# ГИС для оценки уязвимости природных комплексов Калининградской области к антропогенным воздействиям

*И.И. Кесорецких, С.И. Зотов, Р.С. Воропаев*
*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта*
*Калининград, Российская Федерация, 236040 ул. А. Невского, 14*

# GIS for estimation of Kaliningrad region natural complexes vulnerability to anthropogenic influences

*I.I. Kesoretskikh, S.I. Zotov, R.S. Voropaev*
*Immanuel Kant Baltic Federal University*
*Kaliningrad, Russian Federation, 236040, st. A.Nevskogo, 14*

**Abstract**. Reviewed structure and content GIS for estimation of Kaliningrad region natural complexes vulnerability to anthropogenic influences. Emphasis is placed on the use of the software product ESRI ArcGIS. A s a result was made a map of natural systems vulnerability to chemical and mechanical influences.

В последние несколько десятилетий 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, Гуменюк, Белов. 2013]

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 современных эколого-географических исследований.

Можно выделить два главных направления использования геоинформационных технологий в оценке качественных и количественных характеристик природных комплексов или любых иных изучаемых объектов. Первое направление – это использование инструментов ГИС для картирования (визуализации) результатов исследований. Данный подход реализуется в случае наличия уже готовых расчетных данных, путем создания картографического материала, отражающего основные результаты оценки с целью их визуального отображения или выявления пространственной дифференциации. Второе направление – использование программных возможностей ГИС для анализа, математических (статистических и иных) расчетов, сопоставления и моделирования оцениваемых параметров. Реализация данного подхода позволяет эффективно использовать различные инструменты ГИС, например, организация работы в реальном времени с большим объемом данных или решение конкретной прикладной задачи моделирование весовых коэффициентов, что является одним из условий репрезентативности оценки уязвимости природных комплексов к различным антропогенным воздействиям. Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что этот 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 [Пиковская, Геннадиева, 2004; Блиновская, 2004; Helmut Schiller, 2005]. Работы, посвященные реализации методик оценки такого параметра как уязвимость компонентов природных сфер, 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].

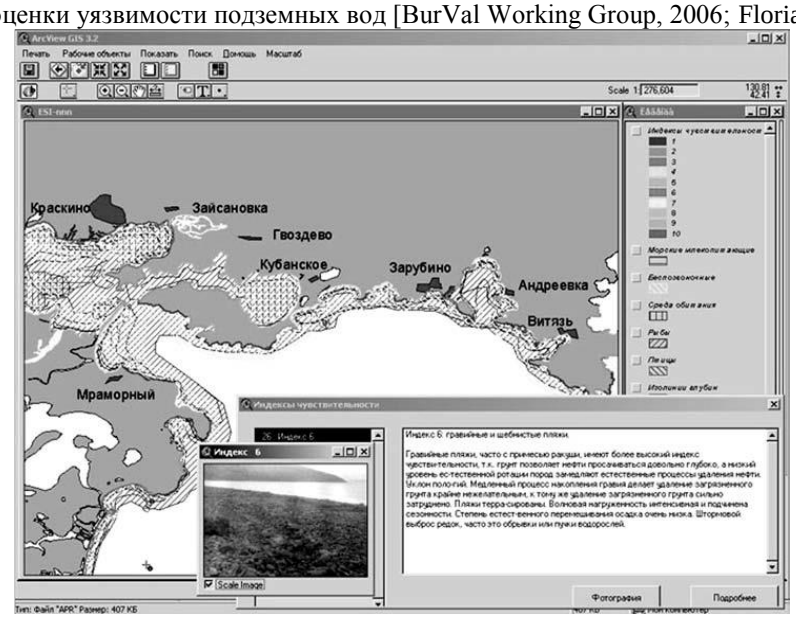


*Рис. 1. Фрагмент карты чувствительности прибрежно–морской зоны зал. Посьета (юго–западное побережье Приморского края) к загрязнению нефтью [Блиновска, 2004]*

*Рис.2. Фрагмент карты чувствительности зал. Сан–Диего (Тихоокеанское побережье США) [Блиновская, 2004]*

Задача данной работы заключается в реализации методики многокритериальной оценки уязвимости природных комплексов к различным видам антропогенных воздействий с использованием современных геоинформационных технологий на примере Калининградского региона. Она решалась путем создания ГИС «Оценка уязвимости природных комплексов Калининградской области к антропогенным воздействиям» с использованием программных возможностей пакета ESRI ArcGis.

