационных систем (ГИС).

Используемые в научных и исследовательских работах геоинформационные системы представляют собой компьютерные технологии для организации и оперирования пространственными данными, моделирования географических процессов, визуализации данных, моделей и процессов, наборы специализированных инструментов обработки и анализа геоданных (Гриценко и др., 2013; Алексеев и др., 2003)

Существуют различия в подходах к определению понятия «географические информационные системы» у отечественных и зарубежных исследователей. В российских научных изданиях под ГИС чаще всего понимается аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор обработку, отображение и распространение пространственных данных. За рубежом ГИС трактуется как сочетание подготовленного персонала, пространственных и описательных данных, аналитических методов, аппаратного и программного обеспечения, где все составляющие организованы для компьютеризации,

обработки и получения информации с использованием географического представления (Белов, 2011).

Вне зависимости от подхода, исследователями отмечаются главные особенности геоинформационных систем заключающиеся в широком наборе инструментов пространственного, математического и статистического анализа исходных данных. Второй отличительной чертой геоинформационных систем является возможность работы с пространственными (географическими) и описательными (атрибутивными) данными, анализировать возможности их взаимного расположения и влияния. Именно эти факторы позволил геоинформационным системам стать ведущим инструментом оценки и анализа в современных географических исследованиях.

Можно выделить два главных направления использования геоинформационных технологий в оценке качественных и количественных характеристик природных комплексов. Первое направление – это использование инструментов ГИС для картирования (визуализации) результатов исследований (Gontier, 2010). Данный подход реализуется при наличии уже готовых расчетных данных, путем создания картографической модели, отражающих основные результаты оценки с целью их визуализации или выявления пространственной дифференциации. Второе направление – использование программных возможностей ГИС для анализа, математических (статистических и иных) расчетов, сопоставления и моделирования оцениваемых параметров (Chakhar, 2008). Реализация данного подхода позволяет эффективно использовать различные инструменты ГИС, например, организация работы в реальном времени с большим объемом данных для решения конкретной прикладной задачи или моделирование весовых коэффициентов, что является одним из условий репрезентативности оценки уязвимости природных комплексов к различным антропогенным воздействиям. Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что второй подход позволяет снять существенные ограничения использования элемента обработки и отображения данных, сводя к минимуму вероятности расчетных ошибок, позволяя сконцентрировать внимание на других

немаловажных элементах: репрезентативности исходной информации, выборе методик оценки и т.д.

Опыт использования геоинформационных технологий с целью расчета чувствительности и устойчивости природных комплексов в современной научной литературе встречается достаточно часто, причем как в российских, так и зарубежных источниках (Рисунок 3,4,5,6) (Пиковская и др. 2004; Блиновская, 2004; Розенберг, 2000; Helmut Schiller, 2005; Yashon O. Ouma, 2011; Malczewski Jacek, 1996; Iorent Joerina, 2001; Banai Reza, 1993). Работы, посвященные реализации методик оценки такого параметра как уязвимость природной среды, с использованием геоинформационных систем, в отечественной литературе встречаются достаточно редко, однако есть несколько примеров работ выполненных зарубежными исследователями для оценки уязвимости подземных вод (BurVal Working Group, 2006; Florian, Enno, 2013).

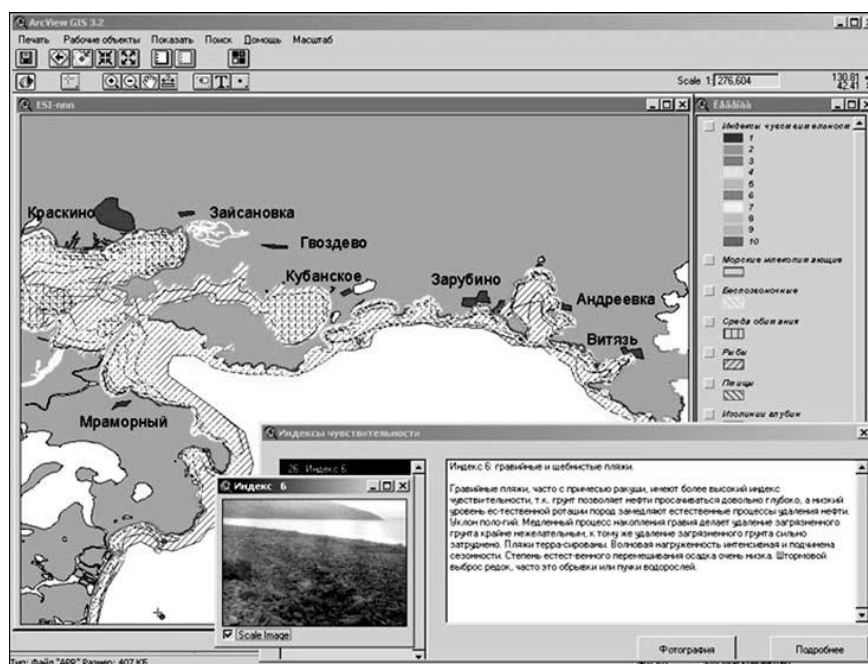


Рисунок 3 - Фрагмент карты чувствительности прибрежно–морской зоны зал. Посьета (юго–западное побережье Приморского края) к загрязнению нефтью (Блиновская 2004)

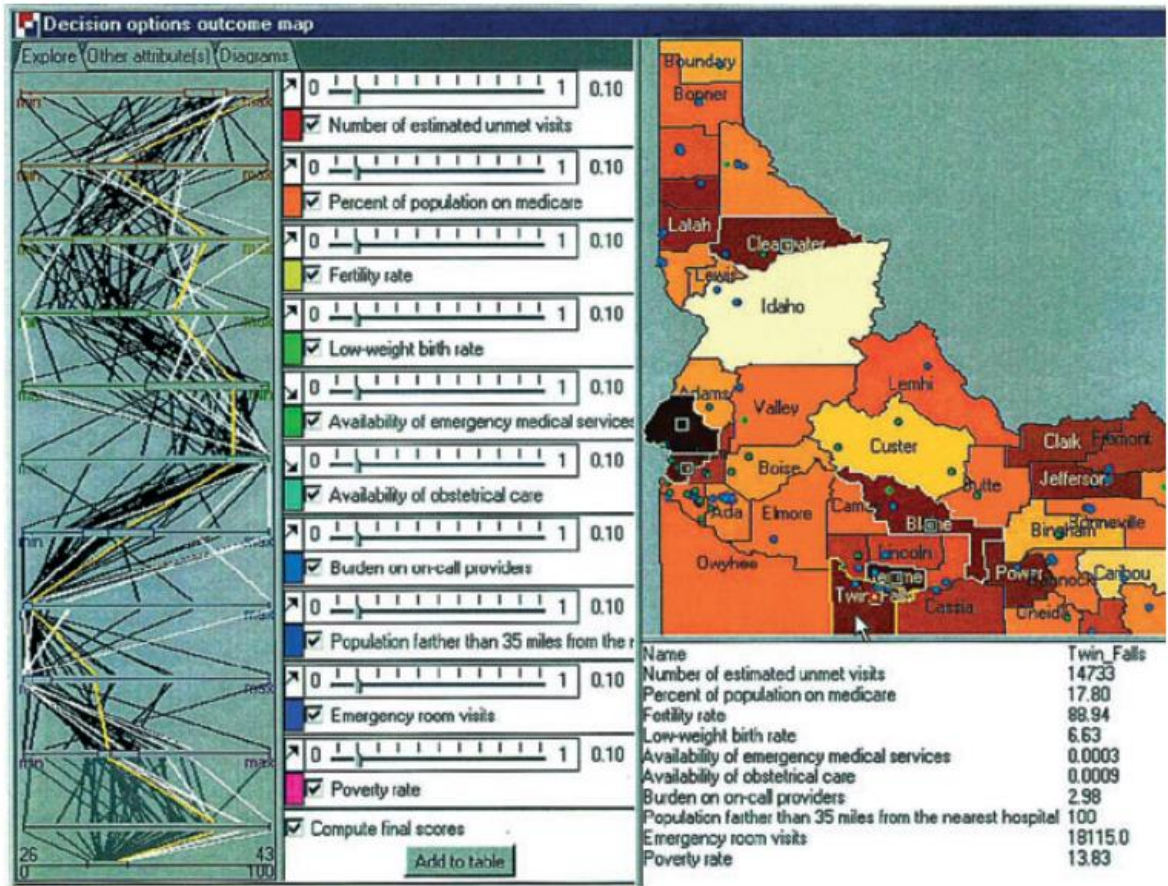


Рисунок 4 - Фрагмент мульти параметрической ГИС-модели (Greene et. al., 2011)

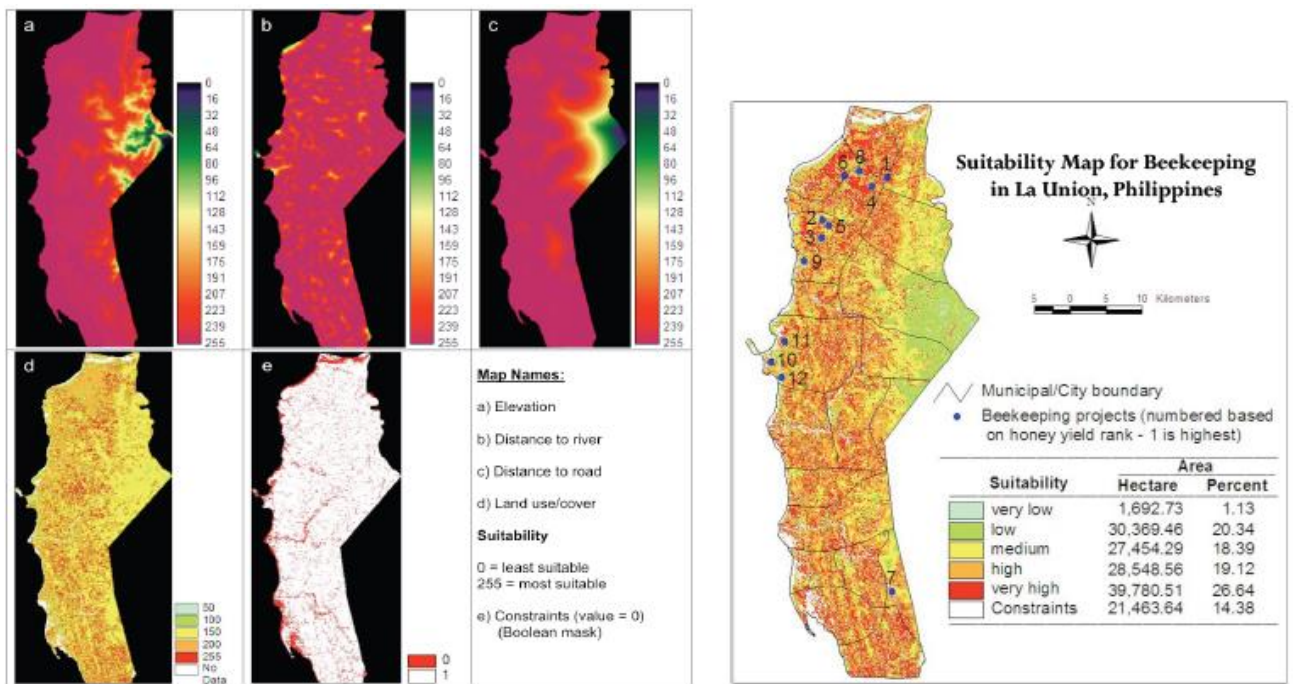


Рисунок 5 - Фрагмент ГИС «Карты пригодности территорий для пчеловодства» (Ronald C. Estoque, 2011)

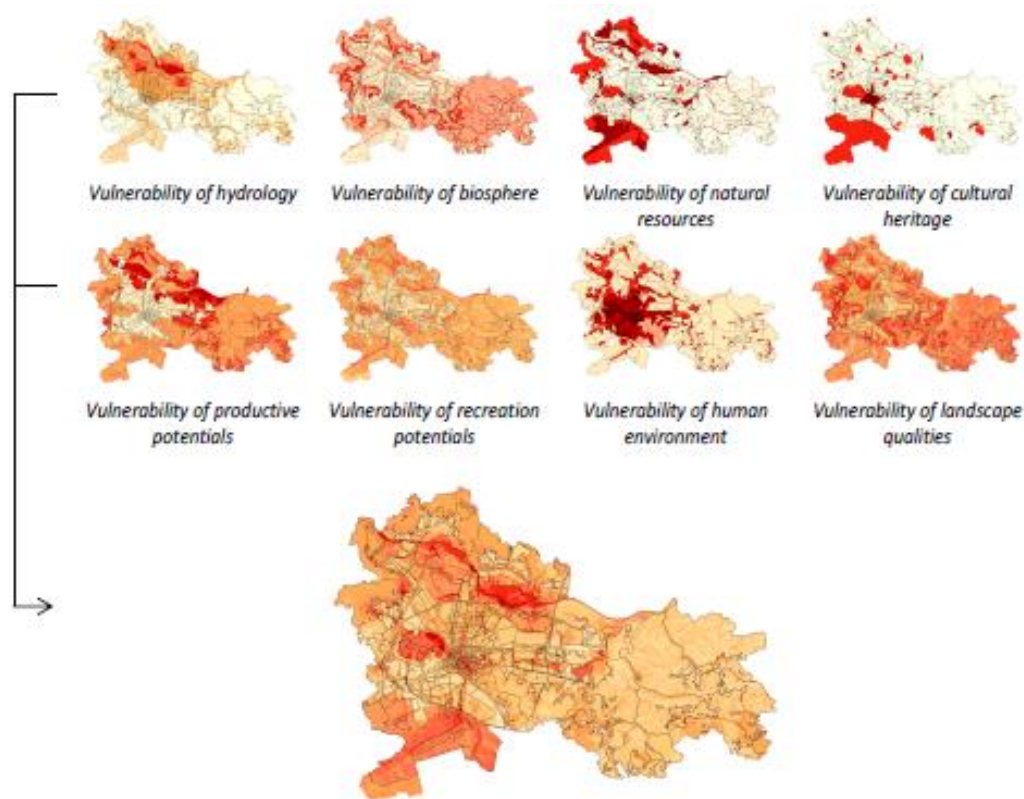


Рисунок 6 - Фрагмент расчета интегрального показателя уязвимости в среде ГИС (Golobič, 2010)

В целях анализа и описания структуры и принципов построения ГИС рассмотрим пример геоинформационной системы «Эколого-геохимические условия накопления, разложения и рассеяния углеводов в почвах Калининградской области», разработанный Ю.И. Пиковским и А.А.Геннадиевой (2004). В схематичном виде структуру авторской ГИС можно изобразить в виде блок-схемы (Рисунок 7). Данный пример является весьма показательным - он отражает наиболее типичных подход к формированию внутренней логики ГИС, с выделением несколько ключевых элементов: блока базы данных, покрытий, атрибутивных таблиц и аналитического сегмента. Стрелочками на схеме отмечены функциональные связи между отдельными компонентами.

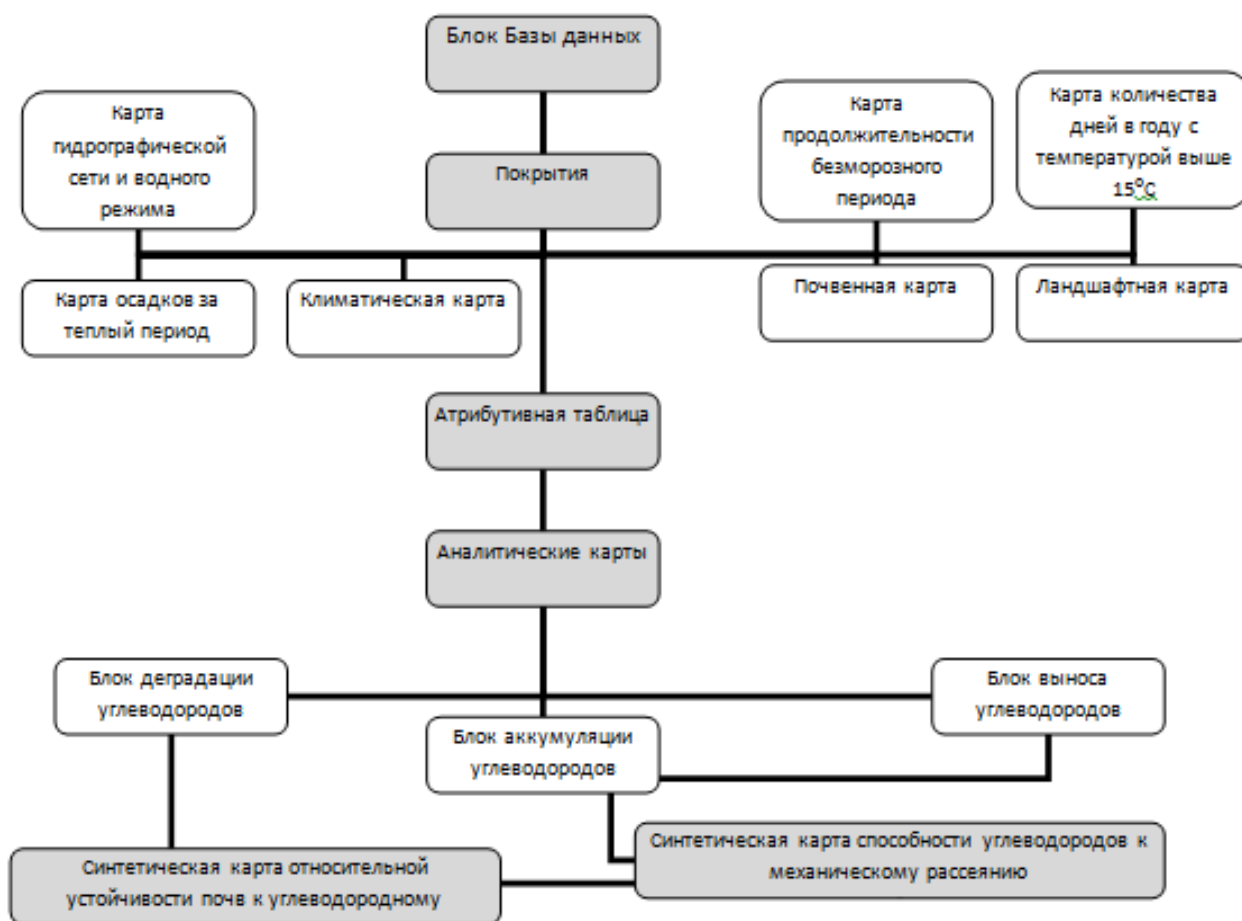


Рисунок 7 - Структура ГИС «Эколого-геохимические условия накопления, разложения и рассеяния углеводородов в почвах Калининградской области» (Пиковский, Геннадиева, 2004)

Практическим результатом использования ГИС являются картографические материалы (оценочные карты). Как правило, они используются для комплексной оценки территории и выявления пространственной зависимости распределения оцениваемых параметров. Другой вариант их использования – оптимизация элементов природопользования, пространственного планирования и устойчивого развития территорий. В этом случае картографические материалы используются для оценки оптимального размещения гражданских и промышленных объектов инфраструктуры, полигонов ТБО, разработки природоохранных мер для объектов транспортировки и добычи полезных ископаемых и т.д.

ГЛАВА 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ВИДЫ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЛАНДШАФТЫ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1. Природные условия и ландшафтная дифференциация

Ранее, в главе «Методические подходы оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям» были детально описаны основные компоненты оценки уязвимости, определяющиеся двумя составляющими: анализом техногенного фактора воздействия и структурой природных комплексов их испытывающих. Для адаптации авторского подхода оценки уязвимости природных комплексов к ландшафтам материковой части Калининградской области, необходимо учесть их региональные особенности. С этой целью последовательно решаются две задачи: охарактеризовать природные условия и особенности компонентов природной среды региона; рассмотреть основные источники и виды антропогенного воздействия, оказываемые на ландшафты Калининградской области.

Под природным комплексом, понимается - пространственно-временная система географических компонентов, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое (Исаченко, 1991). Формирование природных комплексов регионального и локального уровня связано в первую очередь с местными факторами, как правило, распространяющихся на небольшой территории.

Основными критериями выделения природных комплексов регионального уровня являются: территориальная целостность, имеющая однородное геологическое строение с соответствующим типом рельефа, характеризующаяся общим генезисом и сходной историей развития, климат, почвенный и растительный покровы. Необходимо также учитывать тот факт, в пределах ландшафта на небольшом пространстве можно наблюдать контрастные природные комплексы, которые можно объяснить неоднородностью рельефа и литологией подстилающих пород.

3.1.1. Геологическое строение и рельеф

Калининградская область располагается в пределах юго-западной части Балтийской синеклизы Восточно-Европейской (Русской) платформы. Площадь синеклизы - 200 тыс. км². Больше половины этой территории приходится на акваторию Балтийского моря. На севере и западе она граничит с докембрийским кристаллическим щитом Фенноскандии, на юго-востоке со структурой Белорусско-Мазурской антиклизы, на востоке и северо-востоке с Латвийской седловиной.

Территория региона в течение большей части протерозоя представляла собой приподнятую и активно денудированную часть суши, о чем свидетельствует перекрываемая массивной корой выветривания поверхность кристаллического фундамента. Породы фундамента сложены различными по составу и возрасту гранитами, гранодиоритами, гнейсами, кристаллическими сланцами, габбро-лабрадоритами и др. В основном это образования архейского возраста, в то время как протерозойские на территории региона почти полностью срезаны (Орленок, Федоров, 2005).

Мощность осадочного чехла синеклизы увеличивается с 350 м на юге в Гданьской впадине до 1500 м на севере области. Он представлен отложениями палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов (Рисунок 8).

Мощность кембрийских пород колеблется от 100 до 200-240 м., достигая максимума на юго-западе Калининградской области, они представлены толщей терригенных песчаников, алевролитов и глин. Ордовикские отложения представлены преимущественно карбонатными образованиями (известняками, мергелями, доломитами) мощностью от 50 до 120 м., глубина залегания их кровли увеличивается от 1160 м до 2300 м в направлении с востока на запад и перекрываются мощной толщей силурийских терригенно-карбонатных образований. Отложения среднего палеозоя (девон) встречаются в северной части синеклизы, далее на юг они полностью выпадают из разреза.

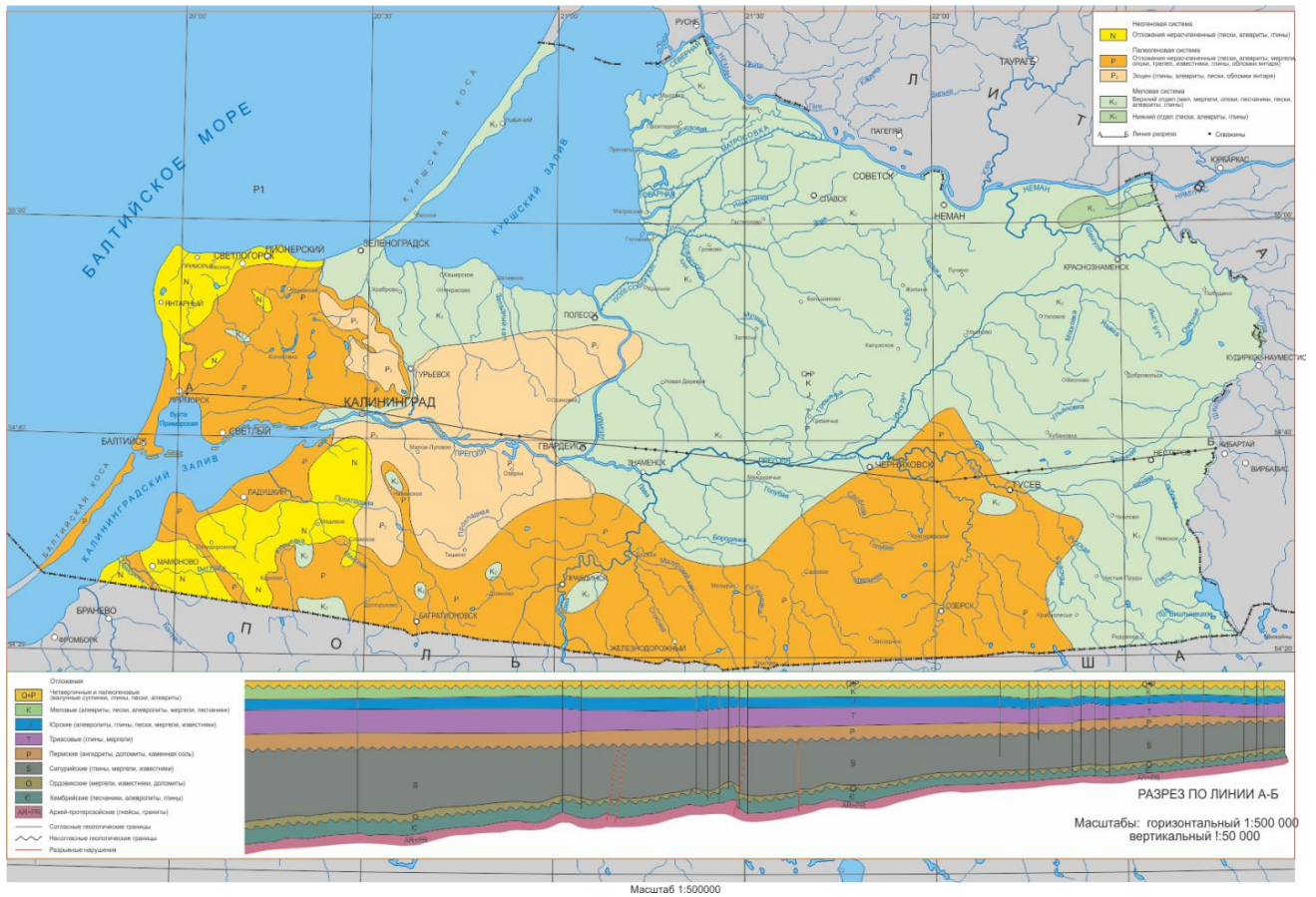


Рисунок 8 - Геологическая карта Калининградской области (Орленок, Ефимов, 2002)

Мощность осадков, пермско-палеогенового возраста нарастает в направлении с северо-востока на юго-запад и достигает 1000-1300м. В структуре пород преобладают галогенные накопления с участием карбонатных песчано-глинистых терригенных отложений. В различных районах Калининградской области породы палеозоя и мезозоя встречаются в виде валунов, гальки и щебня в ледниковой морене. В пределах Калининградского региона на поверхности обнажаются отложения кайнозойского и четвертичного возрастов, на западе Калининградского полуострова - кайнозойские отложения, мощность которых здесь достигает 40-60 м и более. Эти обнажения имеют большой интерес, т.к. на остальной части территории области кайнозойские отложения почти полностью размывы из-за неоднократного наступления и последующей деградации плейстоценовых ледников, они встречаются либо в виде останцев, либо отторженцов.

Четвертичные отложения на территории Калининградской области представлены повсеместно. Мощность их варьирует от 100-150 м и сокращается на дочетвертичных возвышенностях до 3-10 м. В северной части области они лежат на размытой поверхности верхнемеловых мергелей и песчаников, на юге - подстилаются песчано-глинистыми отложениями палеогена и неогена (Орленок, Федоров, 2005).

Наибольшее распространение в регионе имеют отложения последнего валдайского оледенения. Продукты размыва морены - пески, глины, гравий - выполняют зандровые равнины, долины рек Преголи и Немана, впадины Куршского и Вислинского заливов, а основная морена слагает конечно-моренные образования - гряды, плато, камовые холмы (Орленок, Федоров, 2005). Во впадинах дочетвертичного рельефа сохраняются ледниковые и водно-ледниковые образования среднего плейстоцена.

Рельеф. Современный рельеф региона сформировался в результате наступления и последующей деградации последнего Валдайского оледенения. На большей части территории области было сформировано моренное плато, высотой 50-100 м, которое в ходе таяния ледника было расчленено системой крупных рек - Неман, Преголя и Прохладная. В результате образовались ряд низменностей и холмисто-грядовых возвышенностей, имеющих преимущественно субширотное простираие (Орленок, Ефимов, 2002). На юго-западе области располагается Вармийская возвышенность с максимальной высотой 190м. над уровнем моря. На юго-востоке, находится Виштынецкая возвышенность, ее самая высокая точка, как и во всей области в целом, имеет высоту 242м (Схема охраны природы Калининградской области, 2004). Низменная долина реки Лавы разделяет обе возвышенности, являющиеся конечно-моренными структурами. К северу возвышенности переходят от конечно-моренных гряд к озерно-ледниковым Шешупской равнине и Прегольской низменности (Рисунок 9).

