

На правах рукописи



Домнин Дмитрий Александрович

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ
ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)

26 ИЮЛ 2017

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук



Калининград – 2017

Работа выполнена в Атлантическом отделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

Научный руководитель: **Чубаренко Борис Валентинович**
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Кондратьев Сергей Алексеевич**
доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт озераедения Российской академии наук, заместитель директора

Данилов Владимир Анатольевич
кандидат географических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского», кафедра геоморфологии и геоэкологии географического факультета, доцент

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет»**

Защита диссертации состоится «13» сентября 2017 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.084.09 по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата и доктора наук при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» по адресу: 236022, г. Калининград, ул. Зоологическая, д. 2, ауд. 121, e-mail: tikuznetsova@kantiana.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Балтийского федерального университета им. И. Канта (г. Калининград, ул. Университетская, 2) и на сайте: <https://www.kantiana.ru/postgraduate/dis-list/209558/>.

Автореферат разослан «13» сентября 2017 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Татьяна Юрьевна Кузнецова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В 2007 г. был принят План действий ХЕЛКОМ (HELCOM BSAP, 2007) по защите окружающей среды Балтийского моря, предусматривающий в качестве решения проблемы эвтрофикации вод Балтийского моря (State and Evolution of the Baltic Sea, 2008) снижение биогенной нагрузки со стороны окружающих его стран. Согласно рекомендованным ХЕЛКОМ квотам (HELCOM Copenhagen..., 2013) Калининградской области необходимо снижение к 2021 году биогенной нагрузки с её территории на 50% по фосфору и на 25% по азоту от существующего уровня (HELCOM Summary report ..., 2013). В случае ввода очистных сооружений в основных населённых пунктах области этот план будет обеспечен всего на 50-70% (Домшин и др., 2015), а значит, требуется снижение биогенной нагрузки и на самой водосборной территории. Учитывая разрозненность в расположении малых поселений и объектов сельскохозяйственной инфраструктуры, выбор территорий для применения соответствующих мер не может быть сделан без бассейнового подхода (Водный кодекс, 2006), т.е. без сравнительной оценки условий и роли водосборов¹ рек области в формировании нагрузки по биогенным элементам на Балтийское море, чему и посвящена настоящая работа.

В предшествующих работах по оценке геоэкологической ситуации в Калининградской области (Шибасева, 1997, Белов, 2011, Нагорнова, 2012, Кесорских, 2015) и отдельных её районах (Шаглыгина, 2010) не затрагивался вопрос о сравнении вкладов поверхностных водосборов рек области в формирование суммарной биогенной нагрузки на Балтийское море и районировании с этой точки зрения её территории.

Объект исследования – система поверхностных водосборных бассейнов рек Калининградской области.

Предмет исследования – закономерности пространственной дифференциации современного геоэкологического состояния поверхностных водосборных бассейнов Калининградской области.

Цель исследования – геоэкологическая оценка современного состояния и районирование поверхностных водосборных бассейнов рек Калининградской области на основе системы индикаторов антропогенного воздействия и способности территории к самоочищению.

¹ Термины водосбор, водосборный бассейн, водосборная территория используются в работе как синонимы.

Задачи исследования:

1. Проанализировать структуру частных водосборов рек в пределах Калининградской области и подготовить принципиальную схему принадлежности частей поверхностных водосборных бассейнов (суб-бассейнов) соответствующим административным единицам Калининградской области, сформировать на этой основе геoinформационную систему для работы с исходными и интерпретируемые данными.

2. Разработать систему индикаторов для геоэкологической оценки состояния частных водосборов рек Калининградской области на основе отечественного и зарубежного опыта, согласующуюся с данными официальной статистики России регионального уровня.

3. Оценить современное геоэкологическое состояние частных водосборов рек Калининградской области и провести геоэкологическое районирование её территории на основе разработанной системы индикаторов.

Диссертация выполнена в соответствии с п. 1.17 **паспорта специальности 25.00.36 «Геоэкология»** (Науки о Земле), в ней дана геоэкологическая оценка территорий с применением методов геоэкологического картирования и статистического анализа пространственно-распределённых данных.

Теоретическая и методологическая база работы – результаты разработок российских и иностранных исследователей по проблемам водопользования, управления водными ресурсами (Данилов-Данильян, Хранович, 2009, 2010, Корытный, 2001, 2006, 2010, Косов, Иванов (1995), Михайлов с соавт., 1991, 2007, Никаноров, Емельянова, 2005, Наврузов, 2008), моделирования геосистем (Зотов, 1999, 2001, Кошдратьев 2003, 2007), по использованию систем индикаторов (Гогоберидзе, 2006, Есенин, 2004, Клевко, 2006, Кропинова, 2005, Лагтев, 2005, Мекуш, 2004, Музалевский, 2010, Leserauwaet с соавт., 2006, Manninen, 2002, Gilbert, 2008). В работе учтены методики бальной оценки и географического районирования (Дмитриев, 1999-2001, Дьяконов с соавт., 1996, Евдокимов, 2001, Исаченко, 1991, Макаров с соавт., 2002, Прокаев, 1983, Федина, 1981, Чумаченко, 1997, 2001).

Методы и инструменты исследования. Посредством геoinформационного картирования были выделены водосборы рек и их части, соответствующие административным единицам Калининградской области. Сформирована база пространственных данных, включающая исходную физико-географическую и

социо-экономическую информацию (2001-2015) и удельные (на единицу площади) значения индикаторов, характеризующих антропогенное воздействие, способности территории к самоочищению и транзиту биогенных элементов. Проведены расчёты соответствующих агрегированных индексов, на основании которых выполнено районирование территории, при этом применён кластерный анализ. Выполнена верификация по результатам расчетов на численных моделях НУРЕ (гидрологическое моделирование) и FyrisNP (моделирование биогенного стока).