Под «уязвимостью природных комплексов» в данной работе понимается неспособность природного комплекса сохранять структурную и экологическую целостность под воздействием внешних сил [Дедю, 1990], или по-иному - это степень зависимости экосистемы от внешних воздействий, неспособность им противостоять [Чернов, 2009]. Для оценки уязвимости природных комплексов Калининградской области к химическому и механическому воздействию, была разработана параметрическая матрица, включающая в себя восемь элементов (параметров): расстояние до водотока, уровень грунтовых вод, механический состав почв, тип угодий, наличие охраняемого и нерестового статуса, густота речной сети и уклон земной поверхности, соответственно нормированных и разделенных на пять категорий уязвимости природных комплексов: высокая, повышенная, умеренная, пониженная, низкая. Согласно метода рандомизированных сводных показателей [Дмитриев, Александрова, Васильев, 2000] каждому из параметров присвоен свой

«весовой» коэффициент, отражающий степень его вклада (значимости) для оцениваемого свойства. Итоговая параметрическая матрица имеет следующий вид (Таблица 1)

*Таблица 1. Параметрическая матрица оценки уязвимости природных комплексов Калининградской области к антропогенным воздействиям (химическому и механическому)*

| № | Параметр | Градация уязвимости | | | | | | | | | | Весовой коэффициент |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Высокая | | Повышенная | | Умеренная | | Пониженная | | Низкая | | |
| 1 | Расстояние до водотока | 0,25 | 0,202 | 0,202 | 0,152 | 0,152 | 0,101 | 0,101 | 0,051 | 0,051 | 0 | 0,25 |
| 2 | Нерестовый статус | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 |
| 3 | Уровень грунтовых вод | 0,25 | 0,211 | 0,211 | 0,158 | 0,158 | 0,105 | 0,105 | 0,053 | 0,053 | 0 | 0,25 |
| 4 | Механический состав почв | 0,25 | 0,188 | 0,188 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,063 | 0,063 | 0 | 0,25 |
| 5 | Тип угодий | 0,05 | 0,038 | 0,038 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,013 | 0,013 | 0 | 0,05 |
| 6 | Охраняемый статус | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 |
| 7 | Густота речной сети | 0,05 | 0,039 | 0,039 | 0,029 | 0,029 | 0,019 | 0,019 | 0,007 | 0,007 | 0 | 0,05 |
| 8 | Уклон земной поверхности | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,035 | 0,035 | 0,02 | 0,02 | 0,013 | 0,013 | 0 | 0,05 |
| Интегральный показатель | | 1 | 0,817 | 0,817 | 0,524 | 0,524 | 0,395 | 0,395 | 0,198 | 0,198 | 0 | |

Детальное описание методологии и базовых принципов расчета уязвимости природных комплексов, критерии выбора, обоснование параметров оценки и формулы расчета интегрального показателя содержаться в [Зотов, Кесорецких, Зотов, Лазарева, 2012].

Калининградская область, расположена на западе Русской (Восточно-Европейской) равнины, занимает юго-восточное побережье Балтийского моря. Рельеф области преимущественно низменно-холмистый, средние высоты колеблются от 0 до 50м., климат умеренный – переходный от морского к умеренно континентальному [Орленок, 2005]. Область, несмотря на свою небольшую площадь, имеет довольно сложную ландшафтную структуру, связанную в первую очередь с генетическими особенностями литогенной основы [Лазарева, 2013].

Основными факторами, определяющими характер антропогенного воздействия на природные комплексы Калининградской области являются: структура промышленного сектора (предприятия и инфраструктура), состояние жилищно-коммунального хозяйства, сельское хозяйство, характер природопользования, включая недропользование. Анализ данных по вышеперечисленным факторам показывает, что доминирующими в общей совокупности антропогенно-обусловленных воздействий, и как следствие оказывающих наибольшее влияние на экологическое состояние природных комплексов Калининградского региона, являются два его вида: механическое и химическое воздействия [Доклад об экологической обстановке, 2012].

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. 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 дола роста добычи твердых полезных ископаемых в 2011 году составила 125,1%, по отношению к 2010 году). Эти факты дают нам основание рассматривать разработку месторождений полезных ископаемых как один из ведущих

источников механического воздействия на природные комплексы Калининградской области, всего в регионе насчитывается 37 подобных месторождений [Список организаций – недропользователей, 2013].