С северо-востока на юго-запад вдоль правобережья р. Инструч, от р. Неман к р. Преголе вытянута полого-холмистая Инстручская гряда (максимальная высота 60м.). В западной части гряда переходит в цепь невысоких размытых

холмов она соединяет Инстручскую гряду с Самбийской холмисто-моренной возвышенностью, лежащей на северо-западе Калининградского полуострова.

Самбийская возвышенность состоит из отдельных гряд, имеющих как широтное, так и меридиональное направление. На северной и северо-западной окраине Калининградского полуострова возвышенность резко заканчивается крутыми абразионными обрывами высотой до 60м. На юге Калининградского полуострова моренные холмы постепенно переходят в озерно-ледниковую равнину с многочисленными озерами и торфяными болотами.

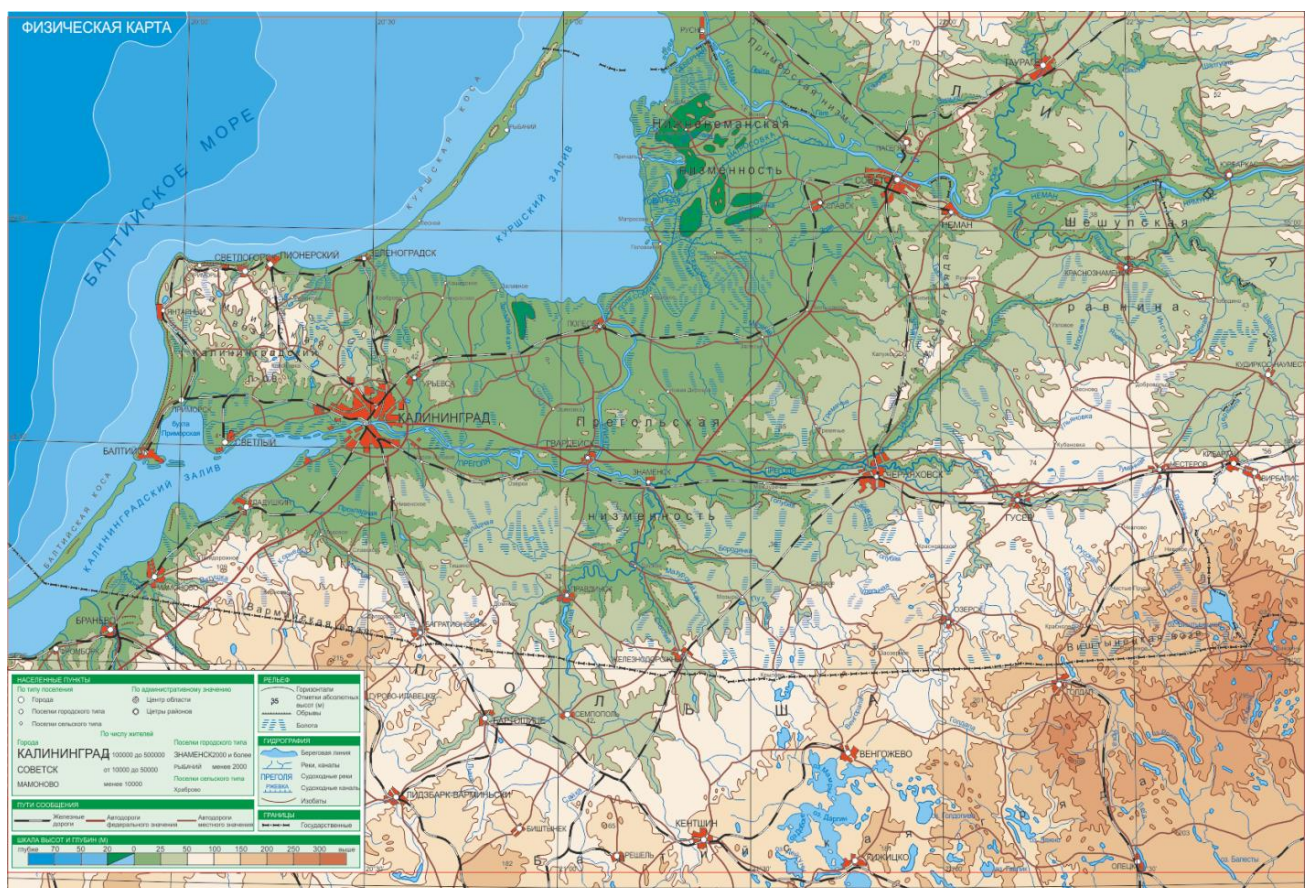


Рисунок 9 - Физическая карта Калининградской области (Ларина, Орленок, 2002)

В центральной части области располагается Полесская озерно-ледниковая низменность. Преобладающие высоты составляют от 2 до 4м, отдельные участки находятся на 1,4 метра ниже уровня моря. С севера она граничит с Нижненеманская низменностью, которая представляет собой сросшуюся дельту р.Неман и нескольких малых рек, впадающих в Куршский залив.

Нижненеманская низменность имеет трехступенчатую структуру: наиболее приподнятая восточная ступень сложена древнеаллювиальными отложениями и имеет волнистую поверхность; расположенная западнее средняя ступень плоская, с редкими буграми эоловых песков; примыкающая к Куршскому заливу западная ступень, лежит на уровне моря, а местами и ниже его. Эта часть низменности заболочена и покрыта затопляемыми черноольховыми лесами.

От западного берега Калининградского полуострова на юго-запад, и на северо-восток отходят песчаные пересыпи – Балтийская (Вислинская) и Куршская косы. Они являются морскими аккумулятивными образованиями. Их рельеф сформирован эоловыми процессами. Характерный поперечный профиль состоит из пологого морского пляжа шириной 25-50м., авантюны шириной то 30 до 130 м. и высотой от 3 до 17 м., центральной равнины («пальве») шириной от 100 до 1800м. и высотой до 6 м. и прилагунной дюнной гряды шириной до 1100 м. и высотой до 38м. на Балтийской (Вислинской) косе, и до 68м. – на Куршской косе.

Сравнительно небольшая территория области с преобладающим (до 70%) низменным равнинным характером поверхности отличается большим разнообразием рельефа и близким соседством его контрастных форм. Гряды конечно-моренных холмов расчленены глубоко врезанными речными долинами и замкнутыми, заболоченными понижениями. Пологие холмы Калининградского полуострова обрываются к морю вертикальным уступом абразионного клифа, но соседствуют с юга с плоской, усеянной озерами водно-ледниковой равниной.

Необходимо принимать во внимание, что ряд современных исследований показал, что существует немало спорных вопросов в определении генезиса ряда геоморфологических районов и структур Калининградской области. Этот факт очень важен, так как литогенная основа является ведущим фактором дифференциации геосистем на уровне ландшафтов. Так в частности по мнению ряда авторов предлагается (Романова, 2014):

- Учитывая сложное геоморфологическое строение Калининградского п-ова, выделять Самбийский конечно-моренный узел.

- Не относить правобережье р. Инструч к конечно-моренным грядам, в связи с его полигенетической природой и отсутствием ярко выраженного волнообразного поперечного профиля;
- Междуречье Немана и Шешупе относить к реликтовой аллювиальной равнине, сложенной перевеянными песками, толща которых в южной части подстиляется лимногляциальными глинами, что обуславливает ее заболоченность.

В целях адаптации методики оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям к региональным особенностям природной среды большое значение имеет анализ такой морфометрической характеристики территории региона как уклон земной поверхности. Детальное обоснование использования его в качестве критерия оценки уязвимости природных комплексов приводилось во 2-ой главе работы. В данном разделе целесообразно изучить пространственную специфику дифференциации данного показателя в региональном масштабе. Уклон территории определяется как показатель крутизны склона - отношение превышения местности к горизонтальному проложению, на котором оно наблюдается (Баканова, 1980).

Для Калининградской области характерно неоднородное распределение значений крутизны склонов. Принимая во внимание то, что большая часть региона представлена относительно равнинными участками, вне зависимости от абсолютных отметок, картина существенно осложняется многочисленными руслами поверхностных водоток. Широко развитая гидрологическая сеть обеспечивает значительные перепады относительных высот в прирусловых участках, что влечет за собой существенные колебания уклона земной поверхности. Тем не менее, наибольшие значения крутизны склона приурочены к узкой прибрежной части Калининградского полуострова, маркируя почти отвесные береговые уступы.

Существенно усложняется характер распространения значений уклона земной поверхности, в районах холмисто-грядовых возвышенностей, располагающихся на юге Калининградской области. Даже при не высокой

степени расчлененности рельефа колебания уклона здесь составляют от 0 до 20 градусов.

3.1.2. Климат

Основные черты климата региона формируются под воздействием воздушных масс, поступающих с Атлантического океана. Главным гидрографическим объектом, влияющим на метеорологические условия, является Балтийское море, климат носит черты морского типа. Господствующий западный ветер приносит влажные массы атлантического воздуха, летом более прохладные, зимой более теплые, чем континентальный воздух (Баринова, 2002).

Годовой приход прямой солнечной радиации значительно снижен в связи с преобладанием фронтальной облачности и большой повторяемости пасмурного состояния неба. За год приход прямой солнечной радиации колеблется около 1587 МДж/м². Годовое количество суммарной солнечной радиации составляет 3433 МДж/м² (60% от суммарной солнечной радиации при ясном небе) (Баринова, 2002). Годовая величина радиационного баланса не превышает 1500 МДж/м². На протяжении четырех месяцев в году с ноября по февраль радиационный баланс отрицателен. В течение года большая часть энергии радиационного баланса тратится на испарение выпадающих осадков. Наиболее интенсивный влагообмен свойственен первой половине лета благодаря увеличению испарения, близости уровня грунтовых вод к земной поверхности. Осенью осадки превышают испарение, что при недостаточном стоке может приводить к застаиванию влаги и переувлажнению пониженных участков.

Средняя годовая температура воздуха колеблется около 7°C (Таблица 9).

Таблица 9 - Средняя месячная и годовая температура воздуха и почвы (°C)
(Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989)

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура воздуха	-3,1	-2,5	0,6	6,2	11,6	15,2	17,3	16,7	13,0	7,8	2,9	-0,9	7,1
Температура почвы	-4	-4	0	7	14	20	21	19	13	8	3	-2	8

Годовая амплитуда температуры воздуха составляет 21,4 °С. Средний максимум температуры воздуха в июле достигает 22,4 °С, средний минимум в январе отрицательный -5,5 °С. Средний из абсолютных минимумов в январе -17 °С, средний из абсолютных максимумов в июле 30 °С. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 169 дней. Средняя дата первого заморозка – 16 декабря, средняя дата последнего заморозка – 29 апреля (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989). Переход средней суточной температуры воздуха через 5°С весной происходит по средним многолетним наблюдениям 7-8 апреля, осенью – 27 октября. За этот период накапливается сумма температур воздуха 2600-2630 °С.

Температура поверхности почвы наибольшая в июле 21 °С, наименьшая в январе и феврале. Средняя годовая температура на поверхности почвы составляет 8 °С, на глубине 20-40 см – 8,5-8,3 °С. Средняя глубина промерзания почвы зависит от ее механического состава и колеблется в пределах 32-44 см.

По количеству осадков рассматриваемая территория относится к зоне избыточного увлажнения. Основное количество осадков (65-70%) выпадает в теплый период года, с апреля по октябрь и составляет 508 мм. Максимум осадков наблюдается в июле-августе, минимум – в феврале-марте. В среднем за год выпадает 788 мм (Таблица 10).

Общая продолжительность выпадения осадков за год составляет почти 100 дней. В среднем за год каждый второй день с осадками. На рассматриваемой территории могут выпадать очень сильные дожди (50 мм и более за 12 часов и менее).

Таблица 10 - Среднее месячное количество осадков (мм) (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
55	43	41	44	51	63	90	96	84	80	74	67	788

По средним многолетним данным число дней с обильными дождями составляет от 1 до 4, преимущественно в июле-августе (Рисунок 10).

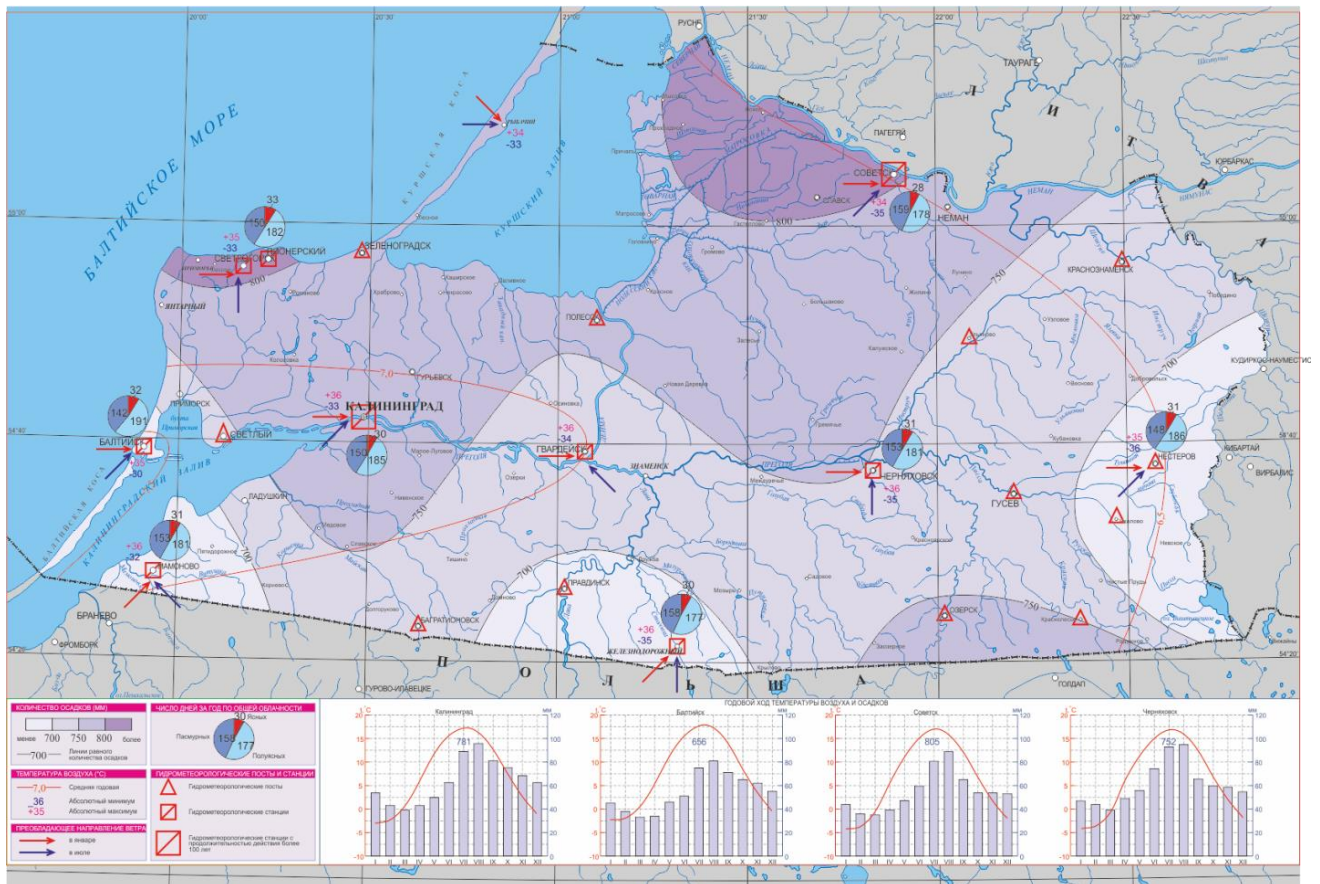


Рисунок 10 - Климатическая карта Калининградской области (Баринава, 2002)

Изучаемая территория характеризуется повышенной влажностью воздуха. Упругость водяного пара наиболее велика в июле-августе (15,0 и 14,9 гПа соответственно), в январе она уменьшается до 4,4 гПа. Относительная влажность в среднем за год составляет 81%. В ноябре-январе значения относительной влажности воздуха достигают 85-87% (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989). Высокая влажность воздуха ускоряет коррозию незащищенных металлических конструкций, способствует переохлаждению организма человека.

Снежный покров не устойчив. В третьей декаде октября и в ноябре наблюдается менее чем в 50% зим. Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке наибольшая в феврале – около 9 см (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989). Плотность снежного покрова невелика и составляет $0,19 \text{ г/см}^3$.

Ветровой режим отличается значительным своеобразием в различные сезоны года (Таблица 11).

Таблица 11 - Повторяемость (%) направления ветра и штилей (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989)

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
январь	5	7	14	24	17	16	12	5	6
апрель	16	11	10	9	10	14	17	13	7
июль	13	9	8	7	8	14	26	15	9
октябрь	5	6	10	16	15	22	19	7	9
Год	10	9	11	14	12	16	18	10	8

В среднем за год преобладают юго-западные ветры, что обуславливает перенос веществ, загрязняющих атмосферный воздух в северо-восточном направлении. Менее вероятны ветры северной четверти горизонта.

В холодный период года ветровой поток более устойчив, чем в теплый, преобладают ветры юго-восточного, южного и юго-западного направления (57%). Весной наряду с южными и юго-западными ветрами (10 и 14% соответственно), увеличивается повторяемость западных (17%), северо-западных (13%) и северных ветров (16%). В летний период преобладают ветры западной четверти горизонта (55%), резко уменьшается по сравнению с другими сезонами года повторяемость юго-восточного ветра (7%). Осенью юго-западное и западное направление ветра является преобладающим (41%). Повторяемость штилей в среднем за год составляет 8% (табл. 3).

Средняя за год скорость ветра 3,7 м/с. В холодное время года (декабрь-февраль) скорость ветра в среднем составляет 4,2-4,3 м/с (Баринова, 2002). В эти месяцы при господстве ветров южной четверти возрастает вероятность загрязнения воздушного бассейна в районе изучаемой площади поллютантами, поступающими из сопредельной территории Польши.

Ветры со скоростью 10 и более м/с имеют наибольшую повторяемость в ноябре-апреле (57%), а наименьшую – мае-октябре (16%). Ветры со скоростью

более 15 м/с наблюдаются чаще зимой. В большинстве случаев они имеют западное и юго-западное направление. В среднем за год число дней с сильным ветром не превышает десяти. Летом (август) при развитии мощной атмосферной конвекции могут формироваться шквалы.

Мезомасштабные неоднородности подстилающей поверхности (перепады высот, долина р. Прохладной и т.п.) оказывают влияние на гидротермические характеристики и трансформацию воздушных потоков. Над термически пестрой подстилающей поверхностью возрастает вероятность формирования туманов, низкой облачности, осадков, гроз.

Туманы могут наблюдаться в течение всего года. В среднем за год около 55 дней с туманами (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989). Наиболее вероятны туманы в сентябре-декабре.

Гололед и изморозь отмечаются в отдельные годы при прохождении теплых фронтов в циклонах, перемещающихся с запада. Преобладающее число случаев возникновения гололеда наблюдается при скорости ветра 5-10 м/с при температуре воздуха $0^{\circ} \dots -5^{\circ}\text{C}$.

Метели осложняющие работу железнодорожного и автомобильного транспорта, наблюдаются преимущественно в январе-феврале. В среднем за год 15 дней с метелью (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989).

Грозы отмечаются с апреля по ноябрь, но наиболее часто наблюдаются в июне-августе (5-6 дней с грозой). В среднем в год наблюдается 26 дней с грозой (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989), но в отдельные годы в июле-августе может быть 10-15 гроз. Град отмечается значительно реже, в среднем 1,4 дня в год (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1989). Он выпадает, как правило, в послеполуденные часы, между 13 и 19 часами. Продолжительность града невелика, в среднем 5-20 мин.

3.1.3. Растительный и почвенный покров

Растительный покров области относится к лесной зоне, подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов и соответствует Прибалтийско-Белорусской подпровинции Северо-Европейской таежной провинции лесной зоны.

В настоящее время на территории Калининградской области в естественном состоянии встречается 1436 видов сосудистых растений. Доминирующее положение занимают виды отдела покрытосеменных, на долю остальных отделов приходится 3% видов. В настоящее время выявлено 284 редких вида флоры высших сосудистых растений, из которых 91 вид находится в Калининградской области на границе своего естественного распространения или вблизи его (Орленок, Федоров, 2005).

По своему составу леса Калининградской входят в зону смешанных лесов, в подзону хвойно-широколиственных лесов с дубом и липой. Отличительной особенностью Калининградского геоботанического округа является наличие бука, граба, ясени, клена, вяза. Условно он подразделяется на четыре лесорастительных подрайона. Первый расположен на Неманской низменности с преобладанием черноольховых лесов. Второй подрайон отличается распространением сосновых насаждений и смешанных елово-лиственных древостоев. Третий подрайон более чем наполовину занят елово-березовыми насаждениями и в меньшей степени сосняками и черноольшайниками. На территории четвертого подрайона преобладают насаждения сосны обыкновенной, сосны горной (на дюнах), в пониженных местах береза, а в западинах с избыточным увлажнением ольха черная.

Калининградская область отличается большей долей широколиственных видов (до 20%) и меньшими площадями, занятыми хвойными породами (не более 40%), распространением растительных сообществ из черной ольхи (до 15 %) (Сухова, 2002).

Леса Калининградской области распространены неравномерно и, в основном, небольшими массивами. Наименее лесистыми являются Неманский и

Гусевский районы (не более 7 %), наиболее лесистыми - Гвардейский (24%) и Полесский (37%) районы, а также Куршская и Балтийская (Вислинская) косы - соответственно около 70 и 80% территории (Схема охраны природы Калининградской области, 2004). Лесные фитоценозы области отличаются флористическим богатством и разнообразием. Здесь насчитывается более 100 видов деревьев, кустарников, полукустарников, Основными лесообразующими видами являются: ель, сосна, ольха черная, дуб, клен, липа, ясень, бук, ильм, береза, осина

Луга занимают в области около 400 тыс. га, 51 % от всех сельскохозяйственных угодий, в том числе пастбища - 32% и сенокосы - 19%; осушены 86% лугов. Более 80% этих лугов сформированы искусственно, на месте вырубленных лесов 150-200 лет назад. (Орленок, Федоров, 2005)

На территории Калининградской области выделяют равнинные (пойменные и материковые) и приморские луга. Пойменные луга занимают речные долины. Материковые (суходольные и низинные) луга расположены чаще всего на водоразделах и своим происхождением обязаны хозяйственной деятельности человека. Суходольные луга занимают повышения рельефа, а низинные - пониженные участки с близким залеганием грунтовых вод. Для суходольных лугов характерны: клевер луговой, тимофеевка луговая, овсяница луговая, костер безостый и др. На низинных лугах произрастают главным образом влаголюбивые растения: ситники, различные виды осок, калужница болотная. Для приморских лугов характерны растения, хорошо переносящие недостаточность увлажнения: овсяница песчаная, щавелек малый и др. В прошлом на территории области достаточно широко были распространены естественные луга, представленные суходольными лугами надпойменных террас, пойменными лугами и приморскими лугами по берегам Куршской и Вислинской лагун. В настоящее время более или менее крупные участки лугов, близкие к естественным, можно встретить преимущественно в долинах рек: Преголи, Деймы, Прохладной, Инструча. Приморские луга сохранились на южном и восточном берегах Куршского залива, а небольшие фрагменты на восточному берегу Вислинского.

Болота занимают в Калининградской области около 6% территории. Всего в регионе насчитывается 313 болот, из которых менее 10% имеет площадь более 1000 га. По характеру увлажнения и снабжения растений минеральным питанием различают низинные (эвтрофные), переходные (мезотрофные) и верховые (олиготрофные) болота. Низинные составляют 64% от общей площади болот области, верховые - 32,5%, переходного типа - 3,5 %. (Орленок, Федоров, 2005)

На низинных болотах произрастают более влаголюбивые растения, такие как тростник, различные виды осок, подмаренник болотный, белозор болотный и др. Из древесных растений встречаются ольха черная и береза пушистая. Растения верхового болота получают мало питательных веществ, и влага поступает преимущественно с атмосферными осадками. Для таких болот характерно разнообразие сфагновых мхов и кустарничков. Часто встречается сосна обыкновенная, береза пушистая, ольха серая. Переходное болото совмещает черты низинного и верхового, так как в его питании участвуют и грунтовые воды, и атмосферные осадки. В связи с этим здесь представлена растительность как верховых, так и низинных болот: отдельные виды сфагновых мхов, осоки, вахта трехлистная, белокрыльник болотный, сабельник болотный и др.

Болота расположены на территории области неравномерно. Крупные массивы низинных болот с черноольховыми топиями находятся в дельте Немана, вдоль восточного берега Куршского залива; в междуречье Шешупе и Инструча - три крупных верховых болота. Между южным берегом Куршского залива и р. Преголей распространены пойменные низинные болота. На левом берегу Преголи, у истока р. Прохладной, простирается одно из наиболее крупных верховых болот – Правдинское (Целау). Особенность. Этого болота является целостный болотный массив с естественной растительностью расположенный на площади 2500 га. У южной границы Калининградской области, включая западную часть Калининградского полуострова, расположены многочисленные малые, низинные болота. На протяжении длительного периода многие болота Калининградской области подвергались осушению. Это привело в конечном

итоге к необратимым изменениям растительного покрова большинства болот региона.

Особые растительные сообщества окаймляют берега Куршского и Вислинского заливов. Растительность, расположенная вдоль берегов заливов, представлена поясами тростника, камышей, кубышек, кувшинок и др., часто наблюдается смешение поясов. Водная растительность заходит также в устья рек, ручьев, мелиоративных каналов. Нередко эти заросли переходят непосредственно в пойменные луга, а на восточном берегу Куршского залива – в заболоченные черноольшайники.

Общая площадь земельных угодий в области составляет 1512,5 тыс. га. На пахотные земли приходится 372 тыс. га, на пастбищные - 227,2 тыс. га, на сенокосные луга - свыше 130,5 тыс. га. Земли государственного лесного фонда занимают 271 тыс. га. Прочие землепользователи (населенные пункты, объекты промышленности, транспорта, связи и прочее) занимают свыше 200 тыс. га, земли особо охраняемых территорий и объектов составляют порядка 0,2 тыс. га (Рисунок 11).

Современные ландшафты территории Калининградской области представляют собой сложную систему территориальных комплексов, имеющих различную степень преобразования природной основы и находящихся на разных этапах своего развития. В фокусах роста продолжается интенсивное освоение территории, т. е. идет дальнейшее строительство культурного ландшафта (Романова, 2012).

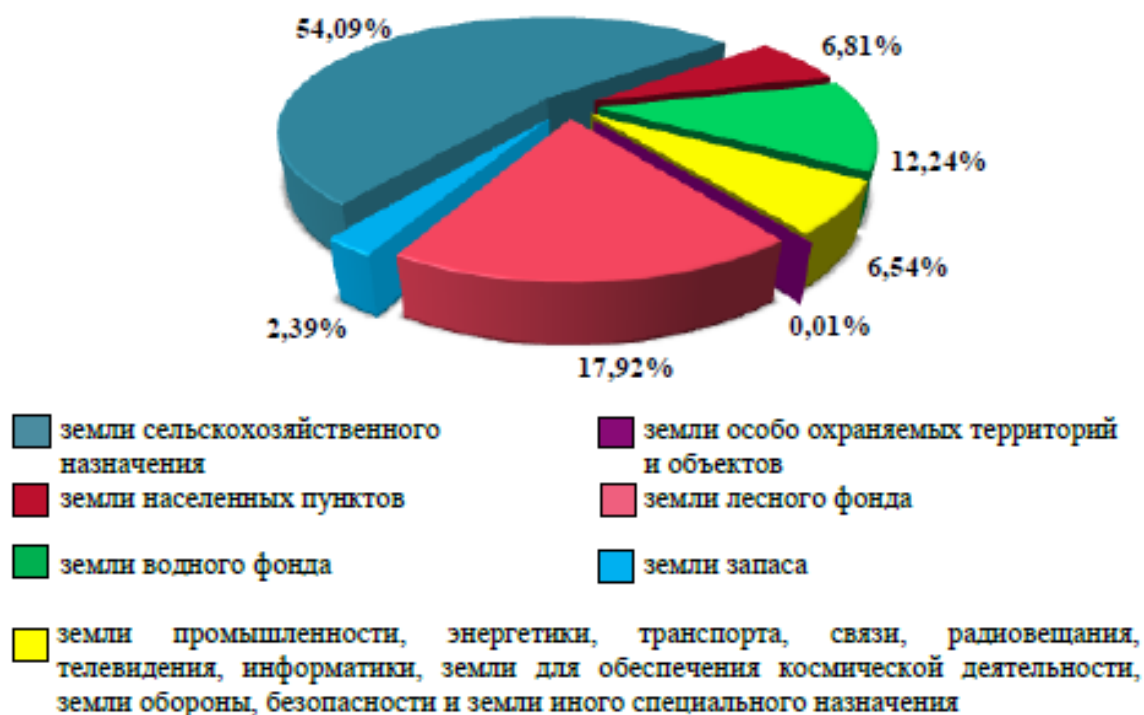


Рисунок 11 - Схема использования земель Калининградской области
(Доклад об экологической обстановке в Калининградской области, 2013)

Почвы. Территория области входит в Прибалтийскую провинцию дерново-подзолистых слабогумусированных и болотно-подзолистых почв Западной буроземно-лесной области (Завалишин, 1961). Преобладающий тип почв – подзолистый. Дерново-среднеподзолистые почвы распространены в пределах Калининградского полуострова, Правдинского, Гвардейского, Озерского и Нестеровского районов. Дерново-слабоподзолистые почвы - в пределах Гурьевского, Полесского и Неманского районов, под лесными массивами в Краснознаменском, Зеленоградском, Полесском районах - дерново-сильноподзолистые почвы. В Славском, Полесском и Гвардейском районах в понижениях находятся торфяно-перегнойные почвы, отличающиеся высоким плодородием. Вдоль побережья заливов, по долинам рек лежат аллювиальные и аллювиально-болотистые почвы, которые отличаются высокой степенью плодородия (Лазарева, 2002).