В исследовании применялись методы: картографический, сравнительно-географический, математико-статистический, гидрологического моделирования, геоэкологического районирования. Использовались специализированные программные средства ESRI ArcGIS 10, Statistica 7.1.

Научная новизна:

1. Разработана методика интегральной оценки вклада частных водосборов рек Калининградской области в биогенную нагрузку на прибрежную зону Балтийского моря на основе данных официальной статистики и учёта трёх составляющих – антропогенной деятельности, способности водосборов к самоочищению и транзиту биогенных элементов.

2. Впервые проведено геоэкологическое районирование территории Калининградской области с учётом вкладов частных водосборов рек в биогенную нагрузку на прибрежную зону Балтийского моря:

- выявлена разница между частными водосборами Вислинского залива, Куршского залива и собственно Балтийского моря по удельной антропогенной нагрузке, способности к самоочищению и транзиту биогенных элементов;

- в пределах территории Калининградской области выделены 5 районов по степени благополучности с точки зрения биогенной нагрузки на Балтийское море и указаны, какие из них могут перейти в категорию благополучных и при каких условиях.

На защиту выносятся:

1. Методика интегральной оценки вклада частных водосборов рек Калининградской области в нагрузку по биогенным элементам на прибрежную зону Балтийского моря, основанная на использовании предложенной автором системы индикаторов и данных официальной статистики.

2. Схема бассейново-административного деления Калининградской области, иллюстрирующая структуру взаимного пересечения водосборов и административно-территориальных единиц.

3. Геоинформационная система, содержащая исходные данные для частных водосборов рек Калининградской области на основе информации 2001-2015 гг. и результаты применения предложенной индикаторной системы.

4. Результаты геоэкологического районирования Калининградской области по агрегированным индексам степени антропогенного воздействия, способностей водосборов к самоочищению и к транзиту биогенных элементов:

- среди частных водосборов Вислинского и Куршского заливов и собственно Балтийского моря наибольшая удельная антропогенная нагрузка и наилучшая транзитная способность характерна для водосбора Вислинского залива, частный водосбор Куршского залива характеризуется минимальной нагрузкой и максимальной способностью к самоочищению, а для частного водосбора рек, напрямую впадающих в Балтийское море, характерны наиболее сбалансированные значения всех оценочных индексов;

- на территории Калининградской области объективно выделяются 5 районов: неблагоприятный (1.2% территории Калининградской области), характеризующийся существенным антропогенным воздействием, слабой способностью к самоочищению и транзиту, требующий незамедлительного снижения нагрузки; благополучный (18%), подвергающийся слабой антропогенной нагрузке; три переходных района (~81%), для которых интегральное состояние по характеристикам антропогенной нагрузки и способности к самоочищению находятся на среднем уровне для рассматриваемой территории, и которые в случае снижения антропогенной нагрузки переходят в категорию благополучных.

Практическая ценность работы. Предложенная система индикаторов для интегральной оценки соотношения вкладов частных водосборов рек в биогенную нагрузку на прибрежную зону Балтийского моря может быть использована при формировании схем территориального развития отдельных муниципалитетов и Калининградской области в целом.

Полученные результаты распространялись на региональных совещаниях и конференциях (в Калининградской области), посвященных вопросам природопользования, природоохраны и управления в области водных ресурсов в виде

печатных изданий (Домнин, Чубаренко, 2007, Состояние..., 2009, Domnin, et al. 2015).

Анализ систем индикаторов состояния и развития прибрежной зоны, картосхемы бассейново-административного деления, результаты районирования Калининградской области внедрены при выполнении НИР «Разработка предложений по направлениям развития морских побережий России, обеспечивающих сохранение, реабилитацию и устойчивое использование их ресурсов, и пилотная апробация этих предложений на примере Калининградской области» (2009-2011, по заказу Минэкономразвития России, контракт № 1903-17-09, исп. – Российский государственный гидрометеорологический университет), НИР «Научное обеспечение мероприятий по формированию системы управления морским побережьем Калининградской области, улучшению его состояния и защите от негативного природного и антропогенного воздействия» (2012-2013, по заказу Минэкономразвития России, контракт № 1905-17-12, исп. – Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук), в текущей деятельности общественной организации «Экология и бизнес» (Санкт-Петербург) при формулировке рекомендаций по реализации «Плана действий ХЕЛКОМ по Балтийскому морю», при участии АО ИО РАН² в международных проектах «Индикаторы устойчивого развития для комплексного управления прибрежной зоной в Юго-Восточной Балтике (SDI-4-SEB, 2006/131-758)» и «Российский компонент стратегии развития Еврорегиона «Балтика» (Seagull RC, INTERREG IIIВ)».

Личный вклад автора. Автор выполнял сбор и подготовку исходной информации, формирование базы пространственных данных, разработку методики, расчёты, графические построения, картографирование, осуществлял анализ и обобщение результатов. Все научные и прикладные результаты диссертации получены автором лично.

Фактический материал. Данные территориального органа Федеральной службы статистики по Калининградской области, полученные по запросу автора, фондовые материалы АО ИО РАН, картографический материал, подготовленный автором путём компьютерной обработки открытых литературных источников и данных дистанционного зондирования (GLCF, SRTM).