Основным площадным источником химического воздействия на окружающую среду в Калининградской области является использование минеральных удобрений и ядохимикатов в сельскохозяйственном производстве. Можно так же выделить ряд второстепенных источников, определяемых меньшей по охвату территорией распространения: короотвалы, золоотвалы, мазутохранилища. Их принято классифицировать как химические потенциально опасные объекты. По материалам службы по экологическому контролю и надзору Калининградской области [Информация о ранжировании объектов, 2013], в 2013 году выявлено 19 потенциально химически опасных объектов. Также, локальное воздействие на окружающую среду оказывает нефтедобывающий комплекс Калининградской области. Химические воздействия могут приводить к загрязнению не только отдельных компонентов природной среды, как например почвы, но и за счет миграционных способностей загрязнителей могут распространяться на поверхностные и подземные водные источники, приводить к деградации растительного покрова, нарушению условий обитания представителей животного мира, а так же (прямо или косвенно) быть причиной ухудшения здоровья населения.

Особого внимания заслуживают антропогенные источники, воздействия от которых зачастую нельзя отнести только к одному типу, например, исключительно к механическому или химическому, чаще всего они носят комплексный характер. Примером такого многокомпонентного воздействия могут быть свалки твердых бытовых отходов (ТБО). По дынным 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. По материалам службы по экологическому контролю и надзору Калининградской области и Государственного автономного учреждения Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» [Информация о ранжировании объектов, 2013] в 2012 году 15 полигонов ТБО были классифицированы как объекты накопленного экологического ущерба. 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 свалок ТБО для отдельных объектов она составляет от 20 до 50 лет.

Необходимо подчеркнуть, что под негативным воздействием комплексного характера от свалок ТБО можно понимать вполне конкретные процессы: поверхностный и подземный сток фильтрата (химически и биологически опасного) с территории свалки и вдоль почвенного профиля, деградация почв и растительности, возможное радиационное и ртутное загрязнение, изменение литогенное основы путем механического воздействия (уплотнение, внутреннее разрушение массива, повышение гидродинамического напора) и т.д. Вместе с тем, техническая эксплуатация ряда свалок, и их устройство не отвечают требованиям санитарного законодательства РФ.

Структура и содержание ГИС «Оценка уязвимости природных комплексов Калининградской области к антропогенным воздействиям» включает в себя три блока: базы данных, промежуточных карт, окончательных карт (рис.3).

Блок базы данных представляет собой набор покрытий – полученных в ходе анализа литературных источников (водные объекты, имеющие нерестовый статус) [Приказ Росрыболовства, 2008], а так же оцифрованных и введенных в структуру ГИС карт из географического Атласа Калининградской области [Атлас Калининградской области. 2002], выполненных в масштабе 1:500 000: карта особо охраняемых природных территорий; карта растительности (по категориям: болотные, лесные, сельскохозяйственные и луговые); ландшафтная карта; карта густоты речной сети; физическая карта (рельеф и границы области); карта гидрографической сети. На основе имеющихся данных о локализации объектов антропогенного воздействия были картированы в отдельном слое-покрытии источники антропогенного воздействия (свалки ТБО, месторождения нефти, карьеры песчано-гравийных и строительных материалов). Опорная сеть представляет собой покрытие из равно распределенных по площади Калининградской области точек с шагом 1 км и составляет – порядка 12 тысяч по сухопутной части. Привязки растровых карт осуществлялась с использованием инструмента «Georefenercing», в качестве опорной сети точек использовался набор из 9-12 точек с настройками «Transformation» – «2$^{nd}$ Ordrer Polynomial», в проекции – WGS 1984 UTM 35N. Оцифровка карт производилась двумя способами: ручном и автоматическом с использованием модуля «ArcScan». Создание регулярной сети точек с шагом в 1 км, производилось в два этапа: расчет исходных координат для каждой из точки в среде MS Office Excel, импорт данных в среду ГИС и создание слоя-покрытия с использованием инструмента «Display XY Data».