Подзолистые почвы области имеют относительно небольшие запасы питательных веществ из-за относительно бедного содержанием гумуса. Дерновые

почвы отличаются хорошей комковатостью и в целом обладают лучшими физико-химическими свойствами. Среди всех типов почв они наиболее окультурены и плодородны. Торфяно-перегнойные почвы - основа почвенного покрова пolderных земель, где водно-воздушный режим поддерживается откачкой избыточных почвенно-грунтовых вод. Торфяной слой может достигать мощности в несколько метров, что позволяет вести его промышленную добычу и широко использовать в сельском хозяйстве для изготовления органических удобрений.

Аллювиальные и аллювиально-болотные почвы образуются в долинах крупнейших рек области. Их периодически заливают талые воды, которые приносят с собой речные наносы. Поэтому пойменные почвы довольно богаты питательными веществами и плодородны. В естественных условиях на них располагаются пойменные луга. (Орленок, Федоров, 2005)

Слабая расчлененность поверхности моренных и озерных равнин, тяжелый гранулометрический состав и близкое к поверхности залегание грунтовых вод во влажном умеренном климате служат предпосылками оглеенности почв. Своеобразны болотные почвы, среди которых преобладают почвы низинных болот на низинных торфах (Нефть и окружающая среда Калининградской области Том 1. Суша, 2008).

По гранулометрическому составу почвы Калининградской области представлены в широком диапазоне от песчаных до глинистых. Этот факт имеет большое значение для характеристики инфильтрационных свойств грунтов. В пространственной дифференциации почв различного гранулометрического состава есть определенная закономерность, так почвы более легкого состава приурочены к прибрежной части Куршского и Вислинского залива, северной и центральной части области, где они маркируют русла, поймы рек, заболоченные территории. Почвы более тяжелого гранулометрического состава приурочены к центральным районам Прегольской низменности и озерных равнин.

3.1.4. Поверхностные и подземные воды

Калининградская область относится к зоне избыточного увлажнения. Этот фактор определяет наличие на территории области хорошо развитой речной сети, которая отличается большой густотой, в 10 раз превышающей среднеевропейскую (Великанов, 2003). Густота речной сети составляет около 1 км на 1 км² площади, возрастая в низовьях Немана и Преголи до 1,5 км на 1 км² (Доклад об экологической обстановке в Калининградской области, 2013).

Реки Калининградской области равнинного типа, относятся к бассейну Балтийского моря. Почти все они полноводные, с медленным течением и преимущественно впадают в Куршский и Вислинский заливы. В области насчитывается 4610 мелких и крупных рек и ручьев общей протяженностью 12720 км (Рисунок 12). Большинство рек относится к разряду малых длиной от 10 до 25-50 км. Водотоков свыше 101 км в области шесть: Неман, его приток Шешупе, Преголя с притоками Лавой, Анграпой, Инстручем. Среднегодовой сток рек Калининградской области оценивается в 23,0 км³, из них 2,7 км³ формируется на территории области, а 20,3 км³ поступает с сопредельных территорий (Литва, Польша). В области насчитывается 150 озер и 239 болот общей площадью 61,0 км² и 821 км² соответственно. Число озер площадью меньше 10 га составляет около 4 тысяч (Белов, 2011).

Климатические условия области отличаются высокой динамичностью и оказывают значительное влияние на питание рек. Реки Калининградской области имеют смешанное питание – дождевое и снеговое, а также подземное (40% - снеговое, 35% - дождевое и 25% объема годового стока приходится на грунтовое). Часто осенние и зимние паводки бывают выше весеннего половодья. Межень выражена слабо и наблюдается между паводками в начале лета и зимы. Реки на территории области не промерзают и не пересыхают. Поймы рек расположены низко, местами заболочены. Термический режим рек области определяется источниками питания и под влиянием атмосферных условий (Доклад об экологической обстановке в Калининградской области, 2013).

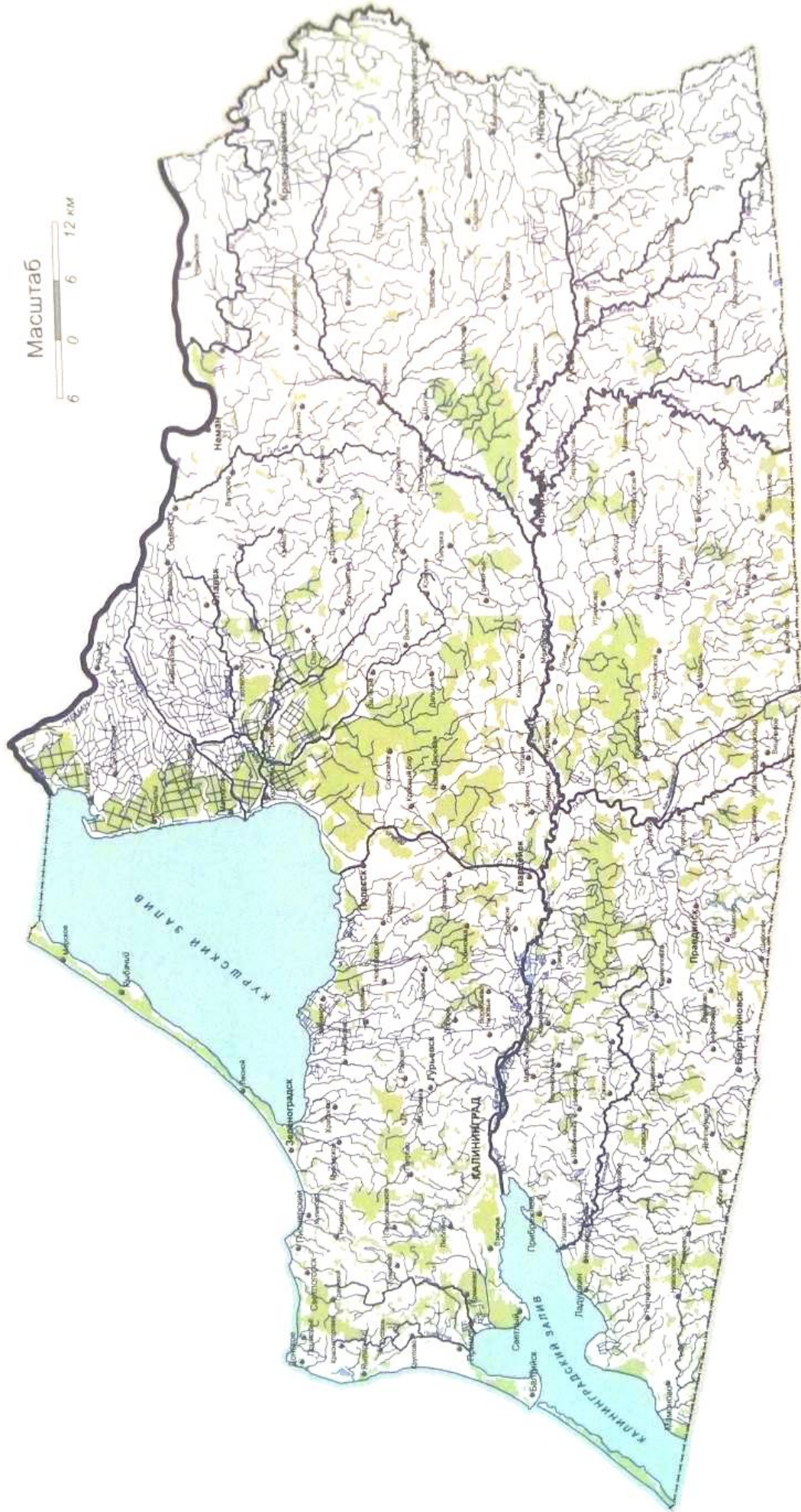


Рисунок 11 – Речная сеть на территории Калининградской области (Нефть и окружающая среда, 2008)

В области насчитывается 38 озер площадью 10 га и более, и около 4 тысяч озер меньшей площади. Кроме того, вблизи населенных пунктов, на территории городов и поселков имеется много искусственных прудов и водохранилищ.

Крупнейшее озеро в области - Виштынецкое - имеет площадь 17,6 км², максимальная глубина - 47 м, объем воды - около 260 млн. м³. Воды озер относятся к пресным водам и по свойствам вполне удовлетворяют как задачам рыбозаведения, так и курортным целям. (Орленок, Федоров, 2005; Карасева 1999).

Подземные воды. В Калининградской области грунтовые воды приурочены к различным генетическим комплексам позднеледниковых и послеледниковых отложений: 1) болотных, 2) эоловых, 3) аллювиальных, 4) озерно-ледниковых, 5) морских, 6) краевых ледниковых образований, 7) донной морены (Таблица 12).

Обобщая данные можно заключить, что на исследуемой территории первый от поверхности водоносный горизонт имеет глубину залегания от 0,5 до 10 м. Пространственная привязка и корреляция конкретных уровней залегания подземных вод с генетическими группами природных комплексов и иными факторами существенно осложняется. Это происходит из-за сезонной динамики показателя (существенные колебания уровня в летние и весенние периоды) и неравномерности его распространения (залегания подземных вод линзами). В обобщенном генерализованном виде, в рамках данной работы, значения глубины залегания грунтовых вод были сопоставлены с различным генетическими группами ландшафтов. Так в частности наибольшая глубина залегания грунтовых вод приурочена к холмисто-моренным озерным равнинам, наименьшее значение отмечено для дельтовых аллювиально-болотных равнин.

Таблица 12 – Геолого-гидрологическая характеристика генетических комплексов
 позднеледниковых и послеледниковых отложений (на основании данных -
 Гидрогеология СССР, 1970)

Генетический комплекс отложений	Область распространения	Литологический состав	Глубина залегания грунтовых вод, мощность
Болотные	Крупные массивы распространены в Приморской низменности. Небольшими участками они встречаются в поймах рек Преголи, Деймы, Немана, а также на площади холмисто-моренного рельефа в бессточных впадинах	торф, иногда в нижней части обогащены илистыми или тонкопесчаным материалом	Глубина 0,2 - 1м., редко 3м. Мощность колеблется от 0,5 до 9 м., в среднем составляет 2-4м.
Эоловые	Широко развиты на Балтийской и Куршской косах и имеют весьма ограниченное распространение в северной части области	мелкозернистый хорошо отсортированный песок рыхлого сложения	Отложения водопроницаемые, но практически безводные. Мощность их в северной части области 3-5м., на Куршской и Балтийской косах до 10-20м.
Аллювиальные	Приурочены к долинам рек. Кровля водоупора в большинстве случаев находится ниже уровня реки, поэтому имеют гидравлическую связь с рекой. На многих участках долины р.Преголи аллювиальные отложения залегают непосредственно на межморенных водно-ледниковых песках.	Разнозернистые пески и песчано-гравийные отложения имеют ограниченное распространение, а большая часть долины сложена тонкозернистыми песками и глинами. В поймах рек часто перекрыты торфом	1-8м. Диапазон колебания уровня воды в течение года Уровень вод: 1-3 м. и определяется величиной колебания уровня реки и расстоянием до нее. Мощность отложений колеблется в значительных пределах (от 1-3 м до 9-20м)
Озерно-ледниковые	Приурочены к озерно-ледниковым отложениям, распространены в южной и восточной частях области, залегая дугообразной полосой левее древней долины Преголя-Инструч. На большей части площади распространения перекрыты эоловыми, лимногляциальными и болотными отложениями, с которыми образуют единый водоносный комплекс	Слоистые глины и суглинки, местами с прослойками тонкозернистых песков. Участки озерно-ледниковых отложений, в разрезе которых преобладают пески от мелко- до крупнозернистых, имеют ограниченное распространение	Уровень вод: 1-6м., а на дюнах 20-50м. (глубина залегания колеблется в больших пределах и зависит от мощности перекрывающих отложений), мощность 10-20м.
Морские	Встречаются в узкой прибрежной полосе Балтийского моря, а также заходят в дельтовую часть Преголи и Неман	мелкий и тонкозернистый песок, местами с прослоями песчаных глин и торфа	Мощность колеблется от 5-10 до 20м. наибольшая мощность отложений на Балтийской косе
Краевых ледниковых образований	Развиты в виде изолированных площадей, имеющих характерный холмисто-грядовый рельеф. Располагаются в юго-западной части области, составляя окраинную часть Балтийской конечно-моренной гряды	Пески, гравий, моренные суглинки и супеси	Отличаются сложностью условий залегания, которая определяется геоморфологией местности и особенностями литологического состава
Донной морены	Широко распространены в северной и юго-западной частях области. Имеют спорадическое распространение.	Пески, гравий	Уровень вод: 1-5м. реже 8-10м.

3.1.5. Ландшафтная дифференциация

Теоретической основой данного раздела диссертационного исследования, послужили труды следующих авторов: И.И. Козлович, В.Д. Ваулиной (1999), А.А. Суховой, А.А. Куркова (1972), П.П. Кучерявого (1969), Е.А. Романовой (2011), Н.Н. Лазаревой (Лазарева, Козлович, 2004) и др.

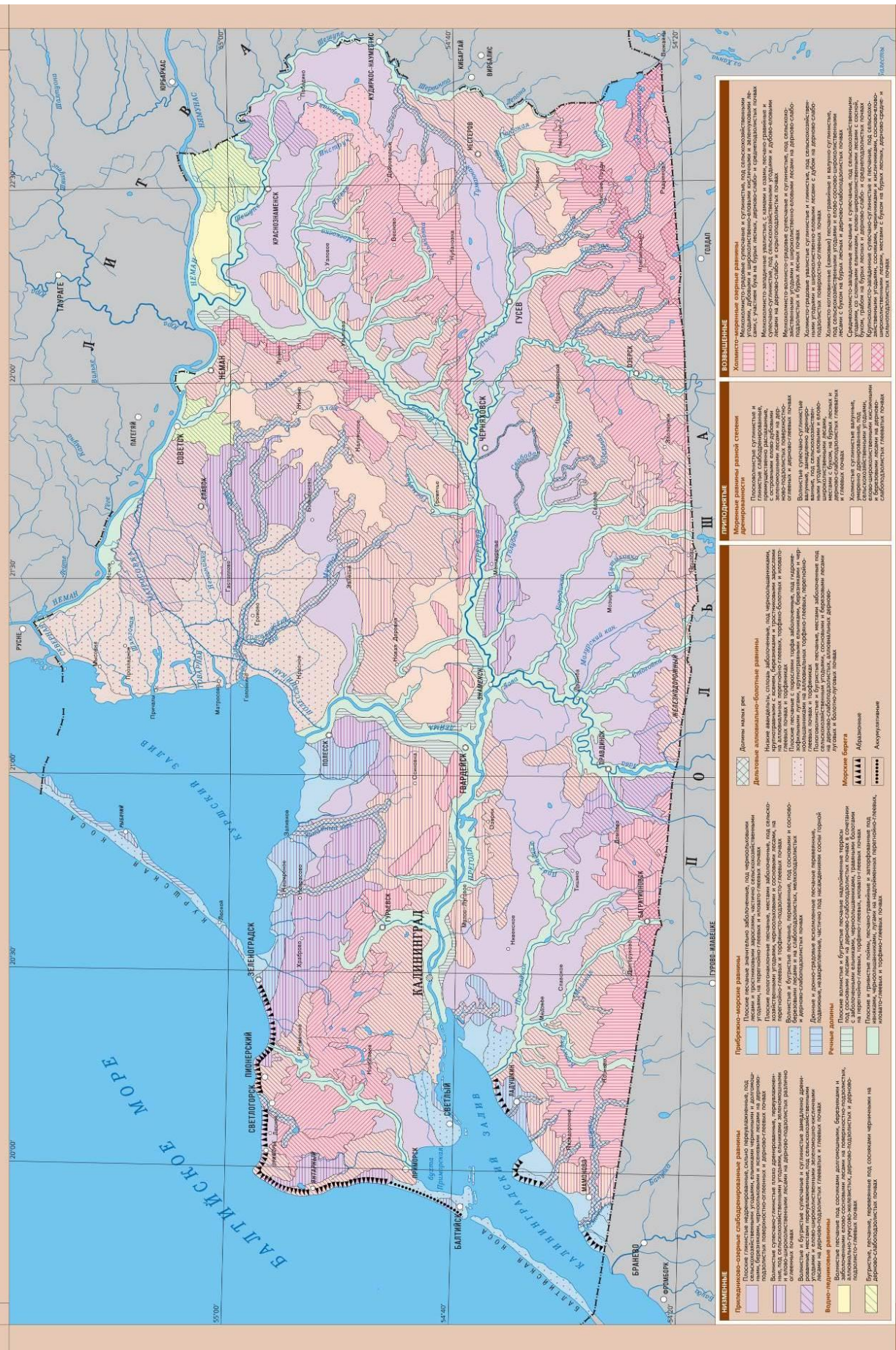
Калининградская область, несмотря на свою небольшую площадь, имеет довольно сложную ландшафтную структуру, связанную в первую очередь с генетическими особенностями литогенной основы (Лазарева, 2013).

Ландшафты Калининградской области относятся к бореальному подтаежному (смешанно-лесному) типу равнинного класса. По гипсометрическому положению и степени расчлененности выделяются подклассы возвышенных, приподнятых и низменных ландшафтов (Рисунок 12). Преобладают в области ландшафты аккумулятивного, водно-ледникового, озерно-ледникового и дельтового происхождения. Представлены также ландшафты ледниково-аккумулятивного, грядово-холмисто-моренного происхождения, а также водно-эрозионного, долинного типа (Ваулина, Козлович, 1999).

Литогенная основа ландшафтных комплексов области представлена четвертичными, водно-ледниковыми, озерно-ледниковыми, моренными, аллювиальными, дельтовыми, речными и морскими отложениями суглинистого, супесчаного, глинистого и песчаного гранулометрического состава.

Ландшафты гидродинамического типа представлены в приморской и прибрежной частях региона. К ним относят: песчано-аккумулятивно-пляжевые, дюнные, эолово-грядовые, а также абразионно-береговые ландшафты. В южной части области имеются моренно-холмисто-грядовые ландшафты.

Ландшафты холмисто-моренных озерных возвышенных равнин приурочены к Самбийской, Вармийской и Виштынецкой возвышенностям. Их формирование происходило в зоне краевых ледниковых образований, и поэтому поверхностные отложения характеризуются разнообразным механическим составом и условиями увлажнения, а также неоднородностью почвенно-растительного покрова.



Масштаб 1:500000

Рисунок 12 - Ландшафтная карта Калининградской области (Сухова, Козлович, 2002)

Ландшафты пологохолмистых моренных и плосковолнистых приледниково-озерных глинистых равнин имеют самое большое распространение на территории Калининградской области. Они распространены в пределах Полесской, Лава-Прегольской и Шешупе-Инстручской низменностей. Характерной особенностью этих ландшафтов является их слабая расчлененность и дренированность в сочетании с неоднородными участками сложных хвойно-широколиственных лесов на дерново-подзолистых почвах. Также в пределах ландшафтов встречаются массивы верховых и низинных болот. Значительная часть территории этих ландшафтов осушается для сельскохозяйственных целей – использование под пашни и пастбища.

Ландшафты бугристо-волнистых песчаных равнин водно-ледникового происхождения располагаются в междуречье Шешупы и Немана. Они характеризуются дюнным рельефом с преобладанием поверхностно подзолистых почв. Представлены сосновыми парковыми лесами и заболоченными елово-сосновыми лесами на торфяно-болотных почвах.

В устьевой части р. Немана располагаются ландшафты дельтовой аллювиально-болотной низкой плоской равнины. Отличительной особенностью этих ландшафтов является их периодическое подтопление и как следствие постоянное избыточное увлажнение. В настоящее время в большей степени осушенные и используемые под пашни, культурные сенокосы и пастбища. Вдоль побережья Куршского залива - сплошь ольшаники и тростниковые заросли.

На Куршской и Вислинской косах располагаются уникальные ландшафты прибрежно-морских плоских и волнисто-бугристых песчаных равнин с крупными дюнами и дюнными грядами. Своеобразие и привлекательность этим ландшафтам придают - сочетания дюнного рельефа, песчаных пляжей, парковых сосновых и сосново-березовых лесов, насаждений сосны горной.

В современных долинах рек Неман, Преголя, Дейма, Лава, Прохладная и др. развиты ландшафты аллювиальных равнин. Чаще всего эти территории заболочены и представлены травяными болотами, сосновыми лесами и

заболоченными ельниками. Встречаются осушенные и освоенные под сельское хозяйство массивы.

3.2. Источники и виды антропогенных воздействий на окружающую среду

Основными факторами, определяющими характер антропогенного воздействия на природные комплексы не только Калининградской области, но и любого региона являются: структура промышленного сектора (предприятия и инфраструктура), состояние жилищно-коммунального хозяйства, сельское хозяйство, характер природопользования, включая недропользование. Анализ данных по вышеперечисленным факторам позволяет утверждать, что среди антропогенных воздействий на материковые ландшафты доминируют механическое и химическое. В качестве основных точечных источников антропогенного воздействия рассматриваются три группы объектов: разрабатываемые месторождения песчано-гравийных материалов (ПГМ), эксплуатируемые месторождения нефти и полигоны ТБО. Выбор их обосновывается широкой пространственной представленностью, масштабами и темпами их эксплуатации, существующими экологическими проблемами, связанными с их использованием, а также потенциальными негативными последствиями, для природной среды. Данное мнение подтверждается материалами докладов, отчетов и исследований выполненных службой по экологическому контролю и надзору Калининградской области (Доклад об экологической обстановке в Калининградской области, 2013), Правительством Калининградской области (Перечень полигонов и свалок ТБО, 2013; Список организаций – недропользователей, 2013), Государственным автономным учреждением Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» (Информация о ранжировании ..., 2013) и Калининградской областной службы государственной статистики (Калининградская область в цифрах, 2014) подготовленных в 2012-2013 гг.

Предприятия нефтедобывающей отрасли в различных условиях могут быть источником загрязнения окружающей среды множеством опасных веществ разной токсикологической значимости (Давыдова, Тагасов, 2004). Под химическим воздействием, понимается загрязнение компонентов природной среды всем комплексом водорастворимых и инфильтруемых водой химических поллютантов. В качестве загрязнителей при этом могут выступать природные углеводороды, продукты их переработки, катализаторы, ПАВ, ингибиторы, щелочи и кислоты, тяжелые металлы и другие вещества (Пиковский, 2004; Нефть и окружающая среда ..., 2008). Понятие «механическое воздействие» включает целый ряд конкретных типов: уплотнение, внутреннее разрушение массива, «аккумуляция» рельефа и т.д. (Королев, 20; Трофимов, 1997). Использование подобного обобщения объясняется тем, что различные этапы эксплуатации промышленных объектов характеризуются целым набором типов и видов воздействий. В этой связи разработка методики оценки уязвимости природных комплексов ориентированной для конкретного вида работ (воздействия) может быть использована только в узкоспециальных изысканиях, однако для задач комплексной оценки территории Калининградской области, она будет малопригодна.

К основным источникам механического воздействия в Калининградской области можно отнести: объекты строительства, линейные сооружения связи (автодороги, железнодорожные дороги), разработка месторождений полезных ископаемых, обустройство промышленных площадок, засыпка естественных углублений рельефа (балок, оврагов, русел), строительство опор, ЛЭП, нефте- и газопроводов. Данный вид воздействия характеризуется следующими экологическими последствиями: трансформация растительного и почвенного покрова, деградация ландшафтов, изменение гидродинамических условий, активизация экзогенных процессов (эрозионных, эоловых и т.д.), снижение комфортности проживания, изменение качества и ресурса геологического пространства (Шапошник, 2010).

При этом необходимо учитывать общую тенденцию к увеличению темпов роста добычи твердых полезных ископаемых в Калининградской области. Этому в большей степени способствовало развитие объектов строительной индустрии, в связи с чем, с 2011 года интенсивно осуществляется работа по добыче песчано-гравийных материалов (общая доля роста добычи твердых полезных ископаемых в 2011 году составила 125,1%, по отношению к 2010 году (Калининградская область в цифрах, 2014)).

Минерально-сырьевая база Калининградской области (Доклад об экологической обстановке в Калининградской области, 2013) представлена следующими видами добываемых полезных ископаемых: нефть, янтарь, железные руды, калийно-магниевые соли, бурый уголь, глинистое сырье, торф, песчано-гравийные материалы, строительные пески и т.д.

Наибольший интерес с точки зрения изучения механического воздействия на природные комплексы представляют разрабатываемые карьеры минеральных строительных, песчано-гравийных и глинистых материалов. Данные месторождения имеют наибольшее распространение в Калининградском регионе (Список организаций – недропользователей, 2013), в настоящее время насчитывается 37 действующих объектов разработки (Таблица 13). По данным Калининградской областной службы государственной статистики сводный объем добычи (по группе ПГМ) составил в 2013 году 4,3 млн. м³ (Калининградская область в цифрах, 2014).

Эти факты дают нам основание рассматривать разработку месторождений строительных материалов как один из ведущих источников механического воздействия на ландшафты Калининградской области.

По характеру потенциального негативного воздействия, интенсивности эксплуатации и распространенности, основным источником химического воздействия на природные комплексы Калининградской области является нефтедобывающий комплекс.

Таблица 13 - Список месторождений песчано-гравийного материала на территории Калининградской области (на основании данных - Список организаций – недропользователей, 2013)

№ п/п	Муниципальный район / Место нахождения участка недр	Наименование месторождения	Вид полезного ископаемого
1	Краснознаменский район	Белкино	Пески-отошители
2		Белкинское	Глины кирпичные
3		Желанное	ПГМ
4		Шешупе	ПГМ
5	Гусевский район	Буйлинское	ПГМ
6		Очаково	Песок строительный
7		Приозерное	Песок строительный
8		Яровое	ПГМ
9		Гусевское	ПГМ
10	Светловский городской округ	Волочаевское	Песок строительный
11	Неманский район	Грибоедово	Песок строительный
12		Лунинское	Глины кирпичные
13	Правдинский район	Дружба	Глины кирпичные
14		Фрунзенское	Глины кирпичные
15	Гурьевский район	Заозерье-2	Песок строительный
16		Рыбачье	ПГМ и строительный песок
17		Ушаковское	ПГМ
18		Цветково	ПГМ
19		Яблоневское	Глины кирпичные
20	Черняховский район	Каменское	ПГМ
21		Пушкарево	ПГМ
22		Сиреневка	ПГМ
23	Гвардейский район	Каштановка	ПГМ
24		Комсомольское	ПГМ
25		Куйбышевское	ПГМ
26		Ровное	ПГМ
27	Нестеровский район	Краснолесье	ПГМ
28	г. Калининград	Лесное - II	Песок строительный
29	Черняховский район	Нагорное	ПГМ
30	Зеленоградский район	Ольшанское	ПГМ
31		Северо-Люблинское	Песок строительный
32	Озерский район	Плавни	ПГМ
33		Тихомировка	Пески-отошители
34	Багратионовский район	Полевое	Пески-отошители
35		Полевое – II	Песок строительный
36		Солдатское	Песок строительный
37	Полесский район	Шолоховское	ПГМ

На территории суши Калининградской области и континентального шельфа Балтийского моря открыто 37 месторождений нефти, из них: 35 месторождений на суше и 2 (два) – на континентальном шельфе (Кесорецких, 2009). В планах развития данного сектора экономики региона уже выделены 25 перспективных участка на суше и 6 на континентальном шельфе. Перспективные участки в настоящее время не вовлечены в разработку (Доклад об экологической обстановке в Калининградской области, 2013). Объемы добычи при этом за 2013 год составили 943 тыс. тонн (Калининградская область в цифрах, 2014).