Апробация работы. Основные результаты исследования по теме диссертации докладывались на российских и международных конференциях в период

² - Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Калининград

2006 – 2016 гг. (см. список публикаций), на расширенных семинарах кафедр комплексного управления прибрежной зоной и прикладной экологии РГГМУ³ (в 2010, 2011, 2012, 2015 гг.) и регулярно на семинарах лаборатории прибрежных систем АО ИО РАН. По теме диссертации опубликовано 24 работы, включая 5 в изданиях, рекомендованных ВАК, 7 - в коллективных монографиях, 8 работ подготовлены на английском языке и доступны зарубежному читателю.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Основное содержание работы изложено на 142 страницах, включает 61 рисунок, 17 таблиц. Список использованных материалов включает 172 источника, в том числе 46 на иностранных языках.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н. Б.В. Чубаренко за поддержку идей, советы и конструктивную критику, а также д.э.н. Г.Г. Гогоберидзе, д.г.-м.н. Е.В.Краснову, д.ф.-м.н. В.А. Гриценко, коллективу лаборатории прибрежных систем АО ИО РАН (г. Калининград) и коллегам из РГГМУ (г.Санкт-Петербург), Института прибрежных исследований и планирования (г. Клайпеда, Литва) и Морского института (г. Гданьск, Польша). Отдельное спасибо – родным и близким за придание уверенности и поддержку в написании работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Индикаторный подход для исследования территорий. Речные водосборные бассейны как природно-территориальные комплексы, играют особую роль в структуре биосферы и служат основополагающими объектами комплексных исследований суши (Корытный, 2001, 2006, 2010, Земцов, 2001, Шварцев, 1995, Уайт, 1994, Newson, 1998, Auger, 1999, Khan, 1999, The Fraser Basin, 1997).

В работе выполнен обзор различных систем индикаторов (Гогоберидзе, 2008, Кропинова, 2005, Лаптев, 2005, Мекуш, 2004, Методические указания, 2007, Музалевский, 2010, Environment, 2003, Focus on..., 2006, Gosselin, 1993, HELCOM, 2011, Indicators Guidelines, 2007, Lescauwact, 2006, Manninen, 2002, Maryland, Progress, 1997, State of the Coast, 2008, Sustainable Development, 1997,

³ - Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург

Watershed Indicators, WDI, 2008). Выявлено, что хотя количество используемых индикаторов различно и их набор определяется целями использования индикаторной системы, в рамках любой системы индикаторы подбираются так, чтобы охарактеризовать три основные сферы: природную, социальную и экономическую. Рассмотренные системы индикаторов подразделяются по охвату территории (общемировые, государственные, региональные, местные), по направлениям анализа (комплексны и отраслевые), по количеству включённых индикаторов (до 10, 10-30, 31-850), по частоте обновления информации (ретроспективные, моментальные, продолжающиеся).

Только в трёх (Россия, США) из рассмотренных 19 систем индикаторов используется деление территории на водосборы. Непосредственное применение методик (Maryland, Watershed Indicators) для Калининградской области невозможно по причинам несопоставимости по параметрам официальной статистики. Прямое применение российской методики (Методические указания, 2007), состоящей из 40 индикаторов и нацеленной на оценку состояния самой территории водосбора, невозможно, т.к. в работе стоит другая задача – оценить влияния водосбора на приёмный водоём. Девять индикаторов этой системы были отобраны для включения в предложенную в диссертационной работе индикаторную систему: *«Заболоченность»*, *«Озёрность»*, *«Густота речной сети»*, *«Модуль стока»*, *«Лесистость»*, *«Использование удобрений»*, *«Водопотребление»*, *«Сброс сточных вод»*, *«ООПТ»*. Из систем индикаторов для устойчивого сельского хозяйства (Sustainable Development, 1997) и оценки водосборов (Maryland, Progress, 1997) были отобраны индикаторы *«Внесение ... удобрений»* и *«Нагрузка питательных веществ...»* соответственно. Индикаторы: *«Доля застроенных земель»*, *«Площадь природных ... биотопов»* были отобраны из системы индикаторов европейской комиссии по данным (State of the Coast, 2008). Методики расчётов каждого из перечисленных индикаторов были адаптированы (глава 3) для водосборных бассейнов.

Глава 2. Система водосборных бассейнов рек Калининградской области. В главе обсуждается пространственная взаимосвязь между частными водосборами рек и административно-территориальными единицами Калининградской области и сопредельных с ней территорий Литвы и Польши. Проведённый анализ литературных данных о площадях водосборов, показал, что они разнятся

между собой на 10-15%. Для единообразной оценки в настоящей работе границы водосборов и административных единиц были выделены с использованием инструментов ГИС на основе общегеографических карт и спутниковых снимков.

Водосборы рек делятся не только государственными границами, но и границами отдельных муниципалитетов внутри национальных единиц. Для каждого водосбора составлены схемы, иллюстрирующие положение административных единиц (полностью или частично находящихся на территории водосбора) по отношению к водотоку в пределах водосбора, а для каждой административной единицы составлена схема, части каких водосборных бассейнов (суб-бассейны) составляют её территорию.

Общее количество административных образований Калининградской области, Литвы и Польши в пределах принятых трансграничных речных бассейнов – 101. При этом ни одна из границ между административными образованиями не была проведена строго в соответствии с бассейновым принципом.

Любой из водосборов рек Калининградской области принадлежит не менее чем к 2 административным образованиям, а максимальное число административных образований в границах одного речного бассейна может достигать до 14. В то же время, любая административная единица включает от 1 до 8 частей разных речных бассейнов. Такая пёстрая структура в пространственном расположении речных бассейнов и административных образований создает дополнительные трудности в управлении качеством вод речных систем.

Полученное бассейново-административное деление является самостоятельным результатом, а также используется в работе как основа методики перерасчёта данных государственного статистического анализа, выполняемого только для муниципальных образований, на речные водосборы при индикаторной оценке водосборов рек Калининградской области.

Глава 3. Индикаторы геоэкологической оценки состояния водосборных бассейнов Калининградской области. Проведено обоснование и дано описание системы индикаторов для геоэкологической оценки водосборов, выполнены количественные оценки величин индикаторов, проведено их сравнение для различных водосборов, дано описание геоинформационной системы, объединившей исходные данные и результаты применения предложенной индикаторной системы.

В работе предложена система геоэкологической оценки состояния и воздействия территорий водосборных бассейнов из 15 индикаторов (Таблица 1), опирающаяся на данные официальной статистики РФ и сопряжённая с системами индикаторов, используемыми в России и странах ЕС. Индикаторы сгруппированы в три агрегированных индекса (антропогенного воздействия, способности территории к самоочищению и транзиту загрязнений по системе поверхностных водотоков).