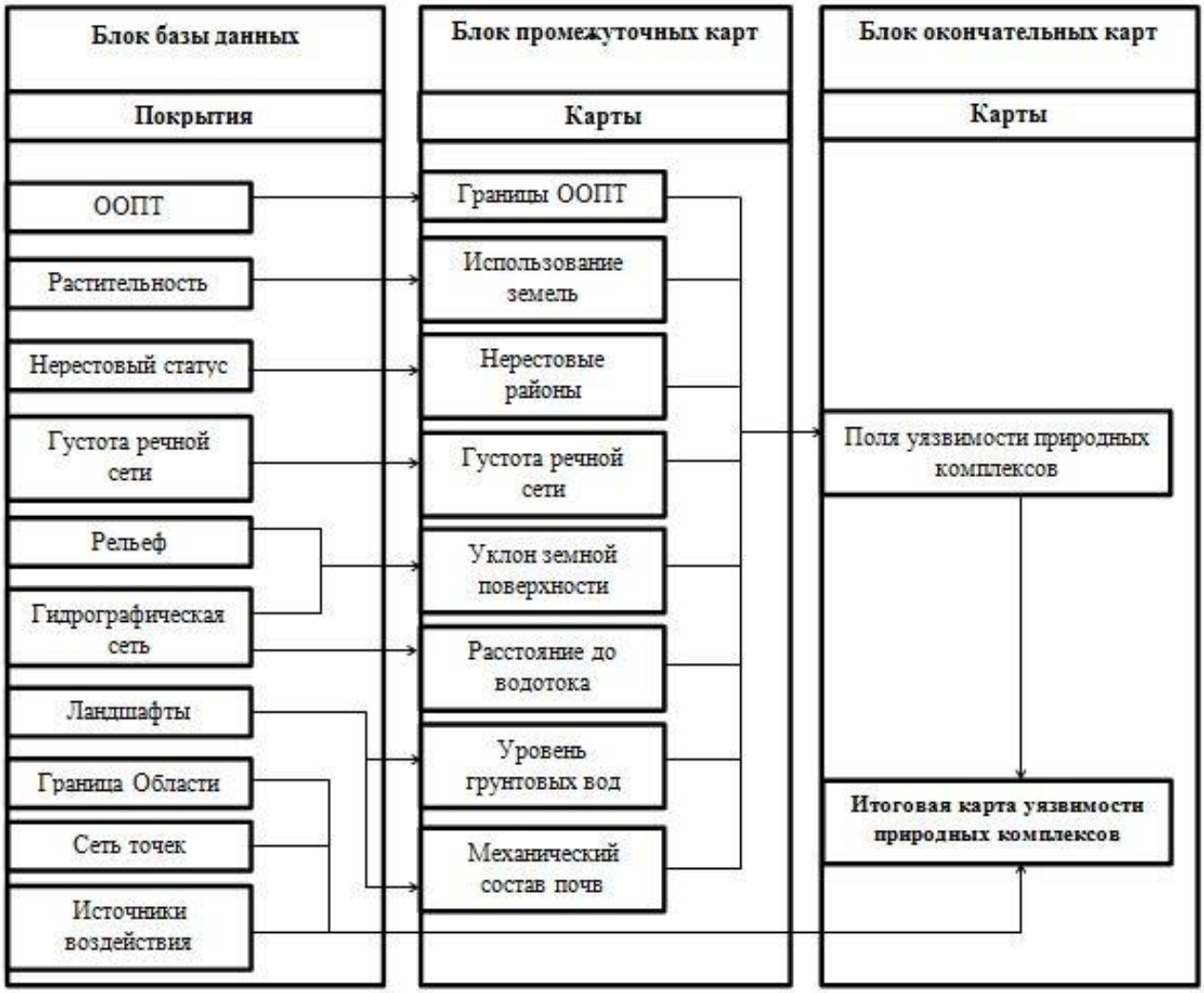


*Рис.3. Структура ГИС «Оценка уязвимости природных комплексов Калининградской области к антропогенным воздействиям»*

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

Обработка ряда карт: границы ООПТ, использования земель, густота речной сети, осуществлялась типовыми методами – путем добавления и редактирования значений атрибутивных таблиц. В зависимости от типа представляемых данных, отдельным контурам покрытий присваивались цельно численные значения (напр. 1,0 – наличие или отсутствие статуса ООПТ), дробные значения (напр. для величин густоты речной сети) или текстовые описания (напр. «лес», «болото» и т.д. для использования земель). Использование функции «Reclassify» (модуля Spatial Analysis) позволяет переходить от текстовых описаний контуров к числовым значениям, что необходимо для использования их в расчетных методиках. Данный инструмент так же использовался для карт уровня грунтовых вод и механического 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, были присвоены значения уровня грунтовых вод и механического состава почв.