Можно также выделить ряд второстепенных источников, определяемых меньшей по охвату территорией распространения: короотвалы, золоотвалы, склады пестицидов и ядохимикатов, мазутохранилища, их принято классифицировать как химические потенциально опасные объекты. По материалам службы по экологическому контролю и надзору Калининградской области, в 2013 году выявлено 19 потенциально химически опасных объектов, при этом в 2011-2012 году их было 24. В 2013 году в связи с переходом на безопасное производство были исключены из Перечня химически опасных объектов 5 организаций:

1. Приемно-аппаратный пункт ОАО «Молоко»
2. ОАО «Багратионовский мясокомбинат»
3. ОАО «Полесский рыбоконсервный завод»
4. ОАО «Балко» г. Светлый
5. ООО «Гусевмолоко»

Этот пример иллюстрирует, что химическая составляющая воздействия может быть обнаружена в ряде технологических процессов и производств, на первый взгляд не связанных с данным видом воздействия. Однако использование данных объектов как основных источников химического воздействия не обосновано с точки зрения их узкой территориальной локализации и потенциальной опасности для компонентов природной среды.

Потенциальное воздействие различных источников на экологическое состояние природной среды оказывается на всех стадиях их функционирования - от проектирования до эксплуатации и консервации (Таблица 14).

Таблица 14 - Воздействие нефтедобывающего производства на почвы (на основании материалов - Юртаев, 2010; Карабанова, 2009)

Воздействие нефтедобывающего производства на почвы Виды воздействий	Возможный химический состав и физико-химические свойства загрязнителей	Типы ответных реакций почв на техногенное воздействие
Подготовительные работы (прокладка дорог, обваловка площадок, бурение)	Гипсовые, силикатные, известковые, соляные и другие виды буровых и промывочных растворов, утяжелители, смазочные масла, нефть, углеводороды	Механическая деградация почвенного покрова (срыв дернины, уплотнение почв, горизонтов, эрозия), загрязнение, изменения химического состава почв. Засоление почв. Изменение гранулометрического и литологического состава поверхностных отложений, рН. Геохимическая перестройка почв, миграционных процессов.
Добыча и транспортировка нефти	Парафиновые, нафтеновые, ароматические и другие углеводороды, фенолы, асфальтосмолистые и др. соединения.	Поверхностное и внутрипочвенное загрязнение. Техногенный битуминозный галогенез. Солонцовый процесс. Увеличение содержания техногенных элементов, включая микроэлементы и формирование ореолов загрязнения. Изменение микробиологических процессов и общая перестройка почвенных процессов. Изменение рН. Болотный процесс и оглеение.

При этом негативные воздействия сказываются не только на отдельные компоненты среды, но могут распространяться и на поверхностные и подземные водные источники, растительный и животный мир, а также (прямо или косвенно) быть причиной ухудшения здоровья населения, вызывать локальные экологические катастрофы (Таблица 15).

Таблица 15 - Виды воздействия на объекты окружающей среды на различных этапах строительства скважин на нефть и газ на суше (на основании материалов - Инструкция РД 39-133-94; Ваганов, 2010; Семченкова, 2010)

Вид работ	Источник воздействия	Вид воздействия	Объект воздействия
Подготовительные работы при строительстве скважин: планировка буровой площадки, транспортировка и складирование оборудования, сооружение амбаров, проведение монтажных работ и строительство складов для хранения химреагентов и ГСМ	Автомобильный транспорт, строительная техника. Выхлопные газы автотранспортной, строительной и дорожной техники, привозной грунт (песок), материалы для строительных работ и для приготовления буровых и тампонажных растворов	Физическое нарушение почвенно-растительного покрова, природных ландшафтов зоны аэрации, нарушение температурного режима. Нарушение биоты в районе строительства скважин и изменение условий жизни вплоть до исчезновения отдельных видов животных и растений, миграции крупных животных	Почвенно-растительный покров на территории, отведенной под строительство скважин (площадка для монтажа бурового оборудования, трассы линейных сооружений: дорог, трубопроводов, ЛЭП). Растительный и животный мир, атмосферный воздух, почвы, грунты, поверхностные и подземные воды, ландшафт
Углубление (бурение) скважин	Блок приготовления буровых растворов, устье скважины, циркуляционная система, система сбора отходов бурения, амбары, емкости ГСМ, двигатели внутреннего сгорания, котельные; химические вещества, используемые для приготовления буровых и тампонажных растворов, топливо и смазочные материалы, отходы бурения (шлам, сточные воды, буровые растворы), хозяйственно-бытовые сточные воды, твердые бытовые отходы, загрязненные дождевые и ливневые воды, шум при работе буровых установок. Жизнедеятельность буровой бригады	-"	Биота: растительный и животный мир, почвы, грунты, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, работники буровых бригад, население близлежащих населенных пунктов
Испытание скважин	Жизнедеятельность буровой бригады: меж-комплексные перетоки по затрубному пространству и нарушенным обсадным колоннам, фонтанная арматура, продувочные отводы, сепаратор, факельная установка; нефть, газ, конденсат, получаемый при испытании скважин, минерализованные пластовые воды, продукты аварийных выбросов скважин (пластовые флюиды, тампонажные смеси)	-"	Растительный и животный мир, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, среда обитания животных и человека
Ликвидация и консервация скважин	Негерметичность колонн, обсадных труб, фонтанной арматуры, задвижки высокого давления; закупорка пласта при вторичном вскрытии, прорыв пластовой воды и газа и газовой «шапки»; нефть, газ, конденсат, минерализованная вода	-"	

Особого внимания заслуживают антропогенные источники, воздействия от которых носят комплексный характер. Примером такого многокомпонентного воздействия являются полигоны твердых бытовых отходов. По данным Министерства ЖКХ Правительства Калининградской области (Перечень полигонов и свалок ТБО, 2013) в нашем регионе насчитывается 21 полигон ТБО определенных для приема коммунальных отходов, производимых в муниципальных образованиях Калининградской области (Таблица 16). По материалам службы по экологическому контролю и надзору Калининградской области и Государственного автономного учреждения Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» (Информация о ранжировании ..., 2013) в 2012 году 15 полигонов ТБО были классифицированы как объекты накопленного экологического ущерба.

Три полигона ТБО из данного списка - в районе п. Сосновка, Зеленоградского района (с 2006г.), в г. Озерске (с 2010г.), в г. Светлом (с 2010г.) не функционируют. Все выделенные объекты были отнесены к категории I ранга – как требующие в первую очередь подготовки рекомендаций о целесообразности проведения работ для ликвидации накопленного экологического ущерба. Отмечается, что воздействия от данных источников охватывают почву, атмосферный воздух, поверхностные и подземные водные объекты. При этом ориентировочная площадь загрязнения только от пятнадцати объектов накопленного экологического ущерба составляет 118,8 га. Не маловажным является и длительность процесса негативного воздействия полигонов ТБО для отдельных объектов она составляет от 20 до 50 лет. Необходимо принимать во внимание, что полигон ТБО – это в первую очередь комплекс природоохранных сооружений, предназначенных для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, обеспечивающий защиту от загрязнения объектов биосферы, препятствующий распространению грызунов, насекомых и патогенных микроорганизмов (Садовников, 2013).

Таблица 16 - Перечень действующих полигонов и свалок ТБО в Калининградской области (на основании данных - Информация о ранжировании ..., 2013; Перечень полигонов и свалок ТБО, 2013)

№ п/п	Месторасположение погонов ТБО	Наименование муниципального образования, закрепленного за полигоном ТБО	Объект накопленного экологического ущерба	Площадь загрязнения
1.	пос. Барсуковка Неманского МР	Советский ГО Неманский МР Славский МР	Да	50,0 Га
2.	пос. Круглово Зеленоградского района	Балтийский МР Янтарный ГО Светлогорский район Пионерский ГО Зеленоградский район Светловский ГО	Да	3,0 Га
3.	г. Калининград , участок по Балтийскому шоссе в районе п. Космодемьянского	Городской округ «Город Калининград» Светловский ГО Зеленоградский район	Да	13,83 Га
4.	г. Гусев , справа от автодороги Гусев-Озерск	Гусевский МР Озерский район	Да	3,8 Га
5.	г. Черняховск , ул. Чапаева, 2	Черняховский МР Озерский район	Да	4,7 Га
6.	пос. Ельняки Гвардейского района,	Гвардейский район	Да	6,0 Га
7.	г. Мамоново , ул. Чекистов	Мамоновский ГО	-	2,9 Га
8.	г. Правдинск , п. Темкино	Правдинский район	-	
9.	г. Краснознаменск , восточная окраина	Краснознаменский МР	-	4,7 Га
10.	пос. Ильичево Гурьевского муниципального района	Гурьевский МР	Да	1,5 Га
11.	г. Славск	Славский МР	-	-
12.	пос. Ясное	Славский МР	-	-
13.	пос. Тимирязево	Славский МР	-	-
14.	пос. Прохладное	Славский МР	-	-
15.	пос. Большаково	Славский МР	-	-
16.	пос. Долгоруково	Багратионовский МР	-	2,0 Га
17.	пос. Корнево Багратионовский муниципальный район	Багратионовский МР Ладушкинский ГО	-	1,0 Га
18.	г. Нестеров , ул. Линейная	Нестеровский район	Да	5 Га
19.	пос. Чернышевское	Нестеровский район	-	-
20.	пос. Илюшино	Нестеровский район	Да	1,5 Га
21.	г. Полесск , пер. Железнодорожный	Полесский МР	Да	2,54 Га

Необходимо подчеркнуть, что под негативным воздействием комплексного характера от полигонов ТБО понимаются конкретные негативные процессы: поверхностный и подземный сток фильтрата (химически и биологически опасного) с территории полигона и вдоль почвенного профиля, деградация почв и растительности, возможное радиационное и ртутное загрязнение, изменение литогенной основы путем механического воздействия (уплотнение, внутреннее разрушение массива, повышение гидродинамического напора) и т.д. (Таблица 17).

Вместе с тем, техническая эксплуатация ряда свалок, и их устройство не отвечают требованиям санитарного законодательства РФ. Следует отметить, что количество содержания тяжелых металлов в почвах полигонов ТБО подвержено сезонному изменению в остаточном широком диапазоне (Садовников, 2013). По статистике в Калининградской области ежегодно образуется около 600 тысяч тонн отходов, из которых свыше 500 тысяч – отходы 5-го класса опасности, 45 тысяч – 4-го класса и порядка 10 тысяч тонн – 1-3го класса. Из них 86% утилизируется на полигонах и свалках муниципальных образований региона. Вместе с тем решающее значение имеет и масштаб появления несанкционированных свалок – за 2012 год было выявлено свыше 130 таких объектов.

При рассмотрении основных точечных источников антропогенного воздействия на природные комплексы Калининградской области также заслуживают внимания две группы объектов: населенные пункты и промышленные предприятия. С точки зрения оценки воздействий оказываемых крупными населенными пунктами на элементы природной среды можно с уверенностью утверждать, что они носят комплексный характер, сочетая все в себе не только различные виды, но и целые классы, и подклассы воздействий. При этом необходимо учитывать, что наиболее крупные города Калининградской области – административные центры муниципальных образований, характеризуются достаточно компактным расположением и высоким значением плотности населения (672 чел/км² – г. Балтийск, 1727 чел/км² – г. Гусев, 1997 чел/км² – г. Калининград, 405 чел/км² – г. Мамоново).

Таблица 17 - Воздействия на компоненты окружающей среды при строительстве и эксплуатации полигона твердых бытовых отходов

Компоненты окружающей среды	Виды и источники воздействия
Атмосферный воздух	Выбросы от мусоровозов и специальной техники, работа дизельной подстанции, выбросы компонентов биогаза при анаэробном разложении органической составляющей отходов, выбросы пыли при работе техники.
Грунты и горные породы	Наиболее значительное воздействие осуществляется в период выполнения работ по строительству полигона. Геомеханическое – нарушение сплошности грунтов, изменение статической и динамической нагрузки на грунты основания. Срезка почвенно-растительного слоя, грунта, перемещение грунта, строительство котлованов, ливневых стоков, биологических канав, сооружение автодорог. Геофизическое – косвенное тепловое воздействие на геологическую среду в результате эксплуатации полигона, Геохимическое – химическое загрязнение грунтовой толщи за счет проливов ГСМ от работающей техники, а также следующих объектов: карты захоронения отходов, площадки топливозаправщика, дезинфицирующая ванна, дизельная подстанция. Образование фильтрата при попадании атмосферных осадков в толщу разлагающихся отходов
Подземные воды	Изменение гидродинамической и балансовой структуры подземного потока вод (гидродинамическое воздействие – нарушение режим, условий питания, движения и разгрузки потока), а также возможное их загрязнение (гидрохимическое воздействие). Источники воздействия: строительства сооружений, заглубляемых в грунтовую толщу, работающая строительная техника, строительство канав, бетонных площадок и фундаментов,
Поверхностные воды	Воздействие на поверхностный (склоновый) сток, формирующийся в пределах границ полигона ТБО. Накопление атмосферных осадков в теле полигона и перевод их в фильтрат, уменьшение объема поверхностного стока, ухудшение качества поверхностного стока (заиление), химическое загрязнение.
Почвенный покров	Основные негативные воздействия на почвенный покров происходят на этапе строительства ТБО и сопутствующих сооружений. Геомеханическое воздействие – нарушение естественного сложения почв (засыпка, срезание, перемешивание), запечатывание почв, захламление строительными и бытовыми отходами. Геохимическое воздействие – загрязнение почв органическими и неорганическими поллютантами. Физическое воздействие – инициация эрозионных процессов, подтопление.
Растительность	Вырубка древесно-кустарниковой растительности и срезка почвенно-травянистого покрова. Загрязнение зоны влияния продуктами сгорания бензина и дизельного топлива.
Животный мир	Нарушение (изменение) привычных условий обитания, фактор беспокойства, шумовое загрязнение.

В ряде исследований населенные пункты, в виду значительной трансформации почвенного покрова, изменения микроклиматических условий и ландшафтной дифференциации природных компонентов, выделяются в отдельную группу урбоэкосистем (Коровина, Сатаров, 2009). Принимая во внимание эти факты можно заключить, что включение населенных пунктов в категорию основных источников антропогенных воздействий при выполнении исследований регионального масштаба будет нерепрезентативным, так как не позволит в полной мере учитывать весь комплекс локальных природных факторов и особенностей урбанизированных районов Калининградской области. В это связи целесообразно провести отдельную обобщенную оценку потенциальной опасности (конфликтности) городов для природных комплексов с учетом их географического расположения, численности населения и наличия крупных промышленных предприятий.

Анализ группы промышленных предприятий региона как источников воздействия показывает иную картину, характеризующуюся отсутствием в Калининградской области крупных объектов черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности. Описывая динамику развития данного сектора по сравнению с 90-гг. можно отметить сокращение рыбопромышленного комплекса, целлюлозно-бумажного производства, ликвидацию ряда машиностроительных предприятий, сокращение производств оборонных заводов (Федоров, 2013; Гимбицкий, 2014). В настоящее время обрабатывающая промышленность региона представлена предприятиями автомобилестроения, телевизионной, мебельной и пищевой отраслей (Министерство по промышленной политике ..., 2014). В этой связи можно говорить лишь о возможных локальных негативных воздействиях оказываемых отдельными группами предприятий имеющих узкую пространственную локализацию. Также стоит отметить, что современных предприятиях уже реализуется процедура прохождения ОВОС, экологического нормирования и внедрения природоохранных мер, что снижает вероятность негативных воздействий на природную среду от данной категории источников. Большая часть

промышленных объектов, которая ранее была в списке лидеров-загрязнителей различных компонентов природной среды в Калининградской области в настоящее время закрыты или реформированы с внедрением современных природоохранных технологий.

Потенциальное воздействие от промышленных объектов может быть включено в список объектов оценки при проведении крупномасштабных исследований на локальном уровне для отдельных территорий или промышленных зон.

Также в группу точечных источников воздействия не вошли транспортная сеть и сельское хозяйство т.к. они описывают площадное (рассеянное) воздействие и требуют иного подхода к их оценке, чем тот, что изложен в данной работе.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ ЛАНДШАФТОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ К АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

4.1. Структура и содержание ГИС «Оценка уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям»

Структура и содержание ГИС «Оценка уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям» включает три блока: базы данных, промежуточных и окончательных карт (Рисунок 13).

Первый блок представляет собой набор слоев-покрытий – полученных в ходе анализа литературных источников (водные объекты, имеющие нерестовый статус) (Приказ Росрыболовства, 2008), а также оцифрованных и введенных в структуру ГИС карт из географического атласа Калининградской области (Географический атлас Калининградской области, 2002), выполненных в масштабе 1:500 000: особо охраняемых природных территорий; растительности (по категориям: болотные, лесные, сельскохозяйственные и луговые); ландшафтная; густоты речной сети; физическая (рельеф и границы области); гидрографической сети.

На основе имеющихся данных о локализации объектов антропогенного воздействия были закартированы в отдельном слое-покрытии источники антропогенного воздействия (полигоны ТБО, месторождения нефти, карьеры песчано-гравийных и строительных материалов). Опорная сеть представляет собой слой-покрытие из равно распределенных по площади Калининградской области точек с шагом 1 км и составляет порядка 12 тысяч по материковой части.

Привязки растровых карт осуществлялась с использованием инструмента «Georeferencing», в качестве опорной сети точек использовался набор из 9-12 точек с настройками «Transformation» – «2nd Order Polynomial», в проекции – WGS 1984 UTM 34N. Оцифровка карт производилась двумя способами: ручным и автоматическим с использованием модуля «ArcScan». Создание регулярной сети

точек с шагом в 1 км, производилось в два этапа: расчет исходных координат для каждой из точки с помощью MS Excel; импорт данных в среду ГИС и создание слоя-покрытия с использованием функции «Display XY Data».

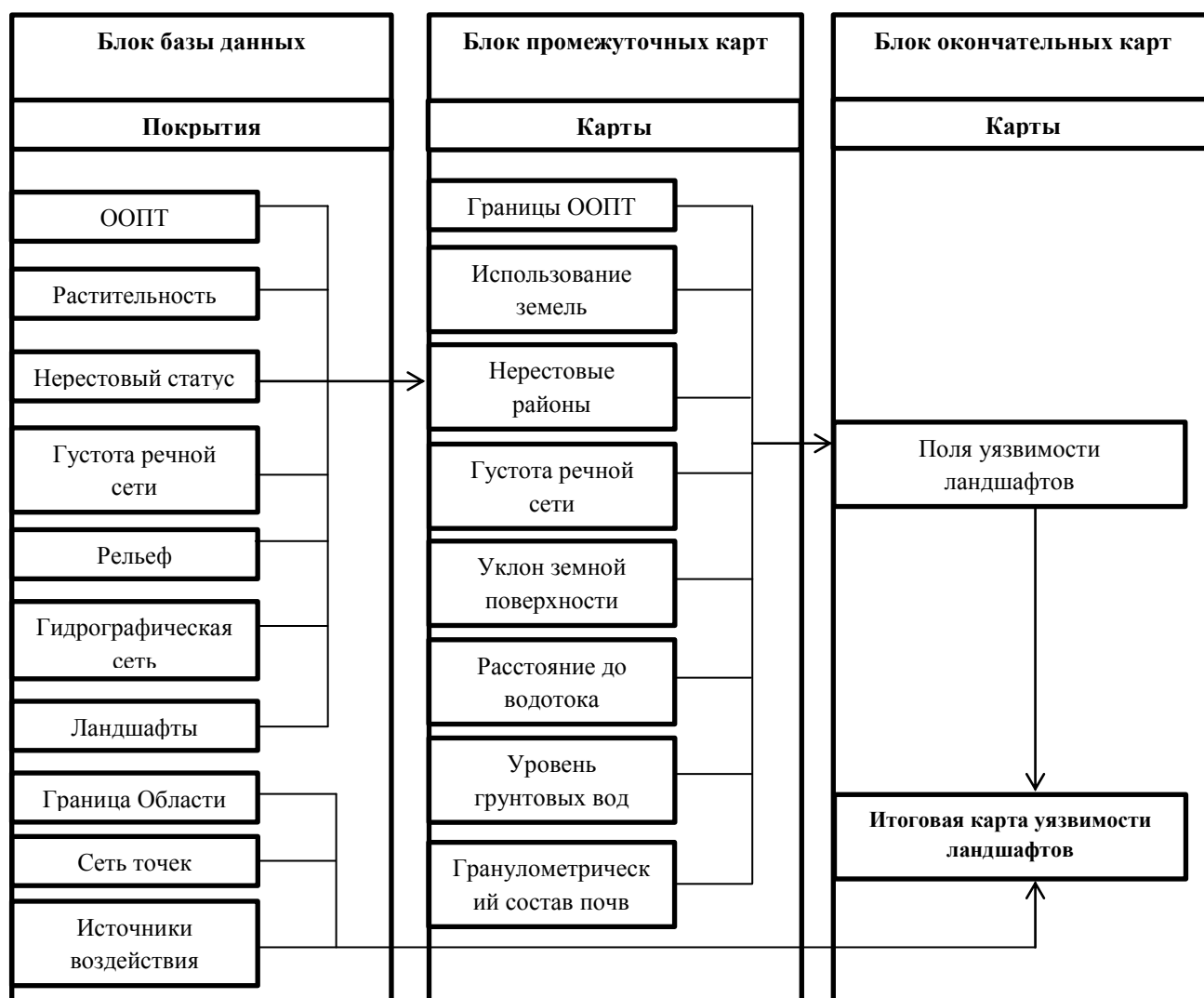


Рисунок 13 - Структура ГИС «Оценка уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям» (Кесорецких, Зотов и др., 2014)

Второй блок состоит из аналитических и синтетических карт, полученных путем редактирования и добавления атрибутивных таблиц для базовых слоев, а так же их последующей обработки с использованием различных модулей и инструментов ESRI ArcGIS. Рассмотрим более детально процесс построение некоторых карт.

Обработка карт границы ООПТ, категории использования земель, густота речной сети, осуществлялась типовым методом – путем добавления и редактирования значений атрибутивных таблиц. В зависимости от типа представляемых данных, отдельным контурам покрытий присваивалось одно из двух значений (напр. 1 или 0 – наличие или отсутствие статуса ООПТ), дробные значения (напр. для величин густоты речной сети) или текстовые описания (напр. «лес», «болото» и т.д. для категорий использования земель). Использование функции «Reclassify» (модуля Spatial Analysis) позволяет переходить от текстовых описаний данных к их выражению в числовых значениях, что необходимо для дальнейшего использования в расчетных методиках. Данная функция также использовалась для создания карт уровня грунтовых вод и гранулометрического состава почв, являющихся производными от базового покрытия, полученного при оцифровке ландшафтной карты Калининградской области. Каждому из 25 категорий ландшафтных выделов, на основе анализа литературных, полевых и экспертных данных, было присвоено значение уровня грунтовых вод и гранулометрического состава почв.

Работа с остальными картами включала в себя как вышеописанный элемент редактирования атрибутивных таблиц, так и использование специальных функций ArcGIS и его модулей. Для создания карты нерестовых районов использовался инструмент «Buffer» (Proximity – Analysis Tool). Согласно методике расчета уязвимости природных комплексов по данному параметру существует два возможных его значения – «наличие» (значение 1) и «отсутствие» (значение 0), таким образом, для оцениваемой точки важно оценить попадает ли она в контур (буферную зону) вдоль территорий и границ с нерестовым статусом или нет. Иной подход реализован для карты расстояния до водотока, где возникла необходимость определить конкретное числовое значение для каждой точки, определяемое как кратчайшее расстояние между данной точкой и ближайшим водотоком. Для подобных расчетов был использован модуль «Spatial Analysis» – «Euclidean Distance», он позволяет по существующему векторному слою-покрытию создать растровый слой с заданным значением удаления от объектов

искомого слоя. Далее для извлечения данных для каждой оцениваемой точки достаточно воспользоваться функцией «Extract Values to Point» получая в результате значение расстояния до водотока с точностью до тысячных долей.

Для построения карты уклонов земной поверхности в качестве исходного материала использовались данные по горизонталям оцифрованным с физической карты Калининградской области и карта гидрографической сети. Методика создания карты уклонов в ESRI ArcGIS предполагает наличие цифровой модель рельефа (ЦМР) территории. Для ее создания использовался инструмент «Торо To Raster» (Raster Interpolation – 3D Analysis). Функция построения карты уклонов «Slope» (Surface Analysis – Spatial Analysis) позволяет накладывать на имеющуюся ЦМР гидрографическую сеть для создания наиболее репрезентативных результатов расчета. С учетом относительно однородного низменно-холмистого рельефа Калининградской области этот подход позволяет не только увеличить достоверность данных, но и обеспечить учет региональных физико-географических особенностей оцениваемой территории.

Третий блок – окончательных карт, включает в себя два этапа работ с промежуточными данными. Первый заключается в создании синтетической карты, представляющей собой агрегированный набор всех представленных данных, обобщенных при помощи функций «Join» (Data Management Tool) и «Extract Values to Point». Таким образом, информация по каждой точке опорной сети, содержащаяся в базовых слоях-покрытиях, дополняется соответствующими данными по восьми основным параметрам оценки уязвимости природных комплексов. Второй этап – непосредственный расчет интегрального показателя уязвимости. Согласно методике расчета данные по всем параметрам были нормированы. Для проведения подобных вычислений в среде ГИС использовалась функция «Field Calculator» (Рисунок 14). Итоговый показатель уязвимости по каждой точке рассчитывался как сумма произведений значений каждого из параметров на его весовой коэффициент. Таким образом, мы получаем значения сводного показателя распределенные от 0 до 1, сгруппированные в соответствии с классами градаций уязвимости ландшафтов (Таблица 18).

Таблица 18 - Группировка точек опорной сети по классам уязвимости ландшафтов

	Градации уязвимости									
	Высокая		Повышенная		Умеренная		Пониженная		Низкая	
	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
Интегральный показатель	1	0,817	0,817	0,524	0,524	0,395	0,395	0,198	0,198	0
Количество точек	167		3859		3040		5359		138	
Процент занимаемой территории (%)	2		31		23		44		1	
Площадь занимаемой территории (км ²)	270		4076		3029		5828		97	

Отличительной особенностью использования ГИС является возможность в реальном времени изменять и корректировать отдельные элементы расчетных формул и полей атрибутивных таблиц (напр. значения весовых коэффициентов), что позволяет создавать и сопоставлять различные варианты компоновок или сценарии расчетов оцениваемых параметров.

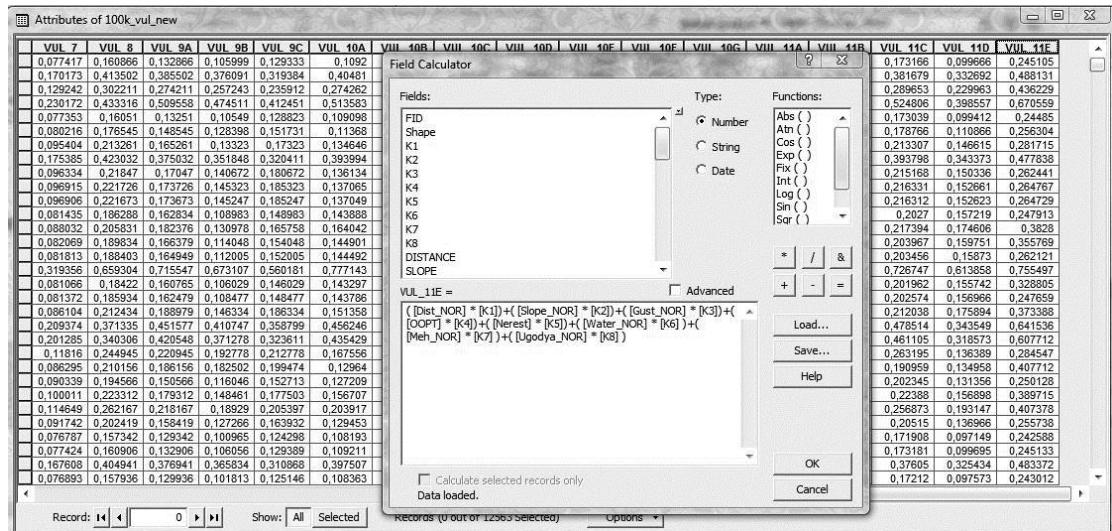


Рисунок 14 - Пример расчета итоговой формулы с использованием функции «Field Calculator»

На основе полученных расчетных данных формируется итоговая карта полей уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям. Заключительным шагом является построение полей (ареалов) различных классов уязвимости с использованием различных методов интерполяции (Рисунок 15).