Индекс антропогенной нагрузки включает индикаторы, характеризующие внесение биогенных элементов как напрямую, при сбросе сточных вод, так и опосредованно, при внесении удобрений на территорию водосборного бассейна. Индекс способности территории к самоочищению содержит индикаторы, описывающие возможность восстановления существующих природных биотопов. Индекс транзитной способности, характеризующий как очищение территории путём выноса загрязняющих веществ речной системой, так и воздействие, передаваемое вниз по водосборному каскаду, содержит индикаторы, описывающие модуль стока, густоту речной сети, проточность территории и время руслового добегания.

Таблица 1. Система индикаторов геоэкологической оценки водосборных бассейнов Калининградской области.

Индекс	Индикатор
Антропогенная нагрузка	1.1 Доля застроенных земель
	1.2 Нагрузка биогенных веществ в результате естественной жизнедеятельности населения
	1.3 Нагрузка биогенных веществ в результате деятельности животноводства
	1.4 Внесение минеральных и органических удобрений
	1.5 Сброс неочищенных сточных вод
Способность территории к самоочищению	2.1 Площадь природных и частично-природных биотопов
	2.2 Существующие и перспективные ООПТ
	2.3 Лесистость
	2.4 Заболоченность
	2.5 Озёрность
	2.6 Способность к самоочищению в зависимости от дренирующих свойств почв
Транзитная способность территории	3.1 Время руслового добегания вод
	3.2 Проточность
	3.3 Модуль стока
	3.4 Густота речной сети

Сравнительный анализ количественных величин индикаторов выявил следующие пространственные особенности для водосборов рек Калининградской области.

Самая высокая степень застроенности (инд. 1.1), более 14%, характерна для частных водосборов рек, напрямую впадающих в Балтийское море, что в 3 раза превышает аналогичную характеристику для рек, впадающих в Куршский (4.5%) и Вислинский (5.6%) заливы. Количество сбросов биогенных веществ (инд. 1.2, 1.3) для всех водосборов области колеблется в диапазоне 0.1-13 т/год/км², максимальное значение приходится на водосбор Калининградского отводного канала. Самое большое количество удобрений (инд. 1.4) внесено на территории водосборов юго-восточной части области (более 50 тонн/год/км²), а наименьшее – на водосборы западной части области (до 3 тонн/год/км²). По объёму сточных вод (инд. 1.5) (кроме отводного канала с объёмом сброса 300 тыс.м³/км²) выделяется водосбор материковой части Вислинской косы, объём сброса которого составляет 24 тыс.м³/км², что в 9 раз выше средних для всех прочих бассейнов.

Частично-природными биотопами (инд. 2.1) занято 70% водосборов рек Мамоновки, Прохладной, Лавы, дельты р. Немана, а также Куршской и Вислинской кос. Низкая степень охвата территории природными биотопами (менее 25%) характерна для частных водосборов рек Анграны, Тьльжи, а также северного побережья Самбийского полуострова. Наибольший процент охвата территории ООП⁴ (инд. 2.2) – более 50% – приходится на водосбор рек, впадающих непосредственно в Балтийское море, на долю водосборов рек Куршского и Вислинского заливов приходится всего 11% и 4%. Наибольшая лесистость области (инд. 2.3) (более 50%) отмечается на Куршской и Вислинской косах, а самая низкая – менее 10% – в бассейне р. Тьльжи. Заболоченность (инд. 2.4) водосборов рек Куршского залива 13%, что в 4 раза выше, чем для рек водосбора Вислинского залива, и в 11 раз выше, чем для водосбора рек, впадающих непосредственно в Балтийское море. Наибольшая озёрность (инд. 2.5) (1.2%) характерна для бассейнов рек Балтийского моря, а для рек бассейна Куршского залива она в 3 раза ниже и составляет 0.4%; водосбор Вислинского залива характеризуется значением 0.8%. Способность территории к самоочищению в зависимости от дренирующих свойств почв (инд. 2.6) определена исходя из её механического состава. Максимальными значениями характеризуются водосборы рек Лавы, Го-

⁴ ООПТ – особо охраняемая природная территория

лубой, Инструча, Дунайки и Мордовки (более 21 единицы). Минимальные значения не превышают 11 – в бассейнах рек Приморской, Нельмы, Калининградского отводного канала, дельты Немана и на песчаных косах.

Время руслового добегания вод (инд. 3.1) колеблется в зависимости от гидрологического периода. С самых удаленных частей водосборов в период весеннего половодья вода стекает менее чем за 6 суток, в период межени – за 2 недели, а при среднемноголетней величине стока – за 8 дней. С приморских участков рек до устья вода доходит за 1-3 суток. Значения индикатора проточности (инд. 3.2) (время прохождения воды через водосбор) для водосборов рек Вислинского залива в 2 раза выше по сравнению с другими, и составляет 43 км²/час. Модуль стока (инд. 3.3) колеблется от 4.8 (для территорий Вислинской и Куршской кос) до 7.5 л/с*км² (частный водосбор реки Нельмы). Среднее значение густоты речной сети (инд. 3.4) – 2 км/км². Благодаря множеству искусственных каналов наибольшие показатели (более 2 км/км²) свойственны измененному юго-восточному побережью Куршского залива. Постоянная сеть практически отсутствует на песчаных косах, где этот показатель менее 0.5 км/км².

Для структурирования информации, визуализации и пространственного анализа данных была разработана геоинформационная система, содержащая базовую пространственно-статистическую информацию о водосборах и административных единицах, тематическую информацию, а также информацию, полученную на основании расчётов индикаторов и вычисления индексов. Единицей описания пространственной информацией является водосбор. Исходные пространственные данные задавались на масштабе 1:200000. Слои для каждого параметра имеют схожую атрибутивную структуру и включают: численные коды водосборов, их буквенные обозначения, названия, принимающий водоём, площадь территории, абсолютные значения параметров, значения параметров при пересчёте на единицу площади для каждого водосбора. Временной охват 2001-2015 гг., имеется возможность обновления с учётом новых временных срезов.

