

# **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРНО – ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИЕРАРХИИ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Болотова Н.Л.**

**ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный педагогический университет»,  
Вологда, Россия**

Выполнение проекта «Комплексное пространственно-временное моделирование трансформации водосборов таежной зоны на основе ГИС-технологий» позволяет в рамках единой технологии интегрировать разные направления исследований территории Вологодской области. Это определяется общим методологическим подходом изучения территории как целостного пространства с учетом структурно-функциональной иерархии природных систем. В круг концептуальных задач входило выстраивание структуры исследований с позиций иерархических уровней, выделение на каждом из них объектов и процессов, которые соответствуют требованиям ключевых и модельных, а также выявление адекватного комплекса индикаторов трансформации территории. Предложенные алгоритмы оценки пространственной и временной трансформации ключевых водосборов на основе биоиндикации дают возможность моделирования динамики их ресурсного потенциала и разработки региональных сценариев прогноза трансформации таежной зоны.

Следует отметить специфичность территории Вологодской области, маргинальной по отношению к подзонам северной и южной тайги и к трем крупнейшим бассейнам стока Евразии. Поэтому бассейн стока выделен как высший структурный уровень для анализа водосборов. Картирование бассейнов стока на территории Вологодской области представляет фоновый слой в рамках поставленной задачи – создания иерархии слоев ГИС, соответствующих пространственно-временной картине трансформации территории по индикационным показателям разного уровня.

Следующим иерархическим уровнем анализа пространственной картины территории послужили водосборы. Систематизация материалов по разнообразию и типизации водоемов и водотоков в ГИС-формате лежит в основе разработки электронных слоев в рамках направления, связанного с исследованиями пространственно-структурной организации гидрографической сети Вологодской области на основе бассейнового и ландшафтного районирования региона. В частности создание слоев ГИС по озерности ландшафтов дало возможность уточнить количество малых водоемов, озерность отдельных участков, провести анализ распространения озер по ландшафтным районам в связи историей формирования территории и спецификой ландшафтов [Лобуничева, Борисов, 2012]. Выделение в трех бассейнах стока ключевых водосборов позволило перейти к следующему уровню пространственно-временного моделирования оценки состояния территории. Определено 5 «ключевых» водосборов, принадлежащих к разным бассейнам стока (Белого, Балтийского и Каспийского морей), расположенных в двух подзонах тайги и испытывающие разную антропогенную нагрузку. Это водосборы крупных рыбопромысловых озер (Воже, Кубенское, Белое, Онежское) и наиболее крупной реки Сухоны, бассейн которой занимает 2/3 территории Вологодской области. Показано, что состояние ключевых водосборов, имеющих высокое ландшафтное и биологическое разнообразие, отражает изменение территории в целом [Антропогенные сукцессии..., 2007]. Следовательно, на выбранных «ключевых» водосборах возможно выделение модельных полигонов для изучения выраженных трендов антропогенных сукцессий, включая их общие и специфические черты. Для оценки антропогенной трансформации водосборных бассейнов используются показатели их освоенности, с учетом пространственного размещения населенных пунктов, численности населения, специфики

хозяйственного использования. Сельскохозяйственное освоение территории является одним из основных направлений преобразования таежных водосборов, и созданные слои ГИС по оценке их антропогенной трансформации в разных ландшафтах позволили выявить значение влияния характера гидрографической сети ландшафта, его структурированности и природных особенностей на состояние экосистем озер [Борисов, Лобуничева, 2012]. При этом модельными полигонами были выбраны водосборы двух малых озер, которые как накапливающие элементы ландшафтов, наиболее адекватно отражают зависимость последствий антропогенного воздействия от природных особенностей территории. Сравнительный анализ освоенности водосборов с использованием ГИС-технологий наглядно выявил различия в интенсивности антропогенной трансформации территории, что преломляется через специфику ландшафтов.

В соответствии с принципом структурно-функциональной иерархии природных систем, исследования ключевых водосборов были связаны с оценкой их ландшафтного, экосистемного, биотопического и биологического разнообразия. Ландшафтная карта Вологодской области, где выделены 33 физико-географических района, 3 физико-географические области, 2 подзоны (Максутова, 2007) служит следующим фоновым слоем для анализа степени нарушенности ландшафтов, связи наземных и водных экосистем. Так, сравнение освоенности речных бассейнов двух ландшафтов методами геоинформационного анализа позволили выявить связь уровня нарушенности водосборов с качеством воды в притоках 1, 2 и 3-го порядка р. Сухоны [Ивичева, Филоненко, 2012]. Ландшафтно-экологический подход с использованием методов геоинформационного анализа данных также дал возможность районирования и эпидемиологической опасности территории. Например, создание слоя, отражающего густоту речной сети и активности очагов туляремии в разных ландшафтных районах, наглядно проиллюстрировало определяющую роль водного фактора распространения болезни [Филоненко, Рыбакова, 2012].