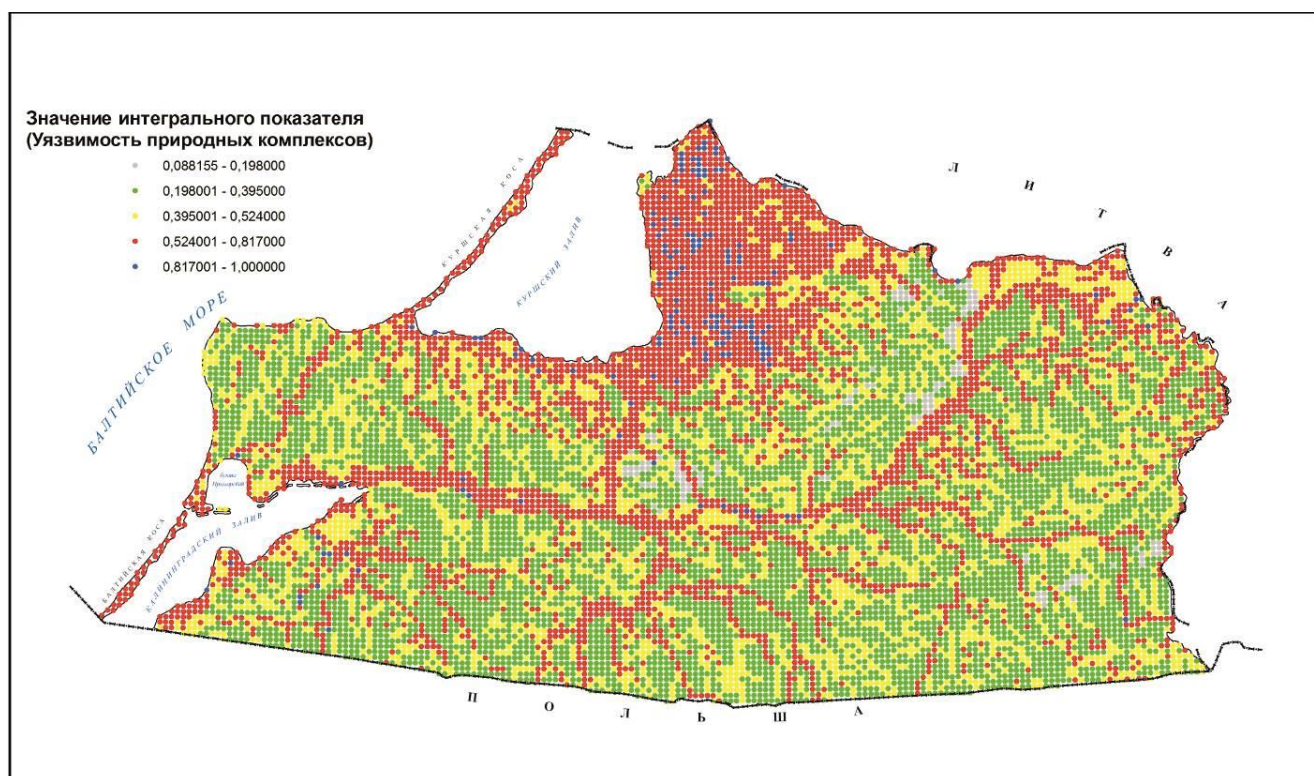


Рисунок 15 - Схема распределения значений интегрального показателя уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям

Необходимо иметь в виду, что выбор инструмента и метода интерполяции зависит как от характера исходной информации, так и от ее распределения. Для интерполяции данных в ESRI ArcGIS предусмотрено использование нескольких встроенных программных модулей: Spatial Analysis (Interpolate to Raster), 3d Analysis Tool (Raster Interpolation), Geostatistical Analysis Tool Wizard. Каждый из этих модулей имеет свой собственный набор инструментов (методов) (Справка ArcGIS): ОВР (IDW) (обратно взвешенное расстояние), Естественная окрестность (Natural Neighbor), Тренд (Trend) и Сплайн (Spline), Кригинг (Kriging), Топо в растр (Topo to Raster) и т.д. С помощью экспорта данных из ArcGIS, возможно производить расчеты с использованием других программных продуктов, например Golden Software Surfer (Рисунок 16).

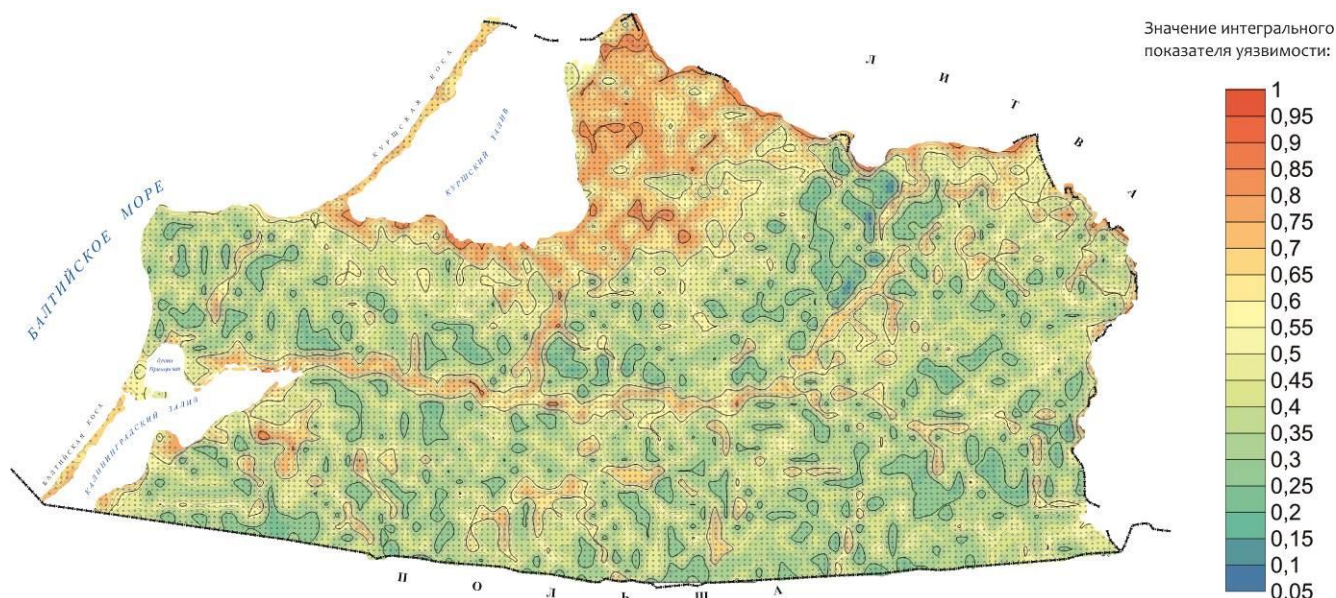


Рисунок 16 - Расчет полей уязвимости ландшафтов в Golden Software Surfer

Обобщение данных о распределении ареалов точек (полей) оценочной сети сгруппированных по классам уязвимости к антропогенным воздействиям и ландшафтной карты Калининградской области (Рисунок 12) (Сухова, Козлович, 2002), позволяет сделать выводы о характере пространственной локализации интегрального показателя уязвимости (Рисунок 17).

Ландшафты высокой уязвимости имеют локальный характер размещения, маркируя ареалы от 1 до 10 км². Самой высокой уязвимостью отличаются отдельные участки дельтовой аллювиально-болотной низкой плоской равнины в устьевой части р. Немана, приуроченные к крупным массивам болот и прибрежно-морских плоских равнин Полесской низменности. Незначительный процент территории попавшей в высокий класс уязвимости (2% от общей площади области) не уменьшает его значимости, т.к. он маркирует наиболее уязвимые к антропогенному воздействию участки ландшафтов.

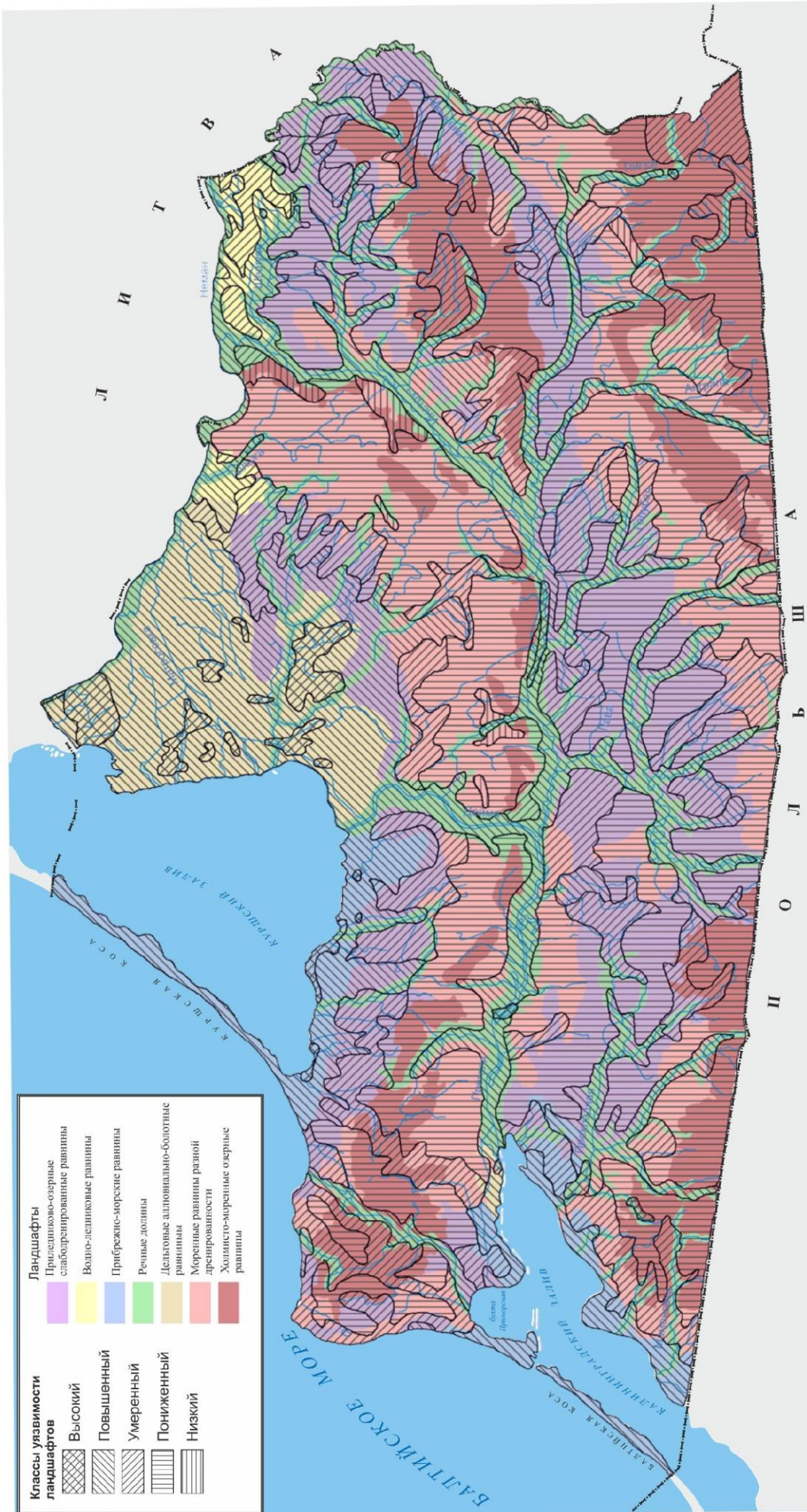


Рисунок 17 – Региональная модель полей уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям (по классам)

Ландшафты повышенной уязвимости имеют четко выраженный площадной характер локализации и приурочены главным образом к современным долинам рек Преголи, Деймы, Немана и других крупных водотоков региона, границам верхового болота Целау, прибрежно-морским плоским и волнисто-бугристым песчаным равнинам Куршской и Вислинской кос, а также к аллювиально-болотным равнинам в пределах дельты р. Неман. Площадь ареалов повышенной уязвимости составляет 30%. Этот факт подтверждает высказанный ранее тезис о необходимости учета природных особенностей территории на стадии проектирования и размещения промышленных объектов.

Ареалы умеренной (23% территории) и пониженной (44% территории) уязвимости имеют высокую степень однородности расположения. Занимая самую большую часть территории области, они локализованы в границах следующих ландшафтов: бугристо-волнистых песчаных равнин водно-ледникового происхождения, располагающихся в междуречье Шешупы и Немана, пологохолмистых моренных и плосковолнистых приледниково-озерных равнин Полесской, Лава-Прегольской и Шешупе-Инстручской низменностей, холмисто-моренных озерных возвышенных равнин, приуроченных к Самбийской, Виштынецкой и Вармийской возвышенностям.

Категория низкой уязвимости ландшафтов к химическому и механическому воздействию имеет самую маленькую площадь распространения (1% от общей площади) и, также как и ареалы класса «высокой уязвимости» имеет локальный характер. Она представлена отдельными ареалами в ландшафтах холмисто-моренных равнин в центральной, северо-восточной и юго-восточной частях региона.

Из анализа полученных данных (Таблица 19) следует, что ареал уязвимости определенного класса (уровня) может захватывать несколько ландшафтных единиц. При этом различные уровни уязвимости характерны для определенных ландшафтов: большей уязвимостью обладают прибрежно-морские равнины, речные долины и дельтовые аллювиально-болотные равнины, наименьшей - холмисто-моренные озерные равнины. Можно заключить, что чем

крупномасштабнее ландшафтные единицы, на уровне которых производится оценка уязвимости, и чем гуще сетка опорных точек наблюдений, тем больше ареалы уязвимости будут совпадать с границами ландшафтных единиц.

Таблица 19 - Площади распространения ландшафтов различных категорий уязвимости к антропогенным воздействиям.

№	Категория уязвимости Ландшафты	Высокая	Повышенная	Умеренная	Пониженная	Низкая	Общая Площадь (км ²)
		Площадь распространения (км ²)					
1	Приледниково-озерные слабодренированные равнины	4 (1%)	707(21%)	1124 (34%)	1504 (44%)	0	3339
2	Водно-ледниковые равнины	1 (1%)	81 (43%)	106 (56%)	2 (1%)	0	190
3	Прибрежно-морские равнины	22 (4%)	455(82%)	73 (13%)	5 (1%)	0	555
4	Речные долины	47 (2%)	1612 (57%)	372 (16%)	392 (15%)	0	2423
5	Дельтовые аллювиально-болотные равнины	191 (17%)	878 (79%)	22 (2%)	1 (1%)	0	1092
6	Моренные равнины разной дренированности	2 (1%)	254 (8%)	768 (23%)	2301 (67%)	55 (2%)	3380
7	Холмисто-моренные озерные равнины	3 (1%)	89 (4%)	564 (24%)	1623 (69%)	42 (2%)	2321

Для проверки достоверности полученных результатов оценки были проведены расчеты уязвимости отдельно для химического, и механического воздействия. Подобный сравнительный анализ легко реализуется в рамках описанной методики за счет возможности расчетов различных информационных сценариев (изменения значений весовых коэффициентов), для которых были сформулированы следующие положения:

1. Основными критериями оценки уязвимости природных комплексов к механическому воздействию являются: уклон земной поверхности, гранулометрический состав почв, уровень грунтовых вод – значения весовых коэффициентов 0,25; группа дополнительных критериев: расстояние до водотока, охраняемый и нерестовый статус, тип угодий, густота речной сети -

значения весовых коэффициентов 0,05.

2. Для сравнения учитывались только те точки, в которых значения показателя уязвимости для механического воздействия значительно превышали искомые величины, рассчитанные по базовой методике. Этот подход реализует принцип учета максимально возможных значений интегрального показателя. Пояснение: если для одной и той же точки опорной сети значения уязвимости для химического и механического воздействий различаются, то в качестве искомых значений используются те, что имеют наибольшую величину. Таким образом, итоговая картина не усредняется за счет возможной вариативности данных, что позволяет более точно маркировать ареалы, имеющие более высокую степень уязвимости для обоих воздействий.

Анализ данных полученных при расчете второго информационного сценария (механическое воздействие) показал, что 2% всех точек опорной сети имеют значения отличные от результатов базового сценария (разность значений интегрального показателя уязвимости свыше 0,1), что удовлетворяет уровню допустимой погрешности вычислений. На основании этого факта можно утверждать, что предложенная методика расчета интегрального показателя позволяет получать достоверные и репрезентативные данные о степени уязвимости природных комплексов для химического и механического воздействий используя единый набор оцениваемых критериев и соответствующих им весовых коэффициентов.

В качестве элемента верификации и оценки достоверности результатов авторского подхода, полученные итоговые картографические материалы – поля уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям, сравнивались с материалами работ по комплексной оценке территории региона выполненных ранее: «Пространственное, территориальное и ландшафтное планирование в Калининградской области» (Дедков, Федоров, 2006), «Схема охраны природы Калининградской области» (Схема охраны природы Калининградской области, 2004).

В материалах «Пространственное, территориальное и ландшафтное планирование в Калининградской области» (Дедков, Федоров, 2006) содержится карта целей экологически ориентированного использования территории, представляющая собой интегральное выражение серии картографических материалов выполненных по компонентам окружающей среды: почвы, поверхностные и подземные воды, климат и т.д. (Рисунок 18).

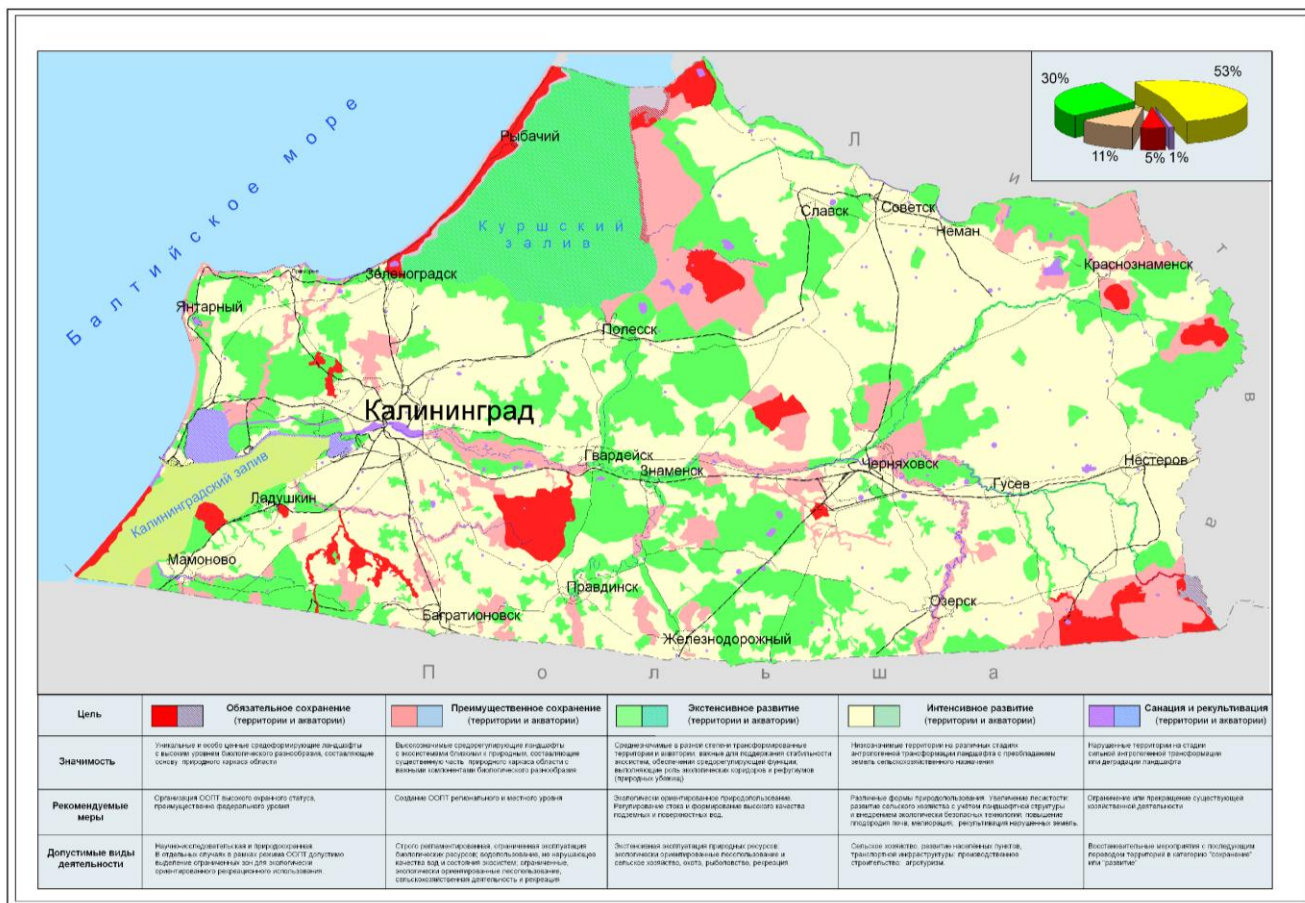


Рисунок 18. Цели экологически ориентированного использования территории (Дедков, Федоров, 2006)

На данной карте по характеристикам значимости и чувствительности природных компонентов выделены ареалы территорий, относящиеся к группам обязательного и преимущественного сохранения. В генерализованном виде эти территории должны соответствовать ареалам высокой и повышенной уязвимости природных комплексов определенных в рамках диссертационной работы. В действительности при сравнении их пространственного распределения обнаруживает очень высокая степень схожести. Это касается как весьма

очевидных природных комплексов области: Куршской и Вислинской кос, Виштынецкой возвышенности, долин крупных рек – Преголь, Анграпа, Лава, Прохладная, так и весьма специфических участков, как например, бассейна реки Шешупе и Нельмы, отдельных участков Славского и Полесского района, а так же побережий Куршского и Вислинского заливов.

Для большей достоверности итоговые материалы диссертационного исследования оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям были сопоставлены с картой предлагаемой системы особо охраняемых природных территорий (Схема охраны природы Калининградской области, 2004) (Рисунок 19).

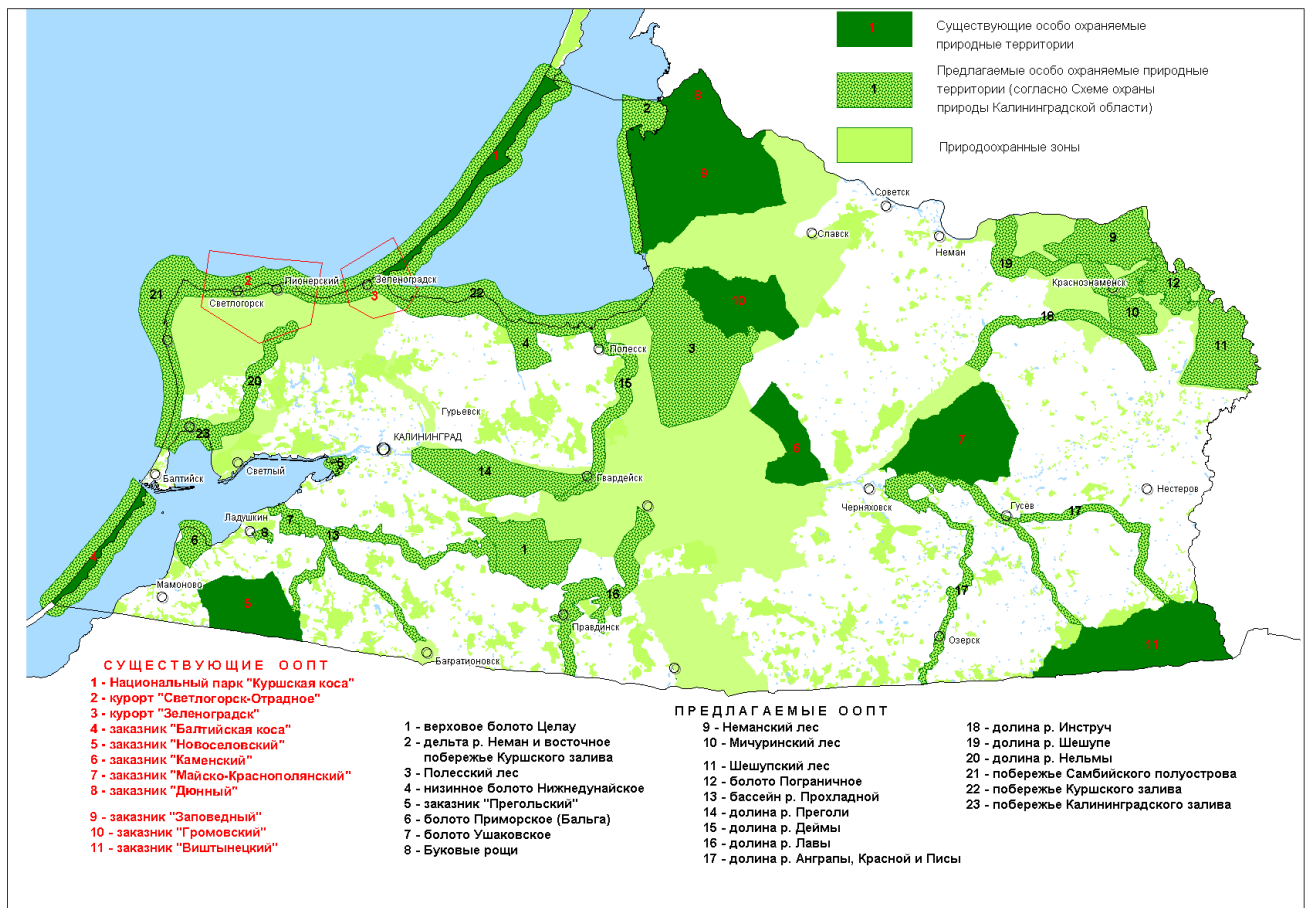


Рисунок 19. Карта предлагаемой системы ООПТ (Схема охраны природы Калининградской области, 2004)

Как и в первом случае, пространственный анализ ареалов высокой и повышенной уязвимости в значительной степени совпадает с территориями, предложенными в качестве потенциальных ООПТ.

Данные сравнительного анализа показывают, что полученные в ходе диссертационного исследования итоговые картографические материалы достоверны, а авторский подход оценки уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям, таким образом, обоснован и верифицирован.

4.2 Карты уязвимости ландшафтов как элемент оптимизации природопользования, пространственного планирования и устойчивого развития территории

Современные темпы экономического развития Калининградской области ставят новые вызовы перед существующими подходами к управлению природными ресурсами. Реализация намеченных планов расширения промышленных зон и кластеров, развития городов и предприятий, а также существующие подходы к использованию минерально-сырьевого потенциала региона требуют внедрения новых подходов в сфере пространственного планирования и рационального развития территории. Эти и другие направления развития промышленности региона, включенные в систему устойчивого развития Калининградской области, должны быть согласованы с вопросами охраны окружающей среды.

Существующие нормативно-правовые акты в сфере реализации стратегии развития Калининградской области (Государственная программа российской Федерации ..., 2014), ставят амбициозные планы по расширению как существующей инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры региона, так и по созданию, новых промышленных и экономических центров. Среди планируемых проектов необходимо выделить следующие:

- Формирование мультимодальной транспортно-логистической зоны.
- Создание новых центров экономического развития и промышленных зон (развитие биохимического кластера).
- Создание регионального тематического парка отдыха (300га) и игровой

зоны (479га).

- Развитие транспортного комплекса и дорожной сети.
- Развитие новых промышленных секторов (технопарк в Советском городском округе, создание трех новых промышленных зон и площадок на территории области).

Существующие инструменты обеспечения контроля за соблюдением экологических требований и нормативов при проектировании и размещении подобных объектов (ОВОС, Государственная экологическая экспертиза и т.д.) имеют разработанную законодательную базу, и реализуется на всей территории России. Однако следует рассмотреть возможность расширения данного инструментария, за счет использования современных технических и научных разработок в сфере учета региональных эколого-географических особенностей Калининградской области. Одним из таких инструментов повышения эффективности управления природопользованием могут стать карты уязвимости ландшафтов, используемые для целей проектирования и выбора оптимального размещения планируемых объектов промышленности и инфраструктуры.