Глава 4. Геоэкологическое районирование водосборных бассейнов Калининградской области. Выявлены пространственные различия между водосборами рек, впадающих в Вислинский и Куршский заливы и непосредственно в акваторию Балтийского моря, проведено районирование водосборных бассейнов рек Калининградской области.

Индикаторы описываются параметрами разной размерности (км/км², %, м³/с и т.д.). Для совместной статистической обработки значения индикаторов

были приведены к относительным величинам в диапазоне от 0 до 1, где «0» соответствует отсутствию признака, а «1» – его максимальному проявлению. Для анализа степени независимости индикаторов рассчитывалась корреляционная связь между рядами их значений. Оказалось, что в большинстве случаев, корреляция слабая, что подтверждает разносторонний подход к формированию индикаторной системы. Однако, в нескольких парах индикаторов обнаружилась взаимосвязь с коэффициентом корреляции более 0.7, что было обусловлено наличием экстремально высоких значений. При дальнейшем расчёте индексов было исключено по одному индикатору из каждой такой пары, в итоге, для каждого индекса было использовано по 4 индикатора.

Методика расчёта трех агрегированных индексов (антропогенного воздействия, способности территории к самоочищению и транзитной способности) для каждого водосбора основывается на балльном методе (Дмитриев, 2001, Макаров и др., 2002), который заключается в вычислении арифметической суммы значений безразмерных параметров индикаторов, входящих в индекс. В итоге, каждому водосбору присваивается абсолютное значение агрегированного индекса в диапазоне от 0 до 4.

Районирование по значениям индекса проводилось поэтапно. На первом этапе водосборы были разделены на группы согласно ранжированию по диапазонам значений агрегированных индексов (выделение типологических районов, отмечены цветом на рисунках), на втором – эти районы были объединены в ареалы (региональное районирование, выделены штриховкой на рисунках), представляющие таксономические единицы более высокого порядка.

По индексу антропогенного воздействия на территории Калининградской области выделено два крупных района (значение индекса в диапазоне от 0.1 до 2, значение увеличивается в сторону большей нагрузки), состоящие из территориально несвязанных подрайонов (Рисунок 1).

Район А имеет наибольшие значения индекса (т.е. подвергается наибольшему воздействию) и включает практически все крупные водосборы рек Калининградского/Вислинского залива (индекс от 0.8 до 2.0) и дельту реки Неман (индекс 0.8). При этом максимум (равный 2) характерен водосбору реки Анграпы. Для водосборов района Б значения индекса колеблются от 0.1 до 0.7. Минимальная антропогенная нагрузка оказывается на песчаные косы и на частный водосбор реки Мамоновки (индекс менее 0.25).

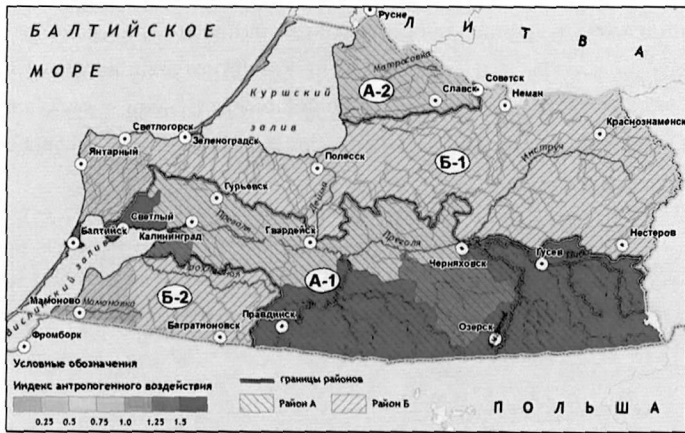


Рисунок 1 – Распределение значений индекса антропогенного воздействия и выделение районов (А – максимальное воздействие, Б – среднее воздействие).

По значениям индекса способности к самоочищению (диапазон значений 0.9-3.1, увеличение соответствует большему очищению) выделено три района, из которых один район состоит из двух территориально не связанных частей А-1 и А-2 (Рисунок 2). Район А обладает наилучшей способностью к самоочищению (значения 2.1-3.1). Район Б занимает большую территорию области (значения 1.0-1.9). Для района В, объединяющего водосборы в западной части области, характерны наименьшие значения индекса (от 0.9 до 1.6).

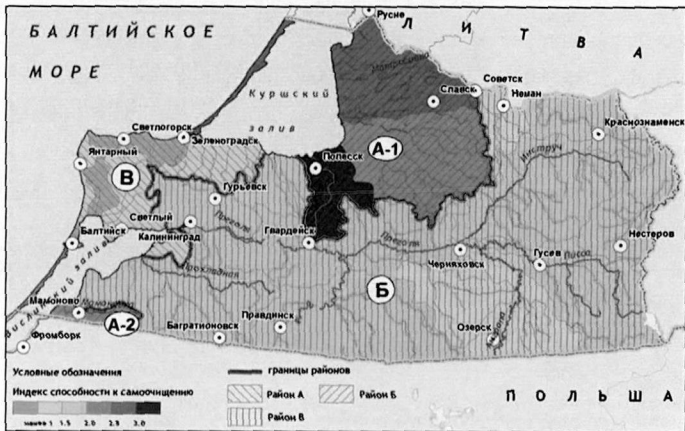


Рисунок 2 – Распределение значений индекса способности территории к самоочищению и выделение районов (А – наибольшая, Б – средняя, В – наименьшая способности).