Следующий уровень исследований касался применения ГИС-технологий для создания электронных слоев по антропогенным модификациям водно-болотных угодий, лесных экосистем [Филоненко, 2008, 2010; Максутова, 2012]. Одним из модельных полигонов был выбран Андомский водораздел, где сходятся водосборы разных бассейнов стока, берут начало истоки рек Волжского бассейна, Онежского озера, бассейна реки Онеги. Данные среднетаежные водосборы предлагается рассматривать в качестве территориальной единицы комплексного моделирования трансформации экосистем таежной зоны Северо-Запада России [Максутова, 2012]. В основе стратегии мониторинга биоразнообразия лесных территорий таежной зоны наиболее перспективным является выделение ценных малонарушенных биотопов [Сохранение ценных природных..., 2011]. В частности, результаты полевых исследований ценных таежных биотопов ландшафтного заказника «Атлека» показали адекватность применения геоинформационных методов на биотопическом уровне для оценки состояния территории [Максутова, 2012].

Анализ нарушенности биотопов предполагает выделение приоритетных процессов и ключевых показателей их отражающих. В соответствии с этой задачей сформирован алгоритм оценки трансформации таежных водосборов на основе биоиндикации с использованием животного населения, то есть консументов в экосистемах, интегрирующих изменения на нижележащих трофических уровнях. Первоначальным этапом послужила систематизация материалов полевых, фондовых, ретроспективных исследований беспозвоночных и позвоночных животных и создание баз данных в ГИС-формате. Для наземных экосистем в качестве чувствительных индикаторов состояния почвенно-растительных биотопов выбрана модельная группа почвенных беспозвоночных – карабидокомплексы. Создание слоев ГИС по пространственному распределению карабидокомплексов в лесных биотопах, а также редких видов жуков отразили

антропогенную трансформацию водосборов при вырубке лесов и рекреационном воздействии [Белова, 2012].

Систематизация многолетних материалов исследований биоразнообразия водных экосистем Вологодской области в атрибутивных базах данных дала возможность создания электронных слоев по разным группам гидробионтов и их пространственному распределению. Это позволяет выявить специфику преломления антропогенного воздействия через природные условия водосборов разных бассейнов стока. Одним из модельных водных экосистем выбрано Белое озеро – основная часть Шекснинского водохранилища. Это самое крупное водохранилище, входящее в состав Волго-Балтийского водного пути на территории Вологодской области, поэтому может рассматриваться как ключевая акватория с точки зрения исследования техногенно трансформированной экосистемы. Установлено, что эвтрофирование Белого озера является ключевым процессом его развития под влиянием антропогенных факторов, что отражается на всех уровнях сообщества [Болотова, 2006]. Модельным объектом изучения на уровне продуцентов служит фитопланктон, учитывая развитие экосистемы по «фитопланктонному» пути. Тем более, что геоинформационный анализ пространственной картины его распределения отражает формирование очагов ускорения этих процессов в данном озере [Макаренкова, 2012]. Создание слоя ГИС по пространственному распределению макрозообентоса [Филоненко, Ивичева, 2012], относящегося к более высокому трофическому уровню сообщества и представленному биоценозами, приуроченными к биотопам, позволяет судить не только о долговременном антропогенном воздействии, но о распределении нагрузки по водоему. Другой созданный слой ГИС, отражающий пятилетнюю динамику пространственного распределения рыбного населения озера Белого, положил начало внедрению геоинформационных методов в систему контроля состояния промысловых запасов [Коновалов и др., 2012]. Отметим, что рыбы, являясь верхним трофическим звеном, интегрируют происходящие в водном сообществе изменения, поэтому служат особенно показательным модельным объектом для исследования процесса эвтрофирования озера.