Разработанный методический подход и полученные на его основе схемы полей уязвимости ландшафтов к химическому и механическому воздействию позволяют маркировать участки территории наиболее и наименее подходящие для размещения хозяйственных объектов - потенциальных источников антропогенного воздействия. Представляя собой проекцию интегрального показателя уязвимости ландшафтов эти схемы позволяют осуществлять комплексную оценку территории по целому ряду параметров. Этот инструмент может эффективно уточнять существующие схемы территориального и пространственного планирования, реализуемые как для отдельных муниципальных образований или территорий, так и для всего региона в целом. Учет эколого-географических особенностей территории на стадии проектирования позволяет в значительной степени сократить уровень негативных воздействий на все компоненты природной среды.

Схемы полей уязвимости ландшафтов следует учитывать в ходе оценки

потенциальной опасности существующих источников антропогенного воздействия: полигонов ТБО, карьеров ПГМ и месторождений нефти. Учет данных о расположении этих объектов на территории Калининградской области позволяет уточнить степень их потенциальной опасности для природных ландшафтов (Рисунок 20) (Кесорецких, 2014).

По каждому из оцениваемых источников антропогенного воздействия (80 объектов: месторождения нефти, карьеры ПГМ, полигоны ТБО) был произведен анализ его географического положения относительно полей уязвимости природных комплексов. В расчетах использовались данные значений опорной сети точек в радиусе 500м от каждого оцениваемого объекта. Наибольшее из значений интегрального показателя уязвимости в радиусе поиска присваивалось конкретному источнику. В соответствии с разработанной градацией интегрального показателя уязвимости, все объекты антропогенного воздействия были объединены группы по классам потенциальной опасности (Таблица 20).

Таблица 20 - Распределение промышленных источников антропогенного воздействия по классам потенциальной опасности

Источники антропогенного воздействия	Классы потенциальной опасности					Всего объектов
	1-й класс (высокая опасность)	2-й класс (повышенная опасность)	3-й класс (умеренная опасность)	4-й класс (пониженная опасность)	5-й класс (низкая опасность)	
Месторождения нефти	0	14	8	4	0	26
Карьеры	1	16	9	7	0	33
Полигоны ТБО	2	11	5	3	0	21
Всего объектов по классам	3	41	22	14	0	80

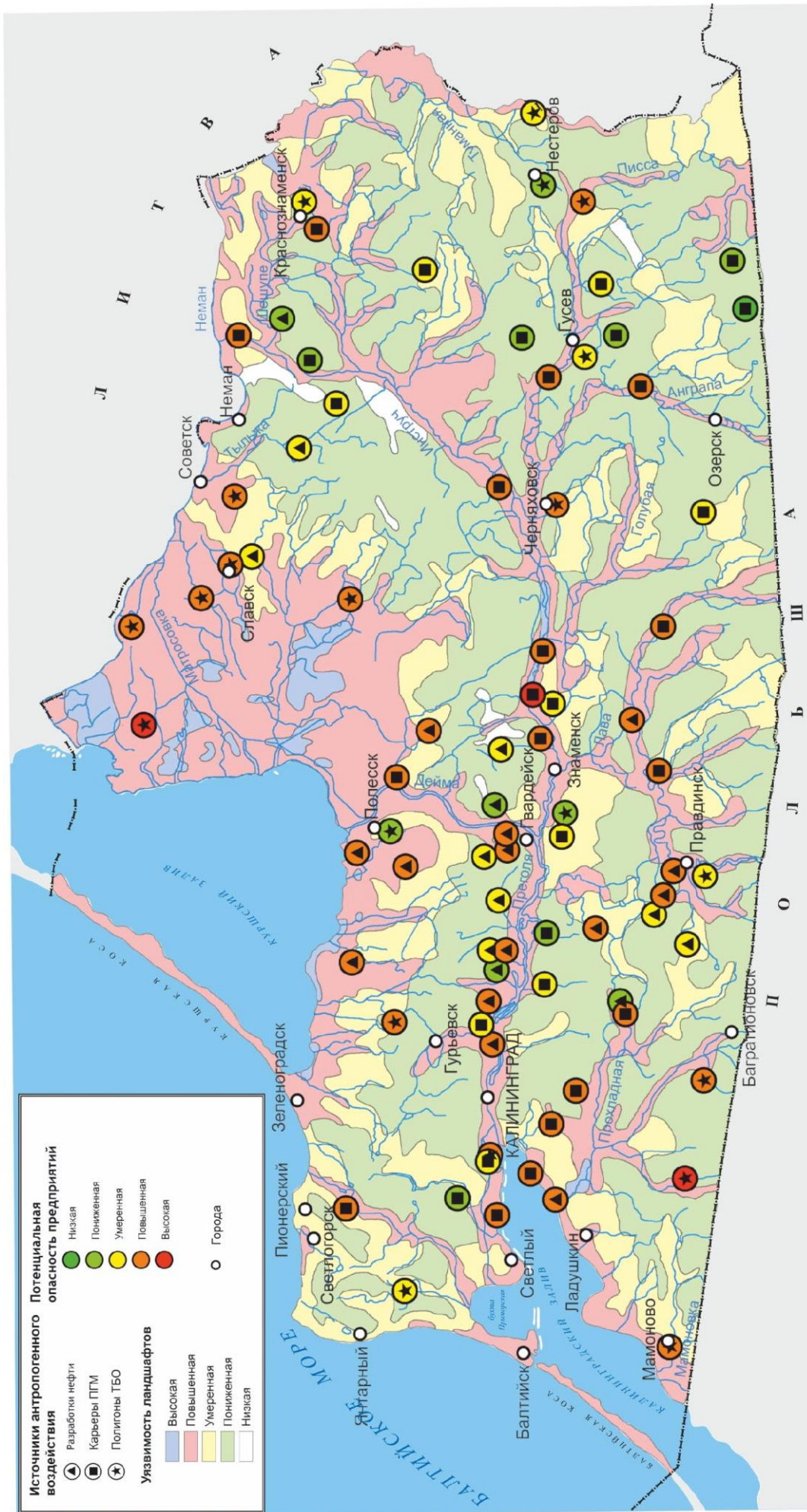


Рисунок 20 – Дифференциация точечных источников антропогенного воздействия по степени потенциальной опасности для природных ландшафтов

Под классами потенциальной опасности предприятий в рамках данной работы понимается: пониженный низкий и (4-й и 5-й классы) - потенциально опасные объекты, аварийные ситуации на которых могут вызывать незначительные (по масштабу) нарушения функционирования природной среды. Умеренный (3-й класс) - потенциально опасные объекты, аварийные ситуации на которых могут вызывать локальные нарушения. Повышенный (2-й класс) - потенциально опасные объекты, аварийные ситуации на которых могут вызывать значительные (по масштабу и остроте) нарушения. Высокий (1-й класс) - потенциально опасные объекты, аварийные ситуации на которых могут вызывать очень серьезные (по масштабу и остроте) нарушения функционирования природной среды.

По характеру распределения по классам потенциальной опасности, источники механического и химического воздействия на территории Калининградской области относятся в значительной степени - 55% к высокой и повышенной опасности, 45% - к умеренной и пониженной (Рисунок 21). Этот факт свидетельствует о необходимости разработки дополнительных природоохранных мер для предприятий и объектов нефтедобычи, разработки карьеров ПГМ и полигонов ТБО, относящихся к высокому и повышенному классам потенциальной опасности.

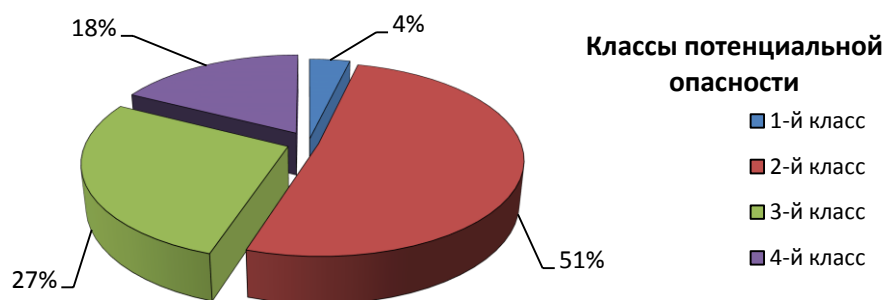


Рисунок 21 – Диаграмма распределения источников антропогенного воздействия по классам потенциальной опасности для ландшафтов Калининградской области

В структуре пространственной дифференциации объектов антропогенного воздействия прослеживается определенная закономерность. Так в частности источники высокого и повышенного класса потенциальной опасности сгруппированы вдоль бассейнов крупных водотоков Калининградской области: Преголи, Лавы, Деймы, Инструч, Прохладной, Анграпа. Не смотря на наибольшую концентрацию объектов химического и механического воздействия в центральной части региона, здесь наблюдается весьма широкая их вариация по показателю класса потенциальной опасности – от пониженной до высокой (значения интегрального показателя уязвимости от 0,198 до 1). Подобная вариабельность связана главным образом с большими диапазонами изменения основных оцениваемых критериев данного участка: уровнем грунтовых вод, гранулометрическим составом почв, а также отсутствием разветвленной сети поверхностных водотоков низшего порядка (показатель густоты речной сети 0,95 км/км²).

Иная картина складывается в северных частях Калининградской области – Славском и Полесском районах. При общем не значительном количестве источников антропогенного воздействия (12 объектов), все они относятся к классу повышенной и высокой опасности (значения интегрального показателя уязвимости от 0,524 до 1). Это объясняется тем, что данная территория характеризуется наличием значительного количества болотных комплексов и повышенным уровнем грунтовых вод. Также в пределах Славского и Полесского районов располагаются особо охраняемые природные объекты (заказник Дюнный и Громовский), а большинство поверхностных водотоков имеют сезонный нерестовый статус.

Восток области является центром размещения почти половины (16 объектов из 36) всех предприятий пониженного и умеренного класса потенциальной опасности (значения интегрального показателя уязвимости от 0,198 до 0,524). В этом случае имеет место размещение объектов антропогенного воздействия на значительном удалении от основных поверхностных водотоков и границ ООПТ, а также участков с не большими значениями уклонов земной поверхности. Однако

не только пространственный фактор способствует снижению класса потенциальной опасности источников механического и химического воздействия. Вся указанная территория характеризуется одним из самых низких в области показателей густоты речной сети, а по структуре использования земель район представлен луговыми и сельскохозяйственными угодьями (за исключением крупных лесных массивов в районе г. Краснознаменск и оз. Виштынецкое).

Анализ полученных данных показывает, что в пределах одной генетической группы ландшафтов наблюдается вариативность показателя уязвимости природных комплексов. Таким образом, представленная методика может существенно дополнять существующие подходы комплексной эколого-географической оценки территорий базирующиеся исключительно на ландшафтном или бассейновом принципе. Сочетая в себе элементы пространственного (географического), математико-статистического, геоэкологического и геоинформационного анализа и синтеза данных, с использованием совмещенных наборов абиотических и биотических критериев оценки, методика расчета интегрального показателя уязвимости природных комплексов к химическому и механическому воздействию обеспечивает отображение наиболее репрезентативной картины распределения геоэкологических особенностей ландшафтов Калининградского региона.

Один из практических аспектов использования предложенной методики оценки уязвимости ландшафтов Калининградской области к антропогенным воздействиям, может быть выявление конфликтов природопользования. В качестве модельных объектов были рассмотрены точечные источники антропогенного воздействия: полигоны ТБО и крупные населенные пункты региона. В этой связи решалась следующая задача – определить, какие из числа исследуемых объектов, имеют наибольшее потенциальное воздействие на окружающую среду с учетом их пространственной локализации относительно ареалов уязвимости ландшафтов. Чем выше уровень потенциального воздействия в совокупности со значением уязвимости, тем выше показатель конфликтности данного объекта.

Оценка конфликтности производилась для 23 населенных пунктов Калининградской области с использованием метода бальных оценок по критериям уровня населения и наличию крупных промышленных объектов. В зависимости от градации по показателю «население» были присвоены соответствующие значение баллов (Таблица 21).

Таблица 21 – Сводная таблица оценки конфликтности природопользования населенных пунктов Калининградской области (на основании данных - Калининградская область в цифрах, 2014)

№ п/п	Населенный пункт	Население (чел.)		Наличие промышленных предприятий	Средний балл	Уязвимость природных комплексов
		Значение	Балл	Балл		
1	Мамоново	8105	1	2	2	Высокая
2	Ладушкин	3952	1	1	1	Высокая
3	Багратионовск	6229	1	2	2	Повышенная
4	Правдинск	4288	1	2	2	Повышенная
5	Гвардейск	13514	2	1	2	Высокая
6	Калининград	448548	4	3	4	Высокая
7	Светлый	21790	3	2	3	Высокая
8	Балтийск	32922	3	2	3	Повышенная
9	Гурьевск	13628	2	1	2	Высокая
10	Зеленоградск	13592	2	1	2	Повышенная
11	Пионерский	11633	2	2	2	Повышенная
12	Светлогорск	11522	2	1	2	Повышенная
13	Янтарный	5550	1	1	1	Повышенная
14	Полесск	7291	1	2	2	Высокая
15	Знаменск	4036	1	1	1	Высокая
16	Озерск	4433	1	1	1	Повышенная
17	Гусев	28508	3	2	3	Высокая
18	Черняховск	37948	4	3	4	Высокая
19	Нестеров	4383	1	1	1	Высокая
20	Краснознаменск	3362	1	1	1	Высокая
21	Неман	11492	2	2	2	Высокая
22	Советск	41630	4	3	4	Повышенная
23	Славск	4408	1	1	1	Высокая

Примечание: От 3,5 тыс. до 10 тыс. чел – 1 балл; от 10 тыс. до 20 тыс. чел – 2 балла; от 20 тыс. до 40 тыс. чел. – 3 балла; более 40 тыс. чел – 4 балла.

По наличию действующих промышленных объектов использовалась следующая градация (Калининградская торгово-промышленная палата, 2014): отсутствие крупных промышленных объектов – 1 балл; одно крупное промышленное предприятие – 2 балла; несколько крупных промышленных предприятий – 3 балла

Анализ данных (Рисунок 22) показал, что в группировке населенных пунктов Калининградской области по степени конфликтности обнаруживается определенная закономерность. Так в частности можно выделить группу населенных пунктов с наиболее острой конфликтностью: Калининград, Черняховск (максимальное значение среднего балла и высокая уязвимость). Группа с острой конфликтностью представлена городами, располагающимися в ареалах высокой и повышенной уязвимости, но имеющая значения среднего балла ниже максимальной величины: Светлый, Балтийск, Гусев, Советск. Остальные населенные пункты можно отнести к группе с умеренной конфликтностью.

Аналогичные расчеты были использованы для полигонов ТБО, в качестве исследуемых были выбраны 11 объектов (Рисунок 23). Оценка производилась по показателям площади загрязнения и срока эксплуатации по следующей градации (Таблица 22):

Площадь загрязнения от 1,5 до 3,0 Га – 1 балл; от 3,0 до 4,5 Га – 2 балла; от 4,5 до 6,0 Га – 3 балла; свыше 6 Га – 4 балла

Срок эксплуатации от 0 до 10 лет – 1 балл; от 10 до 20 лет – 2 балла; от 20 до 30 лет – 3 балла; свыше 30 лет – 4 балла

Значение потенциальной опасности полигонов ТБО присваивалось в соответствии с градацией интегрального показателя уязвимости природных комплексов с использованием опорной сети точек в радиусе 500м от объекта оценки.

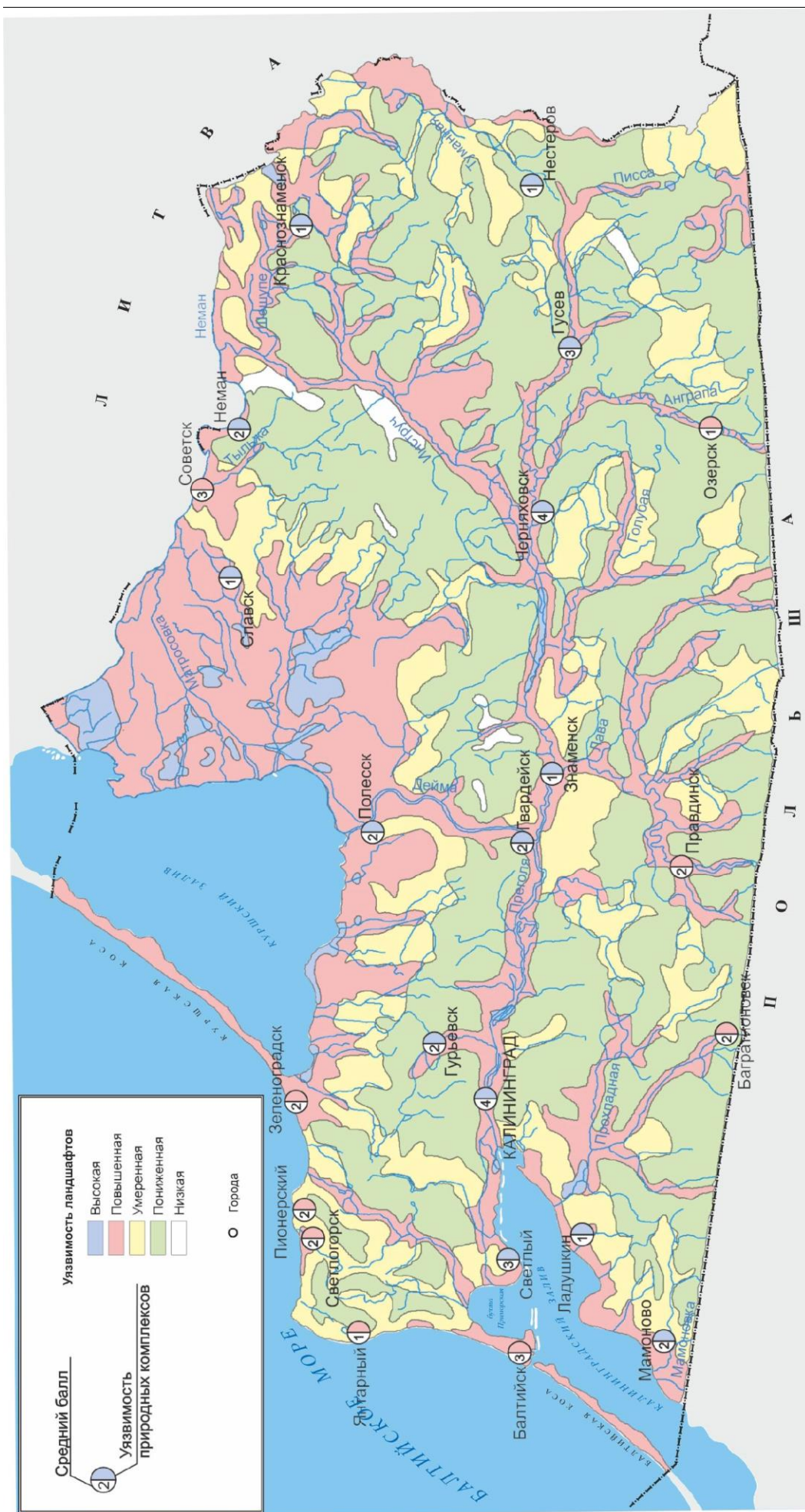


Рисунок 22 – Картограмма распределение конфликтности природопользования городов Калининградской области

Таблица 22 – Сводная таблица оценки конфликтности природопользования полигонов ТБО Калининградской области (на основании данных - Перечень полигонов и свалок ТБО, 2013; Доклад об экологической обстановке в Калининградской области, 2013)

№ п/п	Месторасположение полигона ТБО	Площадь загрязнения (Га)		Срок эксплуатации (лет)		Средний балл	Потенциальная опасность объекта
		Значение	Балл	Значение	Балл		
1	пос. Барсуковка	50,0	4	22	3	4	Повышенная
2	пос. Круглово	3,0	2	34	4	3	Умеренная
3	г. Калининград	13,83	4	41	4	4	Повышенная
4	г. Гусев	3,8	2	26	3	3	Умеренная
5	г. Черняховск	4,7	3	54	4	4	Повышенная
6	пос. Ельняки	6,0	3	16	2	3	Пониженная
7	г. Краснознаменск	4,7	3	14	2	3	Умеренная
8	пос. Ильичево	1,5	1	19	2	2	Повышенная
9	г. Нестеров	5	3	64	4	4	Умеренная
10	пос. Илюшино	1,5	1	5	1	1	Повышенная
11	г. Полесск	2,54	1	54	4	4	Пониженная

В группу острой конфликтности вошли следующие полигоны ТБО расположенные в населенных пунктах: пос. Барсуковка (Неманского муниципального р-на), Калининграде и Черняховске. С точки зрения управления природопользованием именно эти объекты требуют пересмотра существующей схемы природоохранных мероприятий направленных на снижение угроз антропогенного воздействия на компоненты природной среды.

Представленные примеры показывают возможные направления использования методики оценки уязвимости для целей природопользования. При этом объектами исследования могут выступать не только целые территории (для комплексной оценки), но и отдельные предприятия, и населенные пункты.

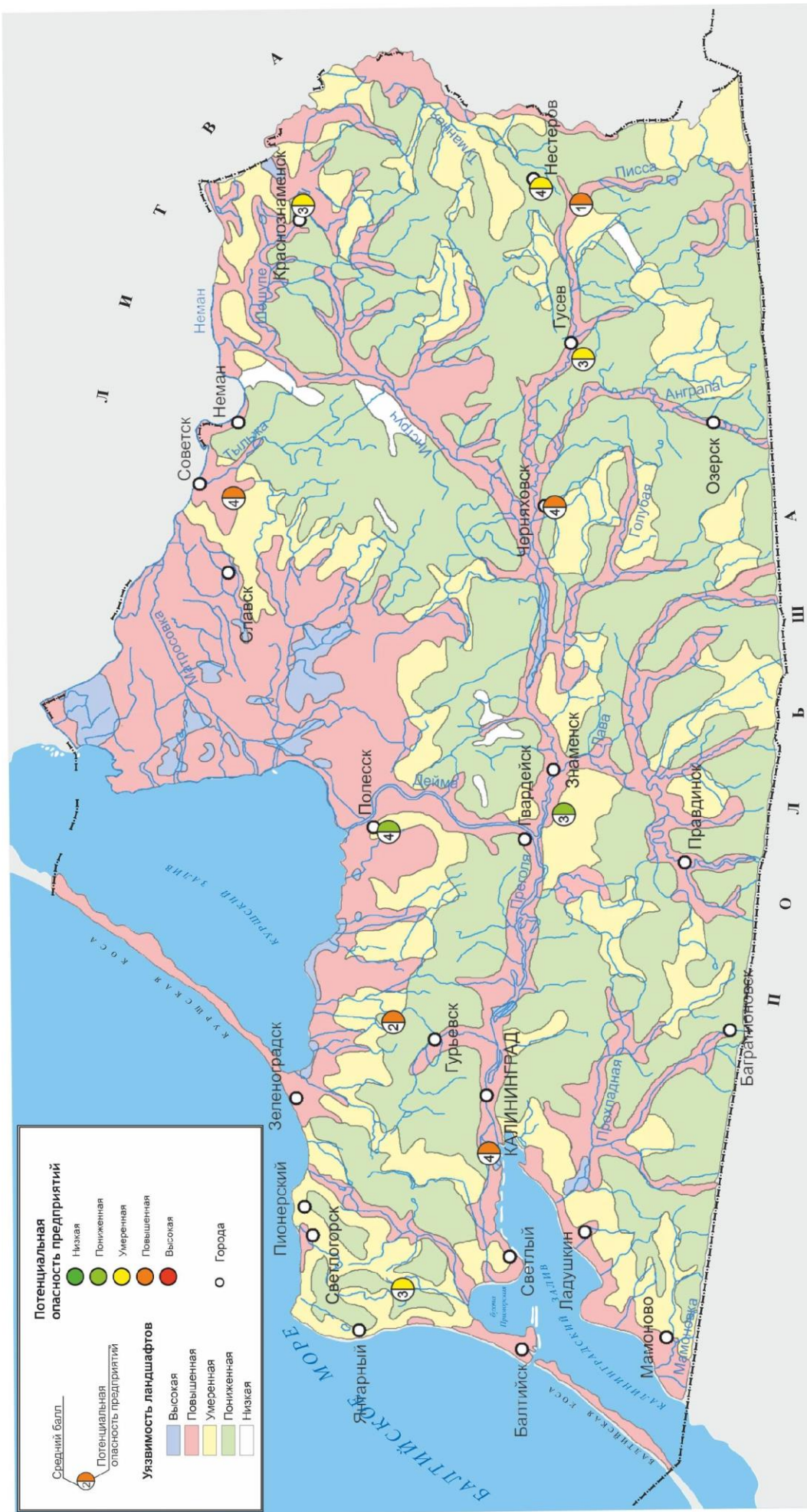


Рисунок 23 – Картограмма распределения конфликтности природопользования полигонов ТБО Калининградской области

В рамках областной целевой программы «Обращение с отходами производства и потребления в Калининградской области на 2012-2016 годы» (Областная целевая программа ..., 2012) запланированы мероприятия по сокращению числа полигонов ТБО с 21 объекта до 4-х. Целесообразно в этой связи в первую очередь обеспечить консервацию и последующую рекультивацию объектов высокого и повышенного класса потенциальной опасности. Комплекс технологических рекомендаций по обеспечению природоохранных функций полигонов ТБО должен включать следующие элементы (Вайсман, 2012; Чекалин, 2004; Голицын 2007):

- защита грунта за счет создания рекультивационного многофункционального покрытия;
- устройство закрытой системы сбора и удаления фильтрата для целей минимизации образования фильтрата и попадания его в грунтовые воды;
- сбор и отвод дождевых и талых вод;
- агротехнические и фитомелиоративные мероприятий.

Особого внимания заслуживают объекты разработки минерально-сырьевых ресурсов региона (месторождения нефти, карьеры ПГМ). Специфика их размещения заключается в том, что они имеют строгую пространственную локализацию (относительно месторождения полезного ископаемого). В этом случае, целесообразно применять схемы зонирования территории по степени уязвимости природных комплексов для обустройства месторождений, прокладки дорожной инфраструктуры (подъездных путей), коммуникаций, дополнительных объектов строительства и т.д., не имеющих столь высокой степени пространственной привязки. В качестве примера можно рассмотреть случай, когда буровая площадка для добычи нефти располагается в зоне высокой или повышенной уязвимости природных комплексов, в этом случае вся сопутствующая инфраструктура может быть вынесена (при сохранении технических возможностей) на периферийные участки, характеризующиеся меньшей степенью уязвимости. Соответствующие изменения должны быть внесены и в систему организации проводимого геоэкологического мониторинга

на участках недр. В значительной степени могут быть расширены программы для объектов высокого и повышенного класса потенциальной опасности. Это может достигаться как за счет организации дополнительных или специальных мониторинговых наблюдений в определенные периоды (нерест рыб, обильные осадки, период снеготаяния т.д.), так и за счет расширения самой программы мониторинга (дополнительные сезонные пункты наблюдений, увеличение списка оцениваемых критериев и показателей, моделирование потенциальных путей миграции загрязнителей и т.д.).

Практическая значимость результатов исследования не ограничивается расчетом реальной конфликтности промышленных объектов региона для природопользования. В отдельное направление можно выделить аспекты, связанные с пространственным планированием Калининградской области и интеграции материалов диссертационного исследования в сферу территориального планирования. Главным образом это выражается в расчете потенциальной конфликтности природопользования для проектируемых к строительству региональных объектов.

Рассмотрим пример, где в качестве исходных материалов будут использоваться действующие документы территориального планирования: схема планируемого размещения объектов капитального строительства социального и культурно-бытового назначения (Схемы планируемого размещения объектов..., 2010); схема планировочной организации и функционального зонирования территории (Схема планировочной организации..., 2010). Согласно материалов наибольшего интереса заслуживают точечные объекты ЖКХ, как потенциальные объекты комплексного воздействия на компоненты окружающей среды (Рисунок 24): мусороперерабатывающий комплекс (пос. Константиновка, Гурьевского р-на), ветеринарно-санитарный утилизационный заводы (пос. Ельники, Гвардейского р-на, пос. Володаровка Черняховского р-на), станции перегрузки ТБО (Гвардейск, Полесск, Советск, Краснознаменск, Нестеров, пос. Романово, Зеленоградского р-на, Приморск. Балтийского муниципального р-на, Большедорожное Багратионовского р-на).