По индексу транзитной способности (диапазон значений индекса 1.3-2.9), территория области разделена на два района (Рисунок 3) в порядке убывания этой способности и, соответственно, значений индекса. Район А характеризуется большей удельной транзитной способностью (значения 2.1-2.9). Водосборы района Б имеют значения индексов от 0.9 до 2.3.

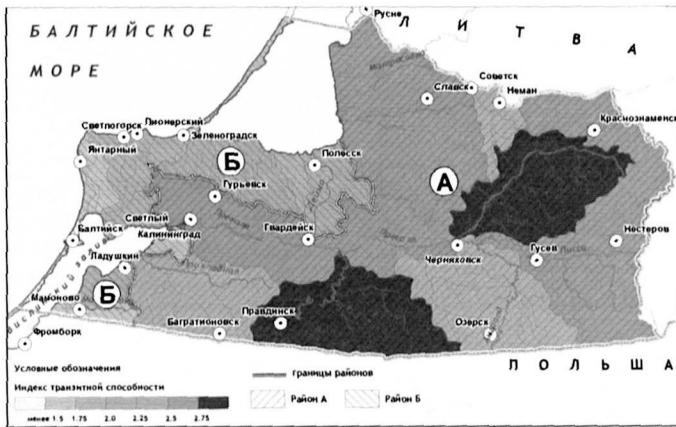


Рисунок 3 – Распределение значений индексов транзитной способности территорий и выделение районов (А – максимальная, Б – средняя способность).

Для верификации методики количественной оценки значений индексов, проведено сравнение с результатами численного моделирования. В работе (Domnin et al., 2015; Hessea et al, 2015), были проведены модельные расчёты поступления, удержания и выноса биогенов частными водосборами рек Мамоновки, Приморской и Инструч. Водосборы этих рек (в отличие от остальных рассматриваемых в работе водосборов) полностью лежат в пределах Калининградской области, и, поэтому, могут быть исчерпывающе описаны численной моделью. Районирование водосборов этих рек по стоку биогенов и их удержанию, полученное по модельным результатам, полностью подтвердило районирование по индексу антропогенной нагрузки и способности территории к самоочищению соответственно.

В качестве следующего шага обобщения и проведения комплексного районирования по всей совокупности информации был применён кластерный анализ на основе данных по всему набору индикаторов. Кластеризация проведена по нормированным значениям индикаторов двумя методами. Использование ме-

тогда иерархической кластеризации по всему набору индикаторов позволило сгруппировать водосборы в четыре кластера. При этом, евклидово расстояние, полученное для каждого кластера, изменялось в диапазоне 0.6-1.3. В процессе расчёта методом k-средних с заранее заданным количеством центров (4 центра по результатам предыдущего метода) варьировались условия минимизации суммарного квадратичного отклонения точек кластеров от их центров. Водосборы не всегда остаются в одном кластере, а при смене метода и условий могут «перемещаться» в другие. В ходе анализа результатов кластеризации выяснилось, что необходимо выделить пятый кластер с особо высокой степенью биогенной нагрузки.

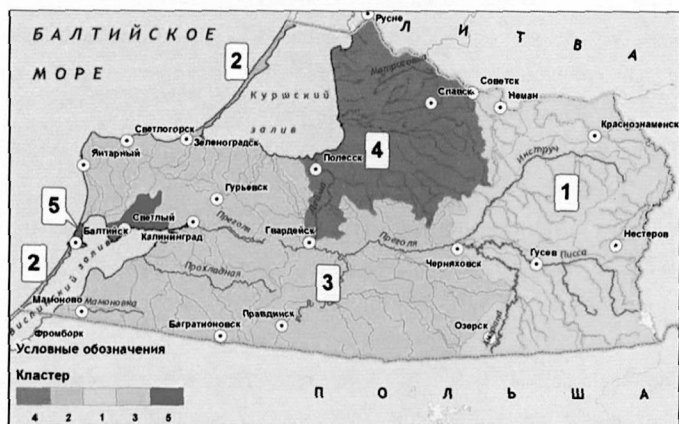


Рисунок 4 – Результат комплексного районирования - водосборные бассейны рек Калининградской области, объединенные в районы по результатам применения кластерного анализа (1 и 5 – наиболее «благополучный и «неблагополучный» районы, 2, 3, 4 – районы со средним уровнем антропогенной нагрузки и способности к самоочищению).

В результате, интегрально, в Калининградской области выделено 5 районов (Рисунок 4), характеризующихся на основе индексного анализа как: «неблагополучный» (1.2% территории, номер 5 на рисунке 4) с существенным антропогенным воздействием, слабыми способностями к самоочищению и транзиту, требующий незамедлительного снижения нагрузки; «благополучный» (18% территории, номер 1 на рисунке 4), подвергающийся слабой антропогенной нагрузке; три «переходных» района (81% номера 2, 3, 4 на рисунке 4), для которых интегральное состояние по характеристикам антропогенной нагрузки и способно-

сти к самоочищению находятся на среднем уровне. Именно для этих районов принятие мер по снижению нагрузки и увеличению удержания биогенных элементов является наиболее эффективным и может перевести их в категорию «благополучных».

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Наиболее принципиальные обобщения и выводы сформулированы в следующем виде.

1. На основе анализа отечественного и зарубежного опыта геоэкологической оценки состояния территорий разработана система из 15 индикаторов, опирающаяся на данные официальной статистики РФ и сопряжённая с системами индикаторов, используемыми в России и странах ЕС. Индикаторы объединены в 3 индекса - антропогенного воздействия, способности территорий к самоочищению и транзиту биогенных веществ.