Единый формализованный подход на основе ГИС-технологий включает применение комплекса биоиндикаторов с чувствительным откликом к антропогенному воздействию для анализа состояния экосистем. Целью мониторинга с этих позиций становится определение продвинутой процессности процессов на разных иерархических уровнях, так как когерентность их развития лежит в основе поддержания устойчивости и сохранения биоразнообразия. Это подразумевает изучение приоритетных процессов изменения ключевых объектов как интегральных структурно-функциональных индикаторов состояния территории (популяции, сообщества, биотопы, ландшафты, водосборы). Таким образом, алгоритм исследований связан с выявлением иерархии параметров порядка и управляющих параметров функционирования экосистем, что составляет основу резонансного управления в современном подходе к рациональному природопользованию.

Работа выполнена в рамках НИР «Комплексное пространственно-временное моделирование трансформации водосборов таежной зоны на основе ГИС-технологий» по госзаказу Минобрнауки (рег. номер 01201255040).

#### Литература

Антропогенные сукцессии водосборов таежной зоны: биоиндикация и мониторинг. Сборник статей / под ред. Н.Л. Болотовой. – Вологда, 2007.– 145 с.

Белова Ю.Н. Редкие и локально встречающиеся виды жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в зональных лесных сообществах Вологодской области // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7351> (дата обращения: 21.01.2013).

Болотова Л.Н. Развитие экосистем мелководных озер на территории Вологодской области: природные и антропогенные факторы. Экологическое состояние континентальных водоемов северных территорий. – СПб.: Наука, 2006. С. 105-112

Болотова Н. Л., МаксUTOва Н. К., Суcлова Т. А., Скупинова Е. А. Биологическое и ландшафтное разнообразие таежных геосистем Вологодской области // Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты. Петрозаводск, 2004 С. 29-40.

Борисов М.Я., Лобуничева Е.В. Оценка антропогенной трансформации водосборов малых озер с использованием ГИС-технологий // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7338> (дата обращения: 17.01.2013).

Ивичева К.Н., Филоненко И.В. Анализ влияния освоенности речных бассейнов на качество вод методами ГИС // Принципы экологии. 2012. № 2. С. 76–81. <http://ecopri.ru> (дата обращения 10.11.12).

Коновалов А.Ф., Филоненко И.В., Борисов М.Я. Изучение распределения рыб по акватории водоемов Вологодской области с использованием геоинформационных методов // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7352> (дата обращения: 21.01.2013).

Лобуничева Е.В., Борисов М.Я. Использование ГИС-технологий при оценке озерности ландшафтов Вологодской области // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7321> (дата обращения: 17.01.2013).

Макаренкова Н.Н. Оценка пространственного распределения фитопланктона Белого озера с применением ГИС-технологий // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7388> (дата обращения: 27.01.2013).

МаксUTOва Н.К. Формирование и ландшафтная структура водосборов Вологодской области // Антропогенные сукцессии водосборов таежной зоны: биоиндикация и мониторинг. Сборник статей / под ред. Н.Л. Болотовой. – Вологда, 2007.– С.17-30.

МаксUTOва Н.К. Анализ ГИС-материалов по трансформации лесных биотопов водосборов Андомского водораздела// Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7321> (дата обращения: 27.02.2013).

Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга / Под ред. Кобякова К.Н. СПб., 2011. 506 с.

Филоненко И.В. Дешифровка водно-болотных угодий Вологодской области по космическим снимкам LANDSAT в рамках программы «ГЭП- анализ сети ООПТ на Северо-Западе России» // Материалы Всероссийской конференции «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований». – Вологда, 2008. – С. 317– 320.

Филоненко И.В. Выделение ценных водно-болотных угодий в Вологодской области. Материалы VI Международного контактного форума по сохранению местообитаний в Баренцевом регионе. Архангельск, 2010. С. 22.

Филоненко И.В. Опыт использования данных дистанционного зондирования Земли при изучении ООПТ «Атлека»// Краеведческие (природоведческие) исследования на Европейском Севере: материалы Вологодской областной научно-практической конференции. Вып. 7. – Череповец, 2011. – С. 68-70.

Филоненко И. В., Ивичева К. Н. Оценка пространственного распределения макрозообентоса Шекснинского водохранилища методами геоинформационного анализа // Сборник материалов докладов участников Всероссийской конференции «Бассейн Волги в XXI-м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ».- Ижевск, 2012. - С. 315-317.

Филоненко И.В., Рыбакова Н.А. Использование ГИС-технологий для оценки активности очагов туляремии луго-полевого и пойменно-болотного типов на территории Вологодской области // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/7320> (дата обращения: 17.01.2013).