Работа с остальными картами включала в себя как вышеописанный элемент работы с атрибутивными таблицами, так и дополнительные работы с отдельными модулями. Для создания карты нерестовых районов использовался инструмент «Buffer» (Proximity – Analysis Tool). Согласно методике расчета уязвимости природных комплексов по данному параметру существует два возможных 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 необходимо для точек определить конкретное числовое значение, определяемое как наикротчайшее расстояние между искомой точкой и водотоком. Для подобных расчетов целесообразно использовать модуль «Spatial Analysis» – «Euclidean Distance», он позволяет по существующему векторному слою-покрытию создать растр 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.

Иной подход был реализован для построения карты уклонов земной поверхности. В качестве исходных данных использовались оцифрованные с физической карты Калининградской области горизонтали и карта гидрографической сети. Методика создания карты уклонов в ESRI ArcGIS предполагает наличие цифровой модель рельефа (ЦМР) территории. Для ее создания использовался инструмент «Topo To Raster» (Raster Interpolation – 3D Analysis). Функция построения карты уклонов «Slope» (Surface Analysis – Spatial Analysis) позволяет накладывать на имеющуюся ЦМР территории 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.

Блок окончательных карт включает в себя два этапа работ с промежуточными данными. Первый включает в себя работу по созданию синтетической карты, представляющей собой агрегированный набор всех имеющихся данных, обобщенных при помощи функций «Join» (Data Management Tool) и «Extract Values to Point». Таким образом, информация по каждой из точек опорной сети (12,5 тыс.), содержащаяся в одном из базовых слоев-покрытий, была дополнена соответствующими данными по восьми основным параметрам оценки уязвимости природных комплексов. Согласно методике расчета интегрального показателя уязвимости данные по всем параметрам были нормированы. Для проведения подобных вычислений в среде ГИС использовалась функция «Field Calculator» (Рис.4). Итоговый сводный индекс 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 природных комплексов (Таблица 2).

*Таблица 2. Группировка точек опорной сети по классам градаций уязвимости природных комплексов*

| | Градация уязвимости | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Высокая | | Повышенная | | Умеренная | | Пониженная | | Низкая | |
| 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 (%) | 1 | | 31 | | 24 | | 43 | | 1 | |

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

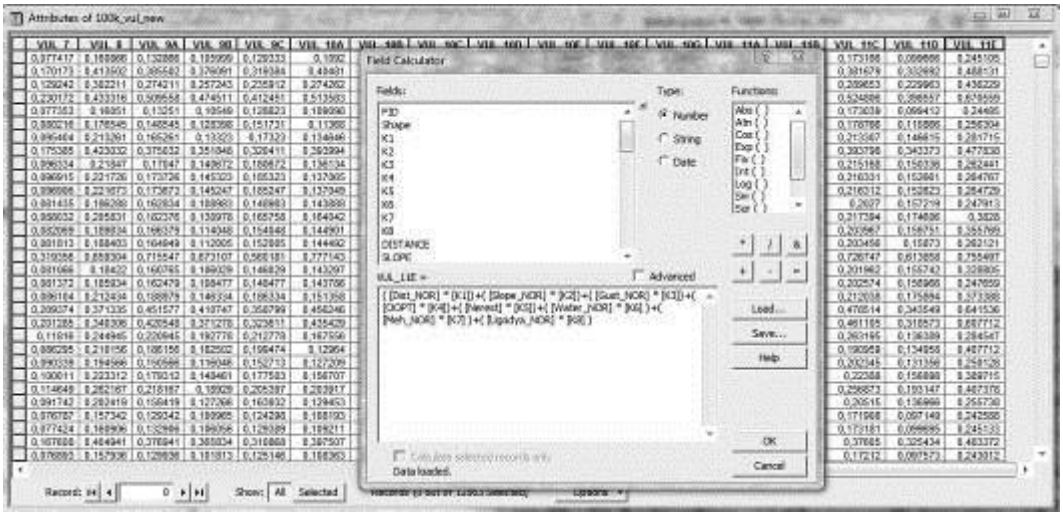


*Рис.4. Пример расчета итоговой формулы с использованием функции «Field Calculator»*

В характере распределения территорий с различными уровнями уязвимости прослеживается определенная закономерность, выражающаяся в возможности визуального выделения отдельных ареалов точек опорной сети согласно классам уязвимости. Инструментарий ESRI ArcGIS позволяет создавать на основе подобных распределенных точечных значений рассчитанные поля (поверхности) с использованием методов интерполяции. Однако необходимо иметь в виду, что для различных задач и характера исходного материала должен быть выбран оптимальный метод с соответствующими настройками (видом вариограмы, радиусом поиска и т.д.), что может значительно усложнить данный процесс.