2. Полученное в работе бассейново-административное деление водосборов в пределах Калининградской области иллюстрирует существующую ситуацию несоответствия их границ и многовариантное пересечение площадей единиц природного (водосборы) и административного (муниципалитеты) деления территории Калининградской области. Ни одна из границ между административными образованиями не была проведена строго в соответствии с бассейновым принципом. Любой из речных бассейнов в пределах Калининградской области принадлежит не менее чем к 2 административным образованиям, а максимальное число административных единиц в границах одного речного бассейна может достигать до 14. В то же время любая административная единица включает от 1 до 8 частей разных речных бассейнов. Это деление является основой для пересчёта статистических данных, собираемых на уровне муниципальных образований, на уровень частных водосборов рек Калининградской области.

3. Сформирована геoinформационная система для водосборных бассейнов Калининградской области, включающая исходную физико-географическую и социально-экономическую информацию (временной охват 2001-2015) и результаты применения предложенной индикаторной системы в виде удельных характеристик (в пересчёте на единицу площади) для количественного описания антропогенного воздействия, способности территории к самоочищению и транзит-

ной способности водосборов. Система имеет возможность обновления с учётом новых временных срезов.

4. Введение количественных индексов (антропогенного воздействия, способности территории к самоочищению и транзиту биогенных веществ) и их нормировка обеспечили возможность сравнения отдельных групп частных водосборов в пределах территории Калининградской области. По индексу антропогенной нагрузки водосборы рек, впадающих в Вислинский залив и непосредственно в Балтийское море, схожи, индекс нагрузки для них в 1.5 раза превосходит аналогичный для водосборов рек Куршского залива. Водосборы рек, впадающих в Куршский залив, обладают самой большой способностью к самоочищению (значение соответствующего индекса на треть больше, чем для водосборов Балтийского моря и Вислинского залива). Водосборы рек, падающих в Балтийское море, обладают более низкой транзитной способностью, в сравнении с водосборами рек, падающих в заливы (значение соответствующего индекса в 1.6 и 1.8 раз ниже, чем для Куршского и Вислинского заливов). Исходя из того, что наибольшая степень антропогенной нагрузки приходится на водосборы рек Вислинского залива, где проживает подавляющее большинство населения Калининградской области, а степень самоочищения вод не высока, именно для них должны быть разработаны организационные меры по снижению биогенной нагрузки.

5. Предложенная в работе методика геоэкологического районирования, позволила дифференцировать территорию Калининградской области и получить набор интегрированных карт распределения значений соответствующих индексов. По индексу антропогенной нагрузки (условное значение изменяется от 0.1 до 2, значение увеличивается в сторону большей нагрузки) территория области делится на 2 зоны, по индексу способности территории к самоочищению (условное значение изменяется в пределах 0.9-3.1 увеличение соответствует большему очищению) статистически достоверно выделено 3 зоны, а по индексу транзитной способности область разделена на 2 зоны, значения изменяются от 1.3 до 2.9.

6. Методика районирования водосборов по индексу антропогенной нагрузки и способности территории к самоочищению была успешно верифицирована на результатах районирования водосборов по выносу биогенов и их удержанию, выполненных в ходе численного моделирования стока биогенных элементов с частных водосборов рек Мамоновки, Приморской и Инструча.

7. Интегральное рассмотрение всех индексов одновременно и результаты кластерного анализа позволили выделить на территории Калининградской области 5 районов: «неблагополучный» район (1.2% территории), с существенным антропогенным воздействием, слабой способностью к самоочищению и транзиту, требующий незамедлительного снижения нагрузки; «благополучный» район (18% территории), подвергающийся слабой нагрузке; три «переходных» района (81% территории), для которых интегральное состояние по характеристикам антропогенной нагрузки и способности к самоочищению находятся на среднем уровне, и которые при принятии мер по снижению нагрузки могут перейти в категорию «благополучных».

Основные публикации по теме диссертационной работы

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Чубаренко Б.В., Домнин Д.А. Зонирование водосборов Вислинского и Куршского заливов (в пределах Калининградской области) по времени добегания речных вод // Естественные и технические науки, 2011. №2. С. 333-341.
2. Домнин Д.А., Чубаренко Б.В. Трансграничные водосборы Юго-восточной Балтики // География и природные ресурсы, 2012. №3. С. 69-76.
3. Домнин Д.А. Геоинформационная система для индикаторов геоэкологической оценки состояния водосборных бассейнов Калининградской области // Естественные и технические науки, 2014. №11-12. С. 193-198.
4. Домнин Д.А., Чубаренко Б.В. Методика разработки атласа трансграничного водосборного бассейна Вислинского залива // Естественные и технические науки, 2015. №6. С. 254-259.
5. Домнин Д.А. Геоэкологическое районирование водосборных бассейнов Калининградской области с использованием индикаторного подхода и кластерного анализа // Перспективы науки, 2015. №11(74). С.161-167.

В прочих научных изданиях:

1. Домнин Д.А., Чубаренко Б.В. Геоинформационный анализ взаимного расположения речных бассейнов и административных единиц Калининградской области // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический

- опыт: Материалы Международной конференции. Калининград – Берлин 25-31 августа 2006 г. В 2 т. Калининград: 2006. Т.1. С. 194-198.
2. Чубаренко Б.В. Домнин Д.А. Научно-информационные основы применения подходов бассейнового управления для Калининградской области // Труды международного семинара «Водное хозяйство в сельских населенных пунктах, система бассейнового управления водными ресурсами», Калининград: Калинингр. гос. тех. у-т, 2006. С. 124-131.
 3. Домнин Д.А., Чубаренко Б.В. Атлас трансграничных речных бассейнов Калининградской области. Калининград: Terra Baltica, 2007. 36 с. ISBN: 978-5-98777-014-6.
 4. Chubarenko B., Domnin D. GIS analysis of Sustainable Development Indicators for Coastal Watersheds in the South-Eastern Baltic // Sustainable Use and Development of Watersheds. / E.Gonenc, A.Vadineanu, J.Wolflin, R. Russo (Eds.). The Netherlands: Springer, 2008. P. 355-368. ISBN 978-1-4020-8558-1
 5. Chubarenko B., Domnin D. International and Inner Transboundary River Basins in the Kaliningrad Oblast, South-Eastern Baltic // Integrated Water Management: Practical Experiences and Case Study / Meire, P., Coenen, M., Lombardo, C., Robba, M., Sacile, R. (Eds.). Springer, 2008. P. 309-321.
 6. Домнин Д.А. Разработка пространственной базы данных индикаторов устойчивого развития для комплексного управления прибрежной зоной // ИнтерКарто – ИнтерГИС 14: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы Международной конференции, Саратов-Урумчи, 24-26 июня 2008 г. Саратов, 2008. т.1. С. 142-148.
 7. Домнин Д.А., Чубаренко Б.В. Оценка динамики развития, охраны и использования природных ресурсов береговой зоны Балтийского моря на основе индикаторного подхода SDI-4-SEB // Эколого-правовые проблемы сотрудничества стран Балтийского региона: Материалы международной научно-практической конференции. 7 декабря 2007 г. Калининград: Калининградский юридический институт МВД России, 2008. 46-54 С.
 8. Domnin D., Chubarenko B. Watershed and administrative division of Kaliningrad Oblast / Transboundary waters and basins in the South-East Baltic. / B. Chubarenko (Ed.). Kaliningrad: Terra Baltica, 2008. P. 22-36. ISBN 978-5-98777-031-3.
 9. Состояние прибрежной зоны Юго-восточной Балтики: индикаторная оценка устойчивости развития прибрежных территорий Юго-восточной части Бал-

- тийского моря / Под. ред. К. Гильберта. Гданьск: Drukarnia WL, 2009. 169 с. ISBN: 978-83-85780-90-8 (авторы: Багданавичуте И., Блажаускас Н., Бжежинска А., Висакавичус Е., Гаевский Ю., Гульбинскас С., Дайлидиене И., Домнин Д., Калас М., Матчак М., Микеленайте Ю., Милерниене Р., Рыбка К., Сташкевич А., Ставицка И., Шефлер К., Цесляк А., Чубаренко Б.).
10. Domnin D. Hydrological processes of transboundary catchment areas in the research on the relationship with coastal zone: modeling and spatial analysis // Proceedings of the 2nd International Conference (school) on Dynamics of Coastal Zone of Non-Tidal Seas. Baltiysk (Kaliningrad Oblast), 26-30 June 2010. / В. Chubarenko (Ed.). Kaliningrad: Terra Baltica, 2010. P. 177-182. ISBN 978-5-98777-045-0
11. Домнин Д.А. Индикаторная оценка влияния антропогенной нагрузки водосборных бассейнов на прибрежную зону Калининградской области // Морские берега – эволюция, экология, экономика: Материалы XXIV Международной береговой конференции / Л.А. Жиндарев (отв. редактор), Ю.А. Леднова (зам. отв. редактора), Г.Г. Гогобердзе, Е.А. Яйли, М.С. Аракелов, С.А. Мерзаканов. Краснодар: Издательский дом – Юг, 2012. Т.2. С. 33-36.
12. Глѣза И.Л., Белов Н.С., Домнин Д.А., Шапльгина Т.В., Гриценко В.А. Геоинформационная система «Калининградская область» как интегрирующая среда результатов комплексного изучения прибрежных процессов / Основные концепции современного берегопользования. - Монография. СПб.: РГМУ, 2012. т. IV. С. 233-246. ISBN 978-5-86813-247-6.
13. Домнин Д.А., Соколов А.Н. Моделирование речного стока с территории водосборного бассейна Вислинского залива и залива солоноватых вод в устье реки Преголи // Известия Калининградского государственного технического университета, 2014. №35. С. 11-20.
14. Горбунова Ю.А., Домнин Д.А., Чубаренко Б.В. Анализ сценариев развития агропромышленного сектора в водосборном бассейне реки Преголи как определяющего фактора биотенной нагрузки // Известия Калининградского государственного технического университета, 2015. №39. С. 11-19.
15. Hessea C., Krysanova V., Stefanova A., Bieleckab M., Domnin D. Assessment of climate change impacts on water quantity and quality of the multi-river Vistula Lagoon catchment // Hydrological Sciences Journal. 2015. Vol. 60. Issue 5. P. 890-911.

16. Чубаренко Б.В., Есюкова Е.Е., Домнин Д.А., Лейцина Л.В. Оценка влияния возможных изменений климата на Вислинский залив (Балтийское море) и его водосборный бассейн. // Процессы в геосредах. 2015. № 1 (1). С. 113-121.
17. Domnin D., Chubarenko, B., Lewandowski A. Vistula Lagoon Catchment: Atlas of water use. Moscow: Exlibris Press, 2015. 106 p. ISBN 978-5-9900699-4-7.
18. Domnin D., Chubarenko B., Capell R. Mathematical modeling of nutrient loading from small catchments of the Vistula Lagoon // Proceedings of International Conference "Managing risks to coastal regions and communities in a changing world" (EMECs'11 - SeaCoasts XXVI), August 22-27, St Petersburg, Russia, 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://emecs-sc2016.editorum.ru/ru/nauka/conference_article/203/view# (дата обращения 30.04.2017)
19. Chubarenko B., Domnin D., Navrotskaya S., Stont Zh., Chechko V., Bobykina V., Pilipchuk V., Karmanov K., Domnina A., Bukanova T., Topchaya V., Kilesa A. Transboundary Lagoons of the Baltic Sea. // The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence. / K. Kosyan (Ed.). Springer, 2017. P. 149-190. ISBN 978-3-319-43392-9.

Домнин Дмитрий Александрович

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ
ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Подписано в печать 19.06.2017. Формат 60×90 1/16
Бумага для множительных аппаратов. Ризограф. Усл. печ. л. 1,3
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 142

Отпечатано в типографии
Издательства Балтийского федерального университета им. И. Канта
236022, г. Калининград, Гайдара, 6