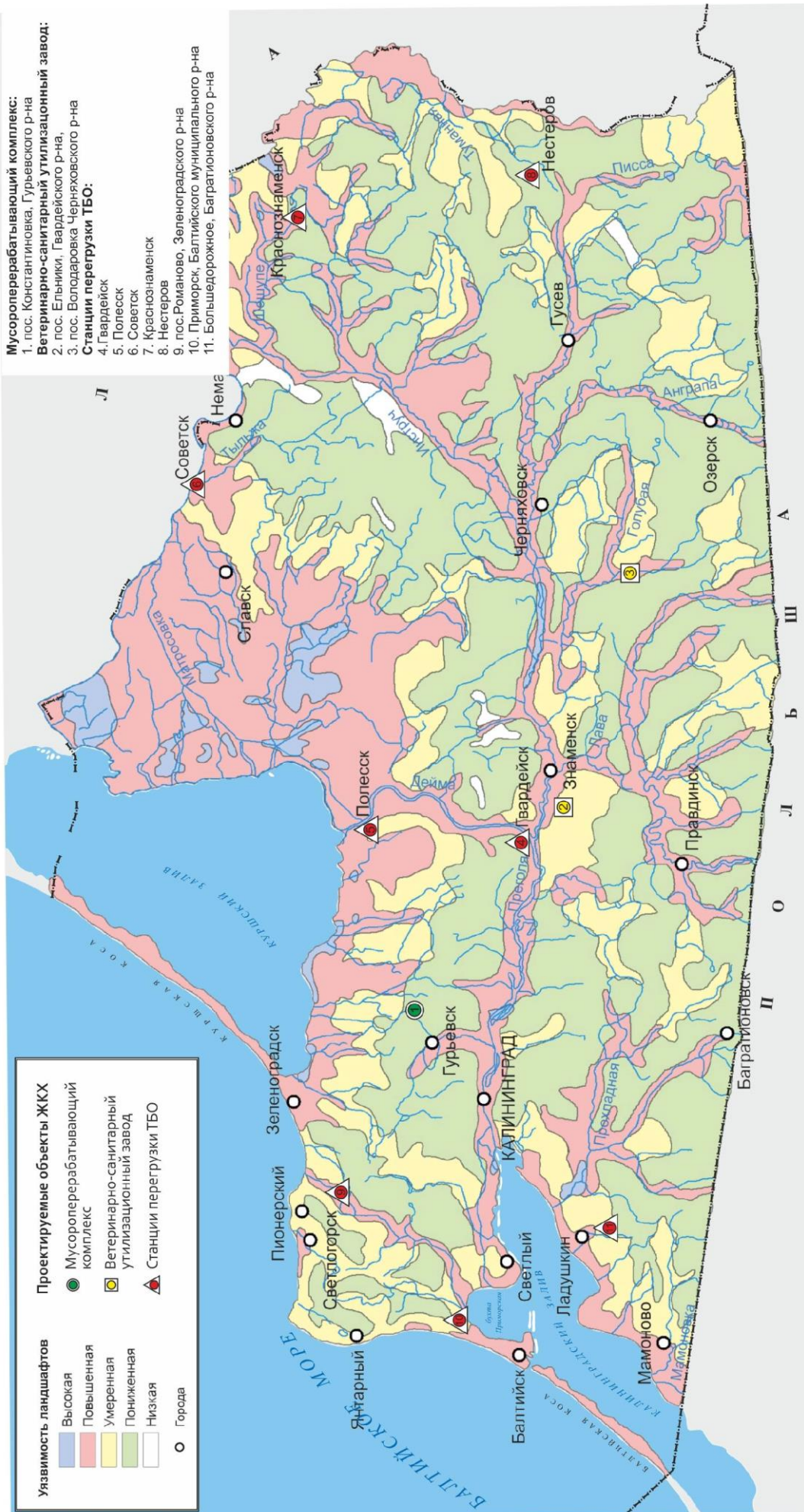


Рисунок 24 – Соотнесение проектируемых объектов ЖКХ и полей уязвимости ландшафтов к антропогенным

ВОЗ РАЙОНАМ

Анализ пространственного расположения точечных источников потенциального антропогенного воздействия показывает, что их значительное количество попадает в ареалы повышенной уязвимости. Это создает дополнительную опасность для экологического состояния как близлежащих ландшафтов, так и отдельных районов в располагающихся в радиусе нескольких километров от источника воздействия с учетом транзита возможных загрязнителей через поверхностные и подземные водные источники. Этот факт позволяет нам утверждать, что существующие региональные схемы территориального планирования не в полной мере удовлетворяют критериям экологической безопасности и целесообразности размещения ряда хозяйственных объектов.

В этой связи предлагается рассмотреть несколько вариантов исправления текущей ситуации. Первый - это анализ альтернативных вариантов размещения - изменения мест расположения планируемых объектов вне ареалов высокой и повышенной уязвимости. Второй связан с сохранением места локализации объектов но включением дополнительных природоохранных мероприятий и компонентов мониторинга на этапах их проектирования, эксплуатации и консервации.

Реализация обозначенных рекомендаций оптимизации природопользования позволит снизить уровень негативного воздействия на природные комплексы Калининградской области, а также минимизировать последствия от возможных аварийных ситуаций на объектах химического и механического антропогенного воздействия. Предложенный авторский подход может дополнять существующие механизмы экологического контроля проводимого на промышленных объектах региона, а также стать эффективным инструментом при разработке стратегий пространственного планирования территорий муниципалитетов.

Описанная методика оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям и полученные на ее основе результаты могут послужить инструментом интеграции экологически ориентированных подходов в российскую систему территориального планирования. В настоящее время

территориальное планирование в России ориентированно на распределение инвестиционных проектов и не учитывает устойчивое регулирование общественных требований к использованию территорий наряду с социальными, экономическими и экологическими требованиями.

Охраняемые компоненты и виды их использования, зачастую ограничиваются отдельными видами зонирования: охраняемые природные объекты, водные объекты, объекты культурного наследия и т.д. Подобный подход не позволяет сформировать механизм всеохватывающей комплексной оценки природой среды и расстановки приоритетов охраняемых компонентов (НИИПГрадостроительства, 2014). При этом все же необходимо заметить, что основные принципы российского территориального планирования (Градостроительный кодекс РФ, 2004) включают элементы устойчивого развития территорий (п.1.ст.2 ГрК), обеспечение сбалансированного учета экологических, экономических, социальных и иных факторов (п.2 ст.2 и ст.9 ГрК). В результате экологические факторы выступают не предметом территориального планирования, а прежде всего ограничениями градостроительной деятельности при осуществлении различных проектов.

Использование методики оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям и ее интеграция с уже существующей оценкой воздействия на окружающую среду, которая в России проводится в рамках отдельных проектов, позволит достичь следующих результатов:

1. Расширение оценочного подхода, за счет оптимизации учёта экологических принципов. Обеспечение перехода от фрагментарной оценки зон с особыми условиями использования на комплексную схему оценки природных компонентов на различных уровнях территориального планирования.

2. Рассмотрение альтернативных вариантов. На различных уровнях планирования можно показать и количественно оценить альтернативные варианты до момента принятия решения о размещении конкретного народнохозяйственного объекта. Можно рассчитать возможные места размещения объекта, структурные и системные альтернативы.

3. Принцип предотвращения и снижения воздействия. Большинство мероприятий по обеспечению экологической безопасности и охране окружающей среды ограничивается мерами, направленными на выявление экологического ущерба и разработку компенсационных мер по рекультивации нарушенных природных компонентов среды. Оценка уязвимости ландшафтов направлена на разработку превентивных мер по снижению вероятности и попредотвращению отрицательных антропогенных воздействий на природную среду.

4. Применение мирового опыта внедрения экологически ориентированных подходов в систему территориального планирования (Федоров, 2014).

4.3 Международный опыт использования метода мультикритериальной оценки территорий как инструмента стратегического планирования и принятия решений

В основе методики оценки территории Калининградской области по степени уязвимости природных комплексов к химическому и механическому воздействиям лежит многокритериальный принцип. Представляя собой основу алгоритма расчетных зависимостей определения интегрального показателя уязвимости, данный подход требует отдельного обоснования и верификации с точки зрения целесообразности его использования как инструмента стратегического планирования и принятия решений.

В зарубежной литературе в настоящее время получил распространение термин «пространственный анализ решений» (Spatial decision analysis) определяемый как процесс анализа комплексной пространственной проблемы. Стратегия принятия решения заключается в разложении исходной проблемы на составные части, с целью их анализа и последующей интеграции для принятия обоснованного решения (Harish Chandra Karnatak et al., 2007; Council of Europe, 2006). Таким образом, пространственный анализ представляет собой раздел теории принятия решений заключающийся в использовании набора

географических данных с учетом возможных эффектов нивелирования, конфликтов, синергии и т.д. С развитием компьютерных и геоинформационных технологий в последние десятилетия наиболее оптимальным инструментом реализации пространственного анализа является инструмент «мультикритериального принятия решения» (Multicriteria Decision-Making) (Chakhar, 2007; Carver, 1991; Rinner, 2004; Witold, 2010).

Анализ иностранных литературных источников показал, что тематика исследований мультикритериального подхода с использованием ГИС технологий весьма актуальна и широко освещена в научных трудах (Greene et al., 2011; Emmelin, 2006; Malczewski, 2006; Yunliang Meng, 2011 и др.). В данных работах использованы подходы схожие с методикой предложенной автором. Фактически они описывают наиболее распространенный логический алгоритм расчета интегральных показателей и включают в себя этапы: 1) выбора критериев, 2) количественной оценки, 3) нормирования, 4) расчета весовых коэффициентов, 5) получения итоговых оценок (Jankowski, 1995; Joshi, 2009; Doumpos, 2002). Отличия иностранных методик сводятся к определению значений весовых коэффициентов, в частности использование подхода анализа иерархий (Analytical Hierarchy Process) (Yunliang Meng, 2011; Ronald C. Estoque, 2011). Его сущность заключается в сопоставлении параметров оценки ранжируя их по важности относительно друг друга по шкале от 1 до 9, где значению 1 соответствует равенство критериев, а 9 – значительное предпочтение одного параметра над другим. Полученные в результате сравнения данные заносятся в матрицу, и на их основании рассчитываются оценочные весовые коэффициенты.

Таким образом можно заключить, что с точки зрения верификации расчетной части (математического аппарата) методики ее можно считать состоятельной, что подтверждается использованием сходных подходов в различных иностранных и отечественных исследованиях. Дальнейший анализ литературных источников (Ho-Sik Chon, 2012; Golobič, 2010; Gregory, 2012; Mörtberg, 2007) также показал, что в части алгоритма выбора оптимальных территориальных единиц оценки объекта исследования и возможности

использования итоговых данных в качестве инструмента стратегического планирования предложенная методика полностью обоснована. Так в частности в материалах посвященных ландшафтному планированию в Средиземном регионе (Mojca Golobič, 2010) дается обоснование концепции уязвимости природных комплексов к различным видам антропогенного воздействия и выбора геометрически правильной сетки как наиболее подходящей операционной единицы, аналогичное с обоснованиями, приведенными ранее, в разделе описания алгоритма оценки территории Калининградской области по степени уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям. По мнению авторов, представленный многокритериальный метод комплексной оценки территории может быть использован не только для оценки влияния конкретных видов воздействия или их групп, но также характеризовать достаточно такие социально-экономические процессы, как расширение населенных пунктов (Рисунок 25).

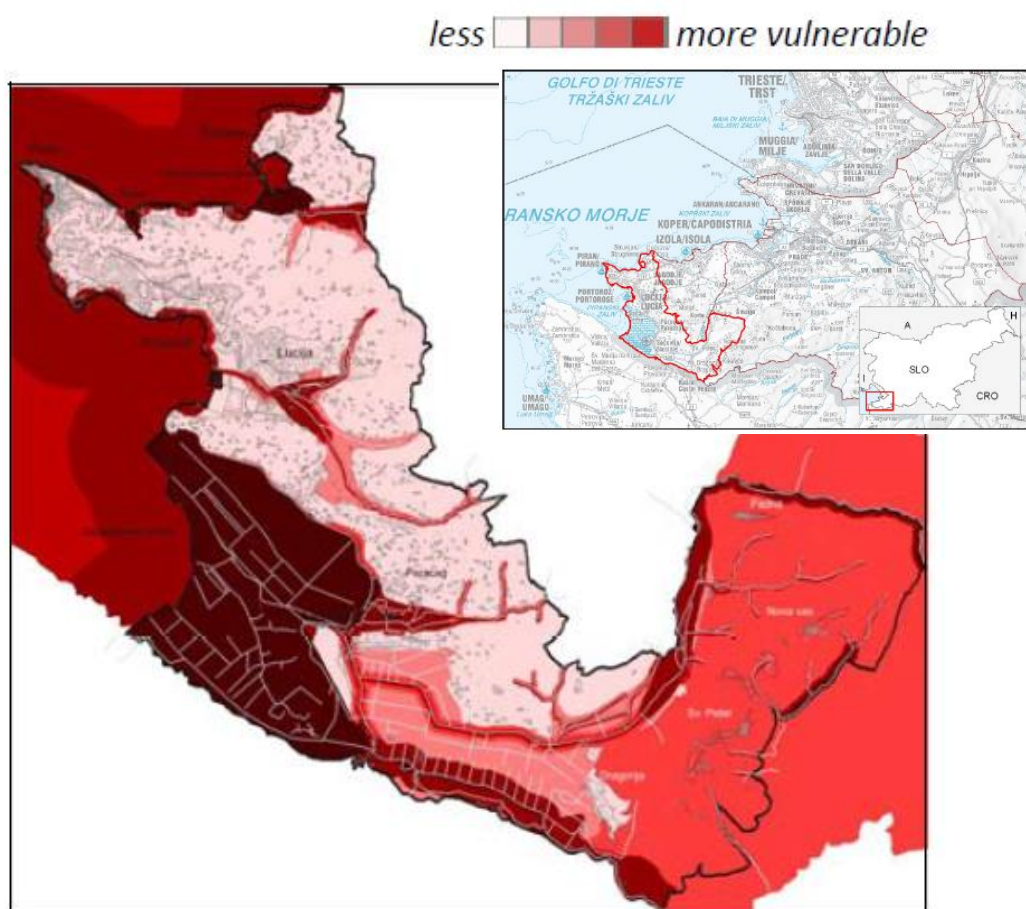


Рисунок 25 – Уязвимость поверхностных вод к расширению населенных пунктов в муниципалитете Пиран, Словения (Golobič, 2010)

Большое внимание в иностранной литературе (Balfors, 2010) уделяется вопросам использования материалов и данных мультикритериальной пространственной оценки для практических целей. Отличительной особенностью является наличие специфической иностранной терминологии, которую стоит рассмотреть. Центральным понятием в этом случае выступает понятие – «Decision making process» - дословно переводящийся как «процесс принятия решения», однако в иностранной трактовке это более широкий термин описывающий процесс выработки и принятия решения каким-либо должностным лицом. По мнению ряда авторов (Lesslie, 2005) одним из наиболее эффективных инструментов принятия решений выступает информация, полученная в результате применения многокритериального подхода. Этот метод выступает в качестве одного из инструментов стратегической оценки воздействия на окружающую среду (Strategic Environmental Impact) (Directive 2001/42/EC, 2001) и позволяет обобщить целые группы данных в интегральной форме, без использования сложных инструментов статистического анализа множественных рядов данных. Данные расчетных и картографических материалов основанные на принципах комплексной оценки территорий в их практическом смысле - это не только источник научных изысканий, но и универсальный инструмент выработки предложений по конкретным природоохранным мероприятиям, а также разработки планов развития и зонирования муниципалитетов и населенных пунктов используемый должностными лицами различных рангов. Практическая реализация обозначенного метода, в дополнении с существующими подходами, позволит сделать процесс выработки решений, по вопросам охраны окружающей среды более эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы проведенного исследования позволяют систематизировать и дополнить представления о современных подходах к геоэкологической оценке территорий (ландшафтов) испытывающих комплексное антропогенное воздействие с использованием геоинформационных систем. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Сравнительный анализ понятий «устойчивость», «чувствительность» и «уязвимость» показал, что понятие «уязвимость» целесообразно использовать для оценки состояния дискретных природных систем на основе анализа динамики количественных показателей, в то время как «устойчивость» и «чувствительность» следует применять для характеристики структурных компонентов систем на основе качественных показателей.

2. Предложенная автором методика, включающая алгоритм оценки уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям основывается на принципах многофакторного анализа с учетом разнообразных видов антропогенных воздействий и наборов показателей, соответствующих особенностям техногенного воздействия на природные ландшафты.

3. Установлено, что в материковой части Калининградской области среди видов точечного антропогенного воздействия на компоненты ландшафтов доминируют механическое и химическое. К основным точечным источникам механического воздействия отнесены: разрабатываемые месторождения полезных ископаемых, к источникам химического воздействия – эксплуатируемые объекты нефтеразработки. Особое внимание уделялось полигонам ТБО - источникам комплексного воздействия.

4. Оценка значимости критериев оценки уязвимости ландшафтов по 20 сценариям позволила выделить две группы параметров: основные (расстояние до водотока, уровень грунтовых вод, гранулометрический состав почв) и дополнительные (нерестовый и охраняемый статус, уклон земной поверхности, густота речной сети, характер использования земель). Определены и обоснованы

значения весовых коэффициентов для этих групп критериев – 0,25 и 0,05 соответственно.

5. Реализация методического подхода в среде ГИС выявила специфику пространственной дифференциации различных по уязвимости ландшафтов к антропогенным воздействиям. В абсолютном и относительном выражении площади ландшафтов различных градаций уязвимости соотносятся к площади региона следующим образом: высокая – 270 км² (2%), повышенная – 4076 км² (30%), умеренная – 3029 км² (23%), пониженная – 5828 км² (44%), низкая – 97 км² (1%).

6. С учетом пространственной дифференциации ландшафтов установлено, что самой высокой уязвимостью обладают отдельные участки дельтовой аллювиально-болотной низкой плоской равнины в устьевой части р. Немана. Ландшафты повышенной уязвимости приурочены главным образом к современным долинам рек Преголи, Деймы и других крупных водотоков, границам верхового болота Целау, прибрежно-морским плоским и волнисто-бугристым песчаным равнинам Куршской и Вислинской кос, а также к аллювиально-болотным равнинам дельты р. Неман. Ареалы с умеренной и пониженной уязвимостью локализованы в пределах бугристо-волнистых песчаных равнин, располагающихся в междуречье Шешупы и Немана, пологохолмистых моренных и плосковолнистых приледниково-озерных равнин Полесской, Лава-Прегольской и Шешупе-Инстручской низменностей, холмисто-моренных озерных возвышенных равнин, приуроченных к Самбийской, Виштынецкой и Вармийской возвышенностям. Категория низкой уязвимости представлена отдельными ареалами в ландшафтах холмисто-моренных равнин в центральной, северо-восточной и юго-восточной частях региона.

8. Промышленные объекты химического и механического воздействия представляют наибольшую потенциальную опасность для природных ландшафтов региона, что указывает на необходимость расширения природоохранных программ, как на действующих, так и на планируемых к строительству и эксплуатации предприятиях (нефтедобывающей и строительной отраслей).

9. Предложенная методика и результаты выполненного исследования позволяют выявлять ареалы для размещения хозяйственных объектов, а также вырабатывать предложения по оптимизации природопользования и устойчивого регионального развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ГИС – Геоинформационные системы
- АЭС – Атомная электростанция
- ТБО – Твердые бытовые отходы
- ESI - Environmental Sensitivity Index (индекс экологической чувствительности)
- ОВОС - Оценка воздействия на окружающую среду
- ЛЭП – Линии электропередач
- ПГМ – Песчано-гравийные материалы
- ОАО – Открытое акционерное общество
- ООО – Общество с ограниченной ответственностью
- ГСМ – Горюче-смазочные материалы
- ММП – Многолетнемерзлые породы
- ЖКХ – Жилищно-коммунальное хозяйство
- ГО – Городской округ
- МР – Муниципальный район
- ООПТ – Особо охраняемые природные территории
- РНР - Hypertext Preprocessor (препроцессор гипертекста)
- ЦМР – Цифровая модель рельефа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.В., Гридина Е.Г., Кулагин В.П., Куракина Н.И. Оценка качества сложных объектов на базе ГИС // Сборник трудов Международного симпозиума «Надежность и качество 2003». – Пенза. 2003. С.32-35.
2. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем/ РАН, Зоологический ин-т, под ред. М.Б.Ивановой. - СПб.: Наука, 2000. 147 с.
3. Антипов А.Н., Дроздов А.В., Кравченко В.В., Семенов Ю.М. и др. Ландшафтное планирование: принципы, методы, европейский и российский опыт. - Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. — 141 с.
4. Аристархова Л.Б. Активные разрывные разрушения и экологическая уязвимость нефтегазоносных территорий // Геоморфология. 1997. №4. С. 19-27.
5. Бадюков Д.Д., Соболев В.М. Экологическая уязвимость морских берегов при воздействии аварийных разливов нефти // М-лы XXI Международной береговой конференции Прибрежная зона моря: морфолитодинамика и геоэкология. - Калининград, 2004. С. 187–190.
6. Баканова В.В. Геодезия / Учебник для вузов. - М.: Недра, 1980. 277 с.
7. Барина Г.М. Калининградская область: Климат – Калининград: ФГУИПП «Янтарный сказ», 2002. 196 с.
8. Барина Г.М. Климатическая карта // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 82 – 83.
9. Батраченко Е.А. Особенности изменения свойств почв при сельскохозяйственном использовании // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования/ под ред. Н.В. Каледина, В.В. Дмитриева, Т.А. Алиева – СПб.: ВВМ, 2010. С.303 – 309.

10. Белов Н.С. Оценка геоэкологической ситуации в речных бассейнах Калининградской области с применением геоинформационных технологий: дис. канд. геогр. наук / Балт. федер. ун-т им. И. Канта. - Калининград, 2011. 161 с.

11. Белов Н.С., Зотов С.И. Оценка гидроэкологического состояния речных систем Калининградской области // Вестн. Рос. гос. ун-та им. И. Канта. Серия, Естественные науки. 2008. N 1. С. 6-16.

12. Белоусова А.П. Оценка устойчивости качества подземных вод // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции (Калининград, 25-30 июля 2011г). – Калининград: Капрос, 2011. С.42-47.

13. Бессолицина Е.П. Ландшафтно-экологическая оценка изменения геосистем под воздействием антропогенных факторов // География и природные ресурсы. 2001. № 4. С. 11-17.

14. Блануца В.И. Интегральное экологическое районирование: концепция и методы / В.И. Блануца; Отв. ред. Ю.С. Никульников - Новосибирск: ВО Наука, 1993. 158 с.

15. Блиновская Я.Ю. Оценка чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью // Экология и безопасность жизнедеятельности. Сб. материалов международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2002. С. 208 – 210.

16. Блиновская Я.Ю. Принципы создания информационной системы «Карты чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью» // Вестник Дальневосточного отделения российской академии наук. 2004. № 4. С. 63 – 73.

17. Ваганов П.А. Геориски на магистральных трубопроводах нефти и газа // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования/ под ред. Н.В. Каледина, В.В. Дмитриева, Т.А. Алиева – СПб.: ВВМ. 2010 С.631 – 639.

18. Вайсман Я.И., Рудакова Л.В. и др. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: монография / Вайсман Я.И., Рудакова Л.В. и др.– Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. 2012. 123с.
19. Ваулина В.Д., Козлович И.И. Ландшафты // Очерки природы. Калининград, 1999. С. 189 – 212.
20. Великанов Н.Л., Проскурин Е.Д. Калининградская область: особенности использования водных ресурсов / Н.Л. Великанов, Е.Д. Проскурин - Калининград: Янтарный сказ, 2003. 127 с.
21. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии - М.: ГЕОС. 1998. 418 с.
22. Водный кодекс Российской Федерации ФЗ №74: Принят Государственной Думой 16 апреля 2006г. в редакции от 03.06.2006 N 74-ФЗ: по состоянию на 15 августа 2014г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164898/ . Дата обращения – 15 августа 2014г
23. Волкова И.И., Шаплыгина Т.П. Оценка чувствительности дюнных природных комплексов (на примере Куршской косы)/ Калинингр. гос. ун-т; под ред. В. В. Орленка. - Калининград: Изд-во КГУ. 2005. 204 с.
24. Гагаринова О.В., Ильичева Е.А., Ковальчук О.А., Амосова И.Н. Функциональное гидрологическое зонирование речного бассейна (на примере р. Джида) // Материалы IX научной конференции «Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных» Иркутск, 9-12 ноября 2010 г. – Том 2 – Иркутск. Изд. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2010. С.19-21.
25. Гагина Н.В., Федорцова Т.А. Методы геоэкологических исследований: Курс лекций - Мн.: БГУ. 2002. 98 с.
26. Географический атлас Калининградской области / Антонова Е. В. и др.; ред. Орленок В. В. и др. - Калининград. Изд-во КГУ, 2002. - 276 с.

27. Гидрогеология СССР. Том 45. Калининградская область. – ред. Кондратас А.Р. – М.:Недра. 1970.158с.
28. Гимбицкий К. К., Кузнецова А. Л., Федоров Г. М. Развитие экономики Калининградской области: новый этап реструктуризации // Балтийский регион. - Калининград, 2013. – 2014. № 1 (19). С. 56-71.
29. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды - М.: Оникс, 2007. 336 с.
30. Государственная программа российской Федерации «Социально-экономическое развитие Калининградской области до 2020года»: Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014г. №311: по состоянию на 1 мая 2014г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.fso.gov.ru/laws/acts/33/514949.html>. Дата обращения – 1 мая 2014г.
31. Градостроительный кодекс Российской Федерации/ Федеральный закон РФ №190-ФЗ от 29.12.2004 (действующая редакция от 01.01.2014).
32. Гриценко В.А., Гуменюк И.С., Белов Н.С. Пространственное изучение сетевого взаимодействия в регионе Вислинского залива с использованием Геоинформационных систем // Балтийский регион - 2013. № 4 (18). С. 40-52.
33. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. - М.: Изд-во РУДН, 2004. 163 с.
34. Дедков В. П., Федоров Г. М. Пространственное, территориальное и ландшафтное планирование в Калининградской области. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2006. – 184 с.
35. Дедков В.П. Ландшафтная программа Калининградской области // Вестн. Рос. гос. ун-та им. И. Канта. Серия, Естественные науки. 2006. № 7. С. 6-17.
36. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь – К.: Гл.ред.МСЭ, 1990. 408 с.
37. Дмитриев В.В. Интегральные оценки состояния сложных систем в природе и обществе // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера» - 2010 - т.2. №4, С.507-520.

38. Дмитриев В.В., Александрова Л.В., Васильев В.Ю. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей // Вестник Санкт-Петербургского университета - Сер. 7, 2000 . Вып.4 (№31). С.34-47.
39. Дмитриев В.В., Дмитриев Н.В., Воскресенская В.А., Фролова А.Д., Кожеко Ю.Р. Развитие методологии интегральной оценки экологической целостности геосистем / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований №8, 2014, с.78-85
40. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем: учеб. пособие – Спб.: Наука, 2004. 293с.
41. Доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2012 – Правительство Калининградской области, 2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gov39.ru . Дата обращения – 12 марта 2014г.
42. Журавель В.И., Чурсина Н.В. Разработка методики картирования экологической чувствительности для планирования и осуществления защитных мер при разливах нефти в Арктике // Освоение шельфа арктических морей России - труды V Междунар.конф. – Спб.. 2001. С. 342-350.
43. Жучкова В.К., Раковская Э.М. Методы комплексных физико-географических исследований: Учеб. пособие для студ. вузов - М.: Издательский центр «Академия», 2004. 368 с.
44. Завалишин А.А., Надеждин Б.В. Почвенный покров Калининградской области/Почвы Калининградской области - Акад. наук СССР, Почв. ин-т им. В.В. Докучаева; отв. ред. И.В. Тюрин. - Москва: Изд-во АН СССР, 1961. С .5-131.
45. Злобина В.Л. Мониторинг подземной гидросферы при оценке техногенного воздействия на водосборы Европейской части РФ // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции (Калининград, 25-30 июля 2011г). – Калининград: Капрос, 2011. С.189-194.
46. Зотов С.И. Моделирование состояния геосистем: учебное пособие. – Калининград: Изд-во КГУ, 2001. 236с.

47. Зотов С.И., Белов Н.С. Оценка экологической чувствительности речных бассейнов Калининградской области к химическому загрязнению // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. Серия Естественные науки. 2006. N1. С. 19-22.