Обобщение данных итоговой карты уязвимости природных комплексов и соотнесение с физико-географическим (ландшафтным) районированием Калининградской области [Лазарева, 2013] позволяет произвести их группировку по классам уязвимости к химическмм и механическим воздействиям (Рис. 5).

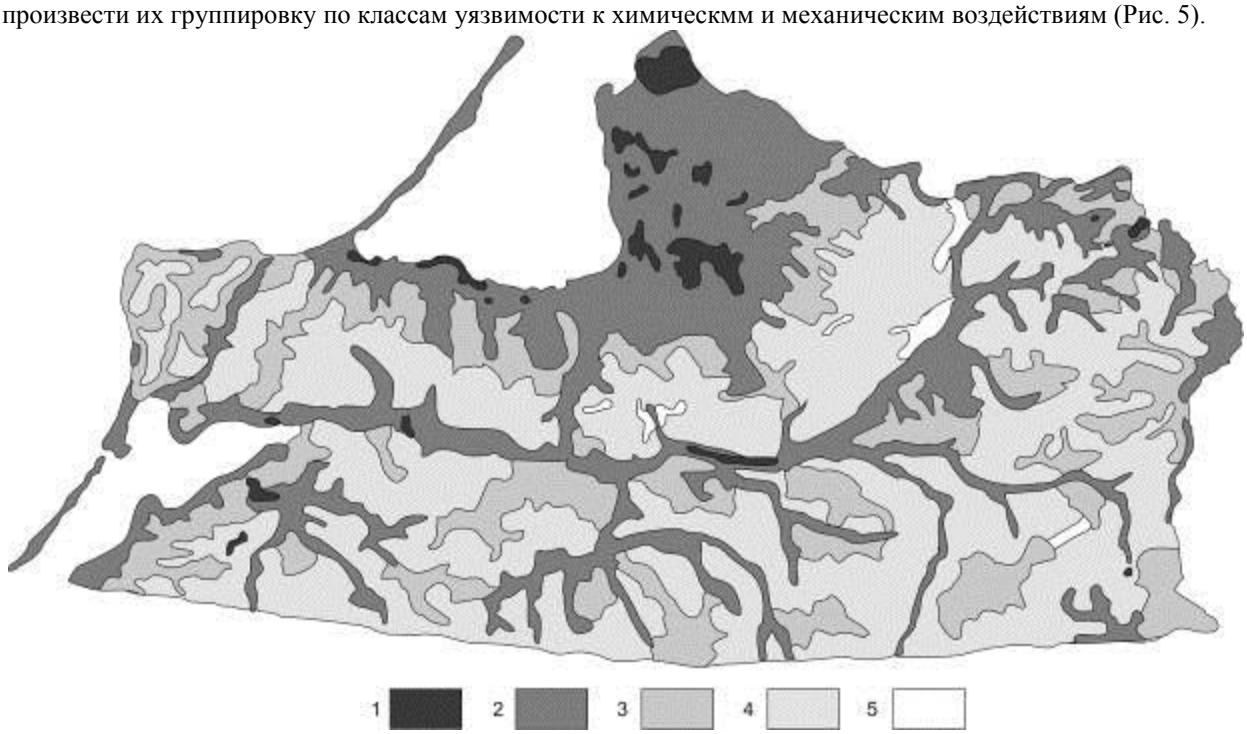


*Рис.5. Районирование территории Калининградской области по классам уязвимости природных комплексов к химическим и механическим воздействиям. Условные обозначения: 1 – ареалы с высокой уязвимостью, 2 – ареалы с повышенной уязвимостью, 3 – ареалы с умеренной уязвимостью, 4 – ареалы с пониженной уязвимостью, 5 – ареалы с низкой уязвимостью.*

Наибольшей уязвимостью обладают ландшафты центральных районов дельтовой низменности р.Неман, Северо-Восточной (Большаковской) озерно-ледниковой равнины, Полесской моренной равнины примыкающей к акватории Куршского залива, приустьевой песчаной равнины Вислинского залива, западных окраин Инстручской моренной гряды. Незначительный процент территории попавшей в высокий класс уязвимости (всего 1% от общей площади области) не уменьшает значимости данного класса. Можно заключить, что природные комплексы данного класса уязвимости имеют более локальный характер размещения, маркируя ареалы от 1 до 10 км².

Природные комплексы повышенной уязвимости имеют четко выраженный площадной характер локализации и приурочены главным образом к следующим территориям: эоловым прибрежно-морским ландшафтам Куршской и Вислинской косы, побережью Самбийского полуострова, окраинам дельтовой низменности р.Неман и прилегающих территорий к акватории Куршского залива, западной части Северо-Восточной (Большаковской) озерно-ледниковой равнины, удаленной от прибрежной зоны Полесской моренной равнины, современным аллювиальным равнинам долины реки Преголя и других крупных рек, центральной части Инстручской гряды, древнеаллювиальной Немано-Шешупской равнины. Площадь территории природных комплексов данного класса уязвимости составляет 31%. Этот факт еще раз подтверждает мысль о необходимости учета природных особенностей территории на стадии выбора размещения, проектирования и оценки воздействия различных промышленных объектов. Более того данный подход необходимо внедрять в программы контроля и рекультивации для уже действующих антропогенных источников воздействия (свалки ТБО, разрабатываемые карьеры ПГМ и т.д.).

Группы умеренной (24% территории) и пониженной (43% территории) уязвимости имеют достаточно высокую степень однородности расположения. Достаточно трудно, не прибегая к математическим методам расчета полей уязвимости, определить четкие границы между ареалами данной градации. Занимая большую часть территории области они локализованы в пределах следующих ландшафтов: грядово-холмисто-моренных равнин (Самбийская, Виштынецкая и Вармийская возвышенности), Северо-восточной полого-

холмистой (Гвардейско-Неманской) равнины, озерно-ледниковой Шешупской равнины и моренной Анграпо-Шешупской равнины.

Категория низкой уязвимости природных комплексов к химическому и механическому воздействию имеет самую маленькую площадь распространения (1% от общей площади) и, так же как и ареалы класса «высокой уязвимости» имеет локальный характер. Главным образом она представлена в центральной и северной части Северо-восточной полого-холмистой (Гвардейско-Ннеманской) равнины, а так же на плоских участках Виштынецкой возвышенности.

Полученные данные распределения и группировки природных комплексов к антропогенным воздействиям могут быть использованы для разработки предложений и программ по обеспечения эффективного управления природопользования в Калининградской области. Так же они могут быть положены в основу разработки стратегий по расширению мониторинговой сети на предприятиях и объектах располагающихся на территории наиболее уязвимых ландшафтов и их рекультивации.

**Библиографический список**

Атлас Калининградской области. Калининград 2002

Белов Н.С. Оценка Геоэкологической ситуации в речных бассейнах Калининградской области с применением ГИС-технологий: дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2011.

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., 48.

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.

Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь / И.И.Дедю. – К.: Гл.ред.МСЭ, 1990. – 408 с.

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.

Доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2012 г.

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

Информация о ранжировании объектов накопленного экологического ущерба в Калининградской области. Государственное автономное учреждение Калининградской области «Экологический центр «Екат-Калининград», 2013.

Лазарева Н.Н. Новый подход к Физико-географическому районированию Калининградской области // Вестник БФУ им. И.Канта. 2013 Вып.7. С. 119-127

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

Перечень полигонов и свалок ТБО, определенных для приема коммунальных отходов, производимых в муниципальных образованиях Калининградской области, на 2013 год. Министерство Инфраструктуры Калининградской области.

Пиковская Ю.И., Геннадиева А.А. ГИС для оценки устойчивости почв к загрязнению техногенными углеводородами (на примере Калининградской области) Вестник Моск.Ун-та Сер.5. География 2004г №3 С. 18-24.

Приказ Росрыболовства от 10.12.2008 N 393 "Об утверждении Правил рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна.

Список организаций - недропользователей осуществляющих лицензированную добычу песчано-гравийного материала на территории Калининградской области. Министерство Инфраструктуры Калининградской области, 2013.

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

BurVal Working Group 2006. Groundwater Resources in Buried Valleys – a Challenge for Geosciences. Hannover 2006 ISBN -10: 3-00-020194-7.

Florian W.H. Smith, Enno P.H.Bregman Buried glacial valleys as drinking water reservoirs. Encore project 2013.

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