48. Зотов С.И., Десятков В.М. Результаты мониторинга геоэкологических последствий нефтепоискового бурения и добычи нефти в районе верхового болота Целау (Правдинское) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006 г., № 8, С. 65-73.

49. Зотов С.И., Кесорецких И.И., Зотов И.С., Лазарева Н.Н. Геоинформационное обеспечение оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции. Смоленск, 2012. С. 318-322.

50. Зотов С.И., Лазарева Н.Н. Картирование и ранжирование чувствительности природных комплексов к нефтяному загрязнению // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Междунар. конф. – Калининград, 2006. С. 289-292.

51. Зотов С.И., Покровский А.В., Кесорецких И.И., Зотов И.С. Значимость рельефа для оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям // Вестник БФУ им. И. Канта. Естественные науки. - №1, 2013. С. 318-322.

52. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов: Утверждена Министерством строительства Российской Федерации 2 ноября 1996 г.: по состоянию на 20 декабря 2014г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/InstpukciyaInstrukciya_po_proe2.html . Дата обращения 20 декабря 2014г.

53. Информация о ранжировании объектов накопленного экологического ущерба в Калининградской области 2013г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minzkh39.ru/normative-base/programs> . Дата обращения – 10 мая 2014г.

54. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учеб. – М.:Изд. «Высшая школа». 1991. 366с.

55. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию: учеб.пособие - СПб.ун-т. - СПб., 2003. 192 с

56. Калининградская область в цифрах. Краткий статистический сборник, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области – 154с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kaliningrad.gks.ru> . Дата обращения – 1 сентября 2014г.

57. Калининградская торгово-промышленная палата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kaliningrad-cci.ru/> . Дата обращения – 1 сентября 2014г.

58. Карабанова И.В. Геоэкологическая оценка районов освоения углеводородных ресурсов Каспийского моря (в пределах Туркменского сектора): автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. геогр. наук:25.00.36 – Ростов-на-Дону. 2009. 24 с.

59. Карасева Е.М., Фельдман В.Н., Хлопников М.М., Тылик К.В. Рыбные ресурсы Калининградской области // Калининградская область. Природные ресурсы. Калининград: Янтарный сказ, 1999. С. 129 - 140.

60. Кесорецких И.И. Карты уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям как элемент оптимизации регионального природопользования (на примере Калининградской области) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/120-16513> . Дата обращения - 24 декабря 2014г.

61. Кесорецких И.И. Оценка геоэкологических последствий разработки нефтяных месторождений в бассейне реки Лава // Естественные науки: материалы научно-практической конференции студентов и аспирантов. Вып.6. Калининград: Изд. РГУ им. И.Канта, 2009. С.26-31.

62. Кесорецких И.И. Сравнительный анализ понятий «устойчивость», «чувствительность», «уязвимость» применительно к природным комплексам //

Электронный сборник материалов юбилейной конференции Калининградского регионального отделения РГО 2010 (CD–ROM версия).

63. Кесорецких И.И., Зотов С.И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. Вып. 1. С. 51-57.

64. Кесорецких И.И., Зотов С.И., Воропаев Р.С. ГИС для оценки уязвимости природных комплексов Калининградской области к антропогенным воздействиям // ИнтерКарто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы международной конференции. 2014. С.267-274.

65. Колбовский Е.Ю. Нерешенные вопросы ландшафтоведения и ландшафтное планирование // Изв. РАН. Сер. Географическая, 2013, №5. С.19-29.

66. Колесов Д.Н., Михайлов М.В., Хованов Н.В. Оценка сложных финансово-экономических объектов с использованием системы поддержки принятия решений АСПИД-3W: учеб. пос. – СПб.: ОЦЭиМ, 2004. – 63 с.

67. Коробова Т.А. Картографо-математический анализ неоднородности морфологической структуры ландшафтов и геокриологических условий западного Ямала // Криосфера Земли, 2012, т. XVI. № 3. С. 87–93.

68. Коровина Е.В., Сатаров Г.А. Оценка состояния почвенного покрова урбоэкосистемы // Журнал Вопросы современной науки и практики Университет имени В.И.Вернадского – 2009, №3(17); [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2009/03/rus_22_2009_3.pdf. Дата обращения – 15 декабря 2013г.

69. Королёв В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем. / Уч. пособие под ред. В. Т. Трофимова. - М., Изд-во «Книжный дом университет», 2007. 416 с.

70. Котляков В.М., Селиверстов Ю.П., Пудовик Е.М., Трофимов А.М. Проблема устойчивости в комплексных эколого-экономических исследованиях //Изв.Рос.АН.Сер.:Геогр. 1998. N3. С. 7-13.

71. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территорий. - Смоленск: СГУ, 1999. 154 с.
72. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. - М.-Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
73. Кочуров Б.И. Геоэкологическое картографирование: учеб. пособие для вузов /РАН, Ин-т географии, Науч.-образоват. центр, Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Геогр. фак-т. - М.: Академия, 2009. 224с.
74. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. – М.: Изд. МГУ, 1996. 335с.
75. Куприянова Т.П. Факторы и механизмы устойчивости геосистем. Институт географии АН СССР, 1989. 333 с.
76. Кучерявый П.П. Густота речной сети // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 100.
77. Кучерявый П.П. Физико-географическое районирование Калининградской области // Очерки природы. Калининград, 1969. С. 183 – 193.
78. Лазарева Н.Н. Новый подход к Физико-географическому районированию Калининградской области // Вестн. Балт. фед. ун-та им. И. Канта. Серия, Естественные науки. - 2013. N 7. С.119-127.
79. Лазарева Н.Н. Почвенная карта // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 56 – 57.
80. Лазарева Н.Н., Козлович И.И. Ландшафты (на уровне урочищ) // Схема охраны природы Калининградской области. Калининград, 2004. С. 22 – 31.
81. Ларина Н.Е., Орленок В.В. Физическая карта // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 30 – 31.
82. Литвин В.М. Природные ландшафты Калининградской области // Природные ресурсы. Калининград, 1999. С. 141 – 151.
83. Мазур И.И., Молданов О.И.. Введение в инженерную экологию - М.:Наука, 1989. 366 с.

84. Малышев Ю.С., Полюшкин Ю.В. Оценка состояния экосистем – ключевое звено экологического мониторинга // География и природные ресурсы. 1998. №1 С.35-42.

85. Материалы международного проекта Балтазар (BaltHazar): Хельсинская комиссия по охране морской среды Балтийского моря//На пути к усилению защиты Балтийского моря от экологической угрозы с суши: снижение сельскохозяйственной питательной нагрузки – заключительный отчет. 2010. 56 с.

86. Министерство по промышленной политике, развитию предпринимательства и торговли Калининградской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.minprom.gov39.ru/>. Дата обращения: 7 июня 2014г.

87. Михайлов В.Н., Эдельштейн К.К. Оценка устойчивости и уязвимости водных экосистем с позиций гидроэкологии //Вестник МГУ, сер.5, География, 1996. N 3. С.27-35.

88. Монинец С.Ю. Проблемы оценки интегральной чувствительности прибрежно–морских зон к загрязнению нефтью // Морская экология–2002: Материалы междунар. науч.–практ. конф. Владивосток: ДВГМА, 2002. С. 167-172.

89. Морозов Н.П. Подземный сток и методы его определения: Конспект лекций / Ленинградский гидрометеорологический институт. 1975. 60с.

90. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Вып. 6. ч. 1-6. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР. Л.: Гидрометеиздат. 1989. 255 с.

91. Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т.1. Суша / Под ред. Каджояна Ю.С., Касимова Н.С. – М. – Калининград: Янтарный сказ. 2008. 360с.

92. НИИПГрадостроительства - Внедрение экологических принципов в территориальное планирование России. Отчет по 3 этапу проекта ЭкоРус, 2014. [Электронный ресурс] Режим доступа:

http://www.ioer.de/fileadmin/internet/IOER_Projekte/EkoRuss. Дата обращения: 1 ноября 2014г.

93. Новиков М.А. Интегрированная оценка экологической уязвимости акватории Белого моря // Экологические системы и приборы. 2006. №1. С. 21-27.

94. Новиков М.А. Применение географических экспертно-аналитических систем для оценки эколого-токсикологической уязвимости акватории Баренцева моря // Экологические системы и приборы. 2007. №5. С. 47-52.

95. Об утверждении Правил рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна. Приказ Росрыболовства от 10.12.2008 №393 – Принят Федеральным агентством по Рыболовству с изм. от 18.04.2013, по состоянию на 1 марта 2014г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129206/. Дата обращения – 1 марта 2014г.

96. Областная целевая программа «Обращение с отходами производства и потребления в Калининградской области на 2012-2016 годы» - Министерство жилищно-коммунального хозяйства и топливно-энергетического комплекса Калининградской области, 2012г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.minzkh39.ru/normative-base/programs/program_tbo.doc. Дата обращения – 4 ноября 2013г.

97. Овчинникова И.Н., Васильевская В.Д. Критерии устойчивости почв к загрязнению при оценке экологического риска // Экологические системы и приборы. 2004. №5. С. 28-31.

98. Одум Ю. Основы экологии: перевод с 3-го англ. изд. - под ред. и с предисл. Н.П. Наумова. - М.: Мир. 1975. 740 с.

99. Опекунова М.Г. Опыт проведения экспертного анализа экологического состояния геосистем // Вестн. СПб. ун-та. Серия: География. Геоэкология. 2001. С. 71-87.

100. Орленок В.В., Ефимов А.Н. Геологическая карта // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 34 – 35.

101. Орленок В.В., Федоров Г.М. Региональная география России. Калининградская область: учеб. пособие для студ., обуч. по геогр. спец. / Рос. гос. ун-т им. И. Канта. - Калининград : Изд-во РГУ им. И. Канта. 2005. 259с.

102. Павловский А.И., Томаш М.С. Решение прикладных задач при изучении процессов водной эрозии// Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования/ под ред. Н.В. Каледина, В.В. Дмитриева, Т.А. Алиева – СПб.: ВВМ, 2010. С.679 – 687.

103. Перечень полигонов и свалок ТБО, определенных для приема коммунальных отходов, производимых в муниципальных образованиях Калининградской области на 2014 год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.minzkh39.ru/normative-base/programs/2014Перечень разрешенных свалок.doc>. Дата обращения – 12 января 2014г.

104. Пиковский Ю.И., Геннадиева А.А. ГИС для оценки устойчивости почв к загрязнению техногенными углеводородами (на примере Калининградской области) // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. 2004. №3. С. 18-24.

105. Погодобразующие процессы и опасные явления погоды над Литвой и Калининградской областью/Сб. ст. под ред. А.И. Буза. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 147 с.

106. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Картографирование экологических рисков воздействия нефтедобычи на растительный покров с использованием спутниковых данных//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 3. С. 269-274.

107. Пособие по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при разработке технико-экономических обоснований (расчетов) инвестиций и проектов строительства народнохозяйственных объектов и комплексов. Государственный комитет по охране природы, главная государственная экологическая экспертиза. – М.: 1992г. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie_po_ocenke_vozdejstviya.html.

Дата

обращения – 10 октября 2013г.

108. Преображенский В. С. Проблемы изучения устойчивости геосистем // Устойчивость геосистем. - М.: Наука, 1983. С. 5–7.

109. РД 39-133-94 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше – Комитет Российской Федерации по геологии и использованию недр. 1994. 46с.

110. Розенбсрг Г.С., Дунин Д.П., Костина Н.В. Информационные технологии для оценки экологического состояния крупного региона (на примере Волжского бассейна и Самарской области) // Проблемы региональной экологии. Вып. 8.- Томск: СО РАН, 2000. С. 213-216.

111. Романова Е.А., Виноградова О.Л. Ландшафты, Калининградская область // Атлас. Калининград, 2011. С. 26-27.

112. Романова Е.А., Виноградова О.Л., Гагиева В.Э. Современное состояние ландшафтной среды Калининградской области (методология и основные результаты) // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. Вып. 7. С. 149-156.

113. Романова Е.А., Виноградова О.Л., Покровский А.В. О геоморфологической изученности территории Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. Вып. 1. С. 60-64.

114. Росновский И.Н. Устойчивость почв: техногенно-механические аспекты. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1993. 161 с.

115. Рубанов И.Н., Тикунов В.С. Методология оценки экологической составляющей устойчивого развития и состояния окружающей среды в Российских условиях / Материалы международной конференции «ИнтерГИС». 2005. С. 206-214.

116. Садовникова П.В., Куркина М.В. Актуальность изучения микрофлоры почвогрунтов вблизи полигонов ТБО (на примере Калининграда) //

Вестн. Балт. фед. ун-та им. И. Канта. Серия, Естественные науки. 2013. №7. С.21-26.

117. Семенов М.Ю., Сергеева М.В. Устойчивость наземных экосистем Байкальского региона к кислотным нагрузкам//География и природ.ресурсы. - 2003. N1. С. 59-67.

118. Семченкова Д.Н., Растоскуев В.В. Информационная система для оценки рисков при хранении нефтепродуктов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования/ под ред. Н.В. Каледина, В.В. Дмитриева, Т.А. Алиева – СПб.: ВВМ, 2010. С.702 – 710.

119. Сивков В.В., Зотов С.И., Кузьмин Е.В. Оценка экологической чувствительности прибрежных ландшафтов Калининградской области к химическому загрязнению//Прибрежная зона моря:морфолитодинамика и геоэкология.Материалы конф./ Отв.ред проф.В.В.Орленок. – Калининград. 2004. С. 228-230.

120. Список организаций - недропользователей осуществляющих лицензированную добычу песчано-гравийного материала на территории Калининградской области по состоянию на 01.01.2013 г. – Министерство Развития инфраструктуры Калининградской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.infrastruktura39.ru/activity/nedr/> . Дата обращения – 15декабря 2014г.

121. Справка ArcGIS. Информационно справочная система [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://resources.arcgis.com> .Дата обращения – 23 сентября 2013г.

122. Стурман В.И. Экологическое картографирование: Учебное пособие / В.И.Стурман – М.: Аспект Пресс, 2003. 251с.

123. Сухова А.А. Карта Растительности // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 58 – 59.

124. Сухова А.А., Козлович И.И. Ландшафтная карта // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 62 – 63.
125. Сухова А.А., Курков А.А. Некоторые соображения по поводу ландшафтного районирования Калининградской области // Изученность природных ресурсов Калининградской области. Л., 1972. С. 122 – 126.
126. Схема охраны природы Калининградской области / Под ред. Цыбина Ю.А. – Калининград: Изд-во TENAX MEDIA, 2004.
127. Схема планировочной организации и функционального зонирования территории, 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gov39.ru>. Дата обращения – 28 июня 2015г.
128. Схема планируемого размещения объектов капитального строительства социального и культурно-бытового назначения регионального значения, 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gov39.ru>. Дата обращения – 28 июня 2015г.
129. Трофимов В.Т. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В. Т. Трофимова. - М., Изд-во МГУ, 1997, 368 с.
130. Туголуков Д.А., Зотов С.И. Чувствительность лагунных берегов Калининградской области к химическому загрязнению // Вестн. Рос. гос. ун-та им. И. Канта. Серия, Естественные науки. 2006. N 7. С. 43-47.
131. Уманский С.А., Кондратенко С.В. Экотехнопарк – инновационный элемент системы обращения с отходами Калининградской области // Известия КГТУ. -Калининград:Изд-во КГТУ, 2011. № 22. С.174-181.
132. Федоров Г. М. Общие и специфические факторы развития экономики российского эксклава // Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2013. № 2. С. 195-204.
133. Фруммин Г.Т. Оценка качества воды по гидрохимическим показателям // Экологические проблемы Северо-Запада России и пути их решения. СПб, ЗАО "Виктория - Специальная литература, 1997, С. 344 - 350.

134. Хаустов А.П. Устойчивость подземной гидросферы и основы экологического нормирования/ Рос. ун-т Дружбы народов, Рос. фонд фундам. исслед.. - М.: ГЕОС, 2007. 174 с.

135. Хаустов А.П., Редина М.М. Модернизация системы экологического нормирования на основе европейского опыта управления качеством подземной гидросферы // Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции (Калининград, 25-30 июля 2011г). – Калининград: Капрос, 2011. С.443-448.

136. Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. – СПб.: СПбГУ, 1996. – 195 с.

137. Хованов Н.В., Федотов Ю.В. Модели учета неопределенности при построении сводных показателей эффективности деятельности сложных производственных систем // Научные доклады № 28(R)–2006. СПб.: НИИ менеджмента СПбГУ, 2006. 37с.

138. Чекалин В. С., Сергеева В. Г. Проблема утилизации твердых бытовых отходов в городах России и пути ее решения // Проблемы современной экономики. 2004. № 3 (11). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=507> . Дата обращения – 10 марта 2014г.

139. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. – М: 2009г. 689с.

140. Шаплыгина Т. В. Геоэкологическая оценка состояния природных комплексов Куршской и Вислинской кос: дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.36/ Татьяна Владимировна Шаплыгина ; науч. рук. В. В. Орленок; Рос. гос. ун-т им. И. Канта. - Калининград, 2010. 197 с.

141. Шаплыгина Т.В., Резниченко Н.В., Волкова И.И. Оценка чувствительности природных комплексов Вислинской косы // Прибрежная зона моря: морфолитодинамика и геоэкология. Материалы конф./Отв.ред проф.В.В.Орленок. - Калининград,2004. Калининград. 2004. С. 215-217.

142. Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Пути снижения негативного воздействия горных работ на окружающую среду // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования/ под ред. Н.В. Каледина, В.В. Дмитриева, Т.А. Алиева – СПб.: ВВМ, 2010. С.760 – 767.

143. Экологический энциклопедический словарь: энциклопедия /Неправительственный экологический фонд им.В.И.Вернадского; Науч.-ред.совет: В.И.Данилов-Данильян- М.: Ноосфера, 1999. 931с.

144. Andrienko N., Andrienko G. Informed spatial decisions through coordinated views//Information Visualization, 2003, 2, pp. 270–285.

145. Banai Reza Fuzziness in Geographical Information Systems: contributions from the analytic hierarchy process // International Journal of Geographical Information Systems, Volume 7, Issue 4, 1993, pp. 315-329.

146. Berit Balfors, Ulla Mörtberg, Davide Geneletti Landscape ecology for SEA: lessons learned/ 30th Annual Meeting of the International Association for Impact Assessment, 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iaia.org/iaia10/documents/reviewed_papers/Landscape%20Ecology%20for%20SEA.pdf. дата обращения – 13 июня 2014г.

147. BurVal Working Group 2006. Groundwater Resources in Buried Valleys – a challenge for Geosciences. Hannover, 2006. p. 102.

148. Carver S.J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems // International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 5:321–339, 1991. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/3283984>. Дата обращения – 10 июня 2014г

149. Chakhar Salem, Mousseau Vincent Spatial multicriteria decision making/LAMSADEUniversity of Paris Dauphine, France, 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www.lamsade.dauphine.fr/mcda/biblio/PDF/ChakharMousseauInbook2007b.pdf> .

Дата обращения – 13 июня 2014г.

150. Chakhar, S. and Mousseau, V. (2008). GIS-based multicriteria spatial modeling generic framework // International Journal of Geographical Information Science 22 (11), pp. 1159–1196.

151. Chen Xuwei, Zhan F.Benjamin Mapping the Vulnerability to Potential Toxic Substance Releases from Industrial Facilities under Emergency Situations: A Case Study of Galveston, Texas // Geographic Information Science, Vol.12 No.1 2006 – p.27-33. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://archive.neicon.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/3486910/10824000609480614.pdf>. Дата обращения: 10 июня 2014г

152. Council of Europe Landscape and sustainable development: challenges of the European Landscape Convention. Council of Europe Publishing, Strasbourg. 2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/heritage/landscape/Publications/PaysageDevelopment%20_en.pdf . Дата обращения – 13 июня 2014г.

153. Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=URISERV:l28036&from=EN&isLegisum=true>. Дата обращения – 10 июня 2014г.

154. Dmitriev V.V., Ogurtsov A.N., Vasiliev V.Yu. Integral estimation of Environmental quality of anthropogenic transformed systems and life's quality of urban population // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования/ под ред. Н.В. Каледина, В.В. Дмитриева, Т.А. Алиева – СПб.: ВВМ, 2010. С.99 – 108.

155. Doumpos M., Zopounidis C. Multicriteria Decision Aid Classification Methods. Kluwer Academic Publishers. 2002 – 271p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://site.ebrary.com/lib/kantiana/>. Дата обращения – 10 июня 2014г.

156. Emmelin Lars Effective Environmental Assessment Tools - critical reflections on concepts and practice/ Blekinge Institute of Technology Research Report No 2006:03, 2006 – 241p.

157. Feick R.D., Hall B.G. A method for examining the spatial dimension of multicriteria weight sensitivity // International Journal of Geographical Information Science, 2004, 18, pp. 815–840.

158. Florian W.H. Smith, Enno P.H. Bregman Buried glacial valleys as drinking water reservoirs. An assessment on function and risks in their role as drinking water reservoirs in the ice-marginal landscape of northern Europe // Aarhus University, province Drenthe Encore “Fresh Water” project materials 2013 p.86.

159. Golobič Mojca, Breskvar Lidija Žaucer Landscape planning and vulnerability assessment in the Mediterranean/ Regional Activity Centre for the Priority Actions Programme - Ljubljana, February 2010 – 96p.

160. Golobic M., Cof A., Gulic A. Vulnerability, attractiveness and suitability analysis of the area of Škofja Loka municipality for production activities. Urban planning institute of the RS, Ljubljana – 2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www2.uirs.si/LinkClick.aspx?fileticket=p4lAeLpvaqQ%3D&tabid=444>. Дата обращения – 13 июня 2014г.

161. Gontier M., Mörtberg U., Balfors, B. Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA // Environmental Impact Assessment Review, 2010, 30: 8-18.

162. Greene Randal, Devillers Rodolphe, Luther Joan E., Brian G. Eddy GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis - Geography Compass 5/6 (2011), 2011 Blackwell Publishing Ltd - p.412–432.

163. Gregory R., Failing L., Harstone M. Structured Decision Making : A Practical Guide to Environmental Management Choices. John Wiley & Sons. 2012 – 313p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://site.ebrary.com/lib/kantiana/> . Дата обращения 11 июня 2014г.

164. Gundlash E.R., Hayes M.O. Classification of costal environments in terms of potential vulnerability to oil spill damage // Marine Technology Society Journal – 1978 – Vol.12, №4 – P. 18-27.

165. Harish Chandra Karnatak, Sameer Saran, Karamjit Bhatia, P. S. Roy Multicriteria Spatial Decision Analysis in Web GIS Environment // Geoinformatica (2007) - Springer Science + Business Media, LLC 2007 – p. 407-429.

166. Helmut Schiller Automated classification of an environmental sensitivity index / Environmental Monitoring and Assessment (2005) 110: 291–299.

167. Ho-Sik Chon, Dieudonné-Guy Ohandja, Nikolaos Voulvoulis A risk-based approach to prioritise catchments for diffuse metal pollution management/ Science of the Total Environment 437 (2012) – p. 42–52.

168. Jankowski Piotr Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods // International Journal of Geographical Information Systems, Volume 9, Issue 3, 1995, pages 251-273. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/3467536>. Дата обращения – 10 июня 2014г

169. Jensen John R., Halls Joanne N., and Jacqueline Michel A Systems Approach to Environmental Sensitivity Index (ESI) Mapping for Oil Spill Contingency Planning and Response. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.asprs.org/a/publications/pers/98journal/october/1998_oct_1003-1014.pdf. Дата обращения – 21 июня 2014г.

170. Jie L., Guangquan Zhang, Da Ruan. Multi-Objective Group Decision Making : Methods Software and Applications With Fuzzy Set Techniques. Imperial College Press, 2007, - 407p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://site.ebrary.com/lib/kantiana/>. Дата обращения – 10 июня 2014г.

171. Joshi P.K., Pani P., Mohapartra, S.N. Geoinformatics for Natural Resource Management. Nova Science Publishers, 2009 – 648p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://site.ebrary.com/lib/kantiana/>. Дата обращения – 11 июня 2014г.

172. Lesslie Robert G, Hill Michael J, Hill Patricia, Cresswell Hamish, Dawson Steve The Application of a Simple Spatial Multi-Criteria Analysis Shell to Natural

Resource Management Decision Making, 2005. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://data.daff.gov.au/brs/mcass/docs/NRM_Springer.pdf . Дата обращения – 10 июня 2014г.

173. Iorent Joerina, Marius Theriault, Andre Musy Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment // International Journal of Geographical Information Science, Volume 15, Issue 2, 2001, pages 153-174.

174. Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons 1999 – p.392. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://books.google.ru/books/about/GIS_and_Multicriteria_Decision_Analysis.html?id=2Zd54x4_2Z8C&redir_esc=y . Дата обращения – 11 июня 2014г.

175. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature/ International Journal of Geographical Information Science Vol. 20, No. 7, August 2006, 703–726. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.spatial.redlands.edu/sds/downloads/Malczewski2006_GISBasedMulticriteriaDecisionAnalysis.pdf. Дата обращения – 14 июня 2014г.

176. Malczewski Jacek A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making // International Journal of Geographical Information Systems, Volume 10, Issue 8, 1996, p. 955-971.

177. Manoj Raj Saxena, Rajiv Kumara Remote sensing and GIS based approach for environmental sensitivity studies a case study from Indian east coast. Land Use Division, National Remote Sensing Agency, Dept. of Space, Government of India, Balanagar, Hyderabad, India [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.isprs.org/proceedings/xxxv/congress/comm7/papers/225.pdf>. Дата обращения – 6 июня 2014г.

178. Marull J., Pino J., Mallarach J. M., Cordobilla M. J. A Land Suitability Index for Strategic Environmental Assessment in Metropolitan Areas // Landscape and Urban Planning, 2007 - 81 (3), p.200–212.

179. Mendoza G. A., Martins H. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: a critical review of methods and new modelling paradigms // Forest Ecology and Management, 2006, 230 (1–3), pp. 1–22.

180. Mörtberg U.M., Balfors, B., Knol, W.C. Landscape ecological assessment: a tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning // *Journal of Environmental Management* 2007, 82: p.457-470. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479706000399> . Дата обращения – 1 декабря 2014г.

181. Nouri, J; Danehkar, A. Evaluation of the Ecological Sensitivity in the Northern Coastal area Of the Persian Gulf. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.bioline.org.br/ja. Дата обращения – 24 декабря 2014г.

182. Rinner C., Raubal M. Personalized Multi-Criteria Decision Strategies in Location-Based Decision // *Support Journal of Geographic Information Science*, 10 , pp. 149–156. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/3434177>. Дата обращения – 11 июня 2014г

183. Ronald C. Estoque GIS-based Multi-Criteria Decision Analysis (in *Natural Resource Management*), 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://giswin.geo.tsukuba.ac.jp/sis/tutorial/GIS-based%20MCDA%20_RCEstoque.pdf . Дата обращения – 12 июня 2014г.

184. Santos C.F., Andrade F. Environmental Sensitivity of the Portuguese Coast in the Scope of Oil Spill Events – Comparing Different Assessment Approaches. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cerf-jcr.org/images/stories/885.889_C.F.Santos_ICCS2009.pdf. Дата обращения – 11 июня 2014г.

185. Sexton Walter J., Murday Maylo, Jensen John R., Florey Stephen R, Capt. Colin J. Green Environmental Sensitivity Index Mapping of ABU DHABI(UAE)- A Computer Based Remotely-sensed and Field Mapping Product, 1993 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iosc.org/papers_posters/00705.pdf . Дата обращения – 11 июня 2014г.

186. Shi Y., Olson D. L., Stam A. *Advances in Multiple Criteria Decision Making and Human Systems Management : Knowledge and Wisdom*. IOS Press, 2007

– 419р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://site.ebrary.com/lib/kantiana/> . дата обращения – 10 июня 2014г.

187. Witold P., Petr E., Roberta P. Fuzzy Multicriteria Decision-Making Models, Methods and Applications. John Wiley & Sons, 2010 – 362 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://site.ebrary.com/lib/kantiana/>. Дата обращения – 10 июня 2014г.

188. Yashon O. Ouma, Kipkorir Emmanuel C., Tateishi Ryutaro MCDA-GIS integrated approach for optimized landfill site selection for growing urban regions: an application of neighborhood-proximity analysis // Annals of GIS, Volume 17, Issue 1, 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/3520093> . Дата обращения – 13 июня 2014г.

189. Yunliang Meng, Jacek Malczewski, Soheil Boroushaki GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development Sites: A Case Study in Canmore, Alberta/ Journal of Geographic Information System, 2011, 3, p.50-61.