



УДК 591.524.11

Анализ влияния освоенности речных бассейнов на качество вод методами ГИС

ИВИЧЕВА

Ксения Николаевна

ФГБНУ Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства,
ksenya.ivicheva@gmail.com

ФИЛОНЕНКО

Игорь Владимирович

ФГБНУ Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства,
igor_filonenko@mail.ru

Ключевые слова:

малые реки
водосборный бассейн
ландшафт
антропогенное воздействие
бентос
геоинформационные системы
биотические индексы

Аннотация:

При помощи ГИС-технологий проведено картирование водосборов ряда рек Вологодско-Грязовецкого и Верхнесухонского ландшафтов Вологодской области. Методами геоинформационного анализа выполнена оценка освоенности речных бассейнов, для чего снимок земной поверхности классифицирован методом ISODATA на три категории: участки, занимаемые лесами, территории, занятые сельскохозяйственными угодьями, и населенные пункты. Выявлена зависимость величины антропогенного присутствия с биотическими индексами, отражающими качество вод по состоянию сообществ макрозообентоса.

© 2012 Петрозаводский государственный университет

Получена: 23 июня 2012 года

Опубликована: 25 ноября 2013 года

Введение

Малые реки и их водосборные бассейны подвергаются интенсивному антропогенному воздействию. Широкое применение для характеристики состояния водотоков получила их экологическая оценка по состоянию гидробионтов. В то же время степень антропогенного воздействия на водные экосистемы часто выражается в относительных категориях. Данные дистанционного зондирования земли позволяют проводить формальный анализ земной поверхности с помощью ГИС-технологий. В настоящей работе сделана попытка количественно выразить уровень освоенности водосборов и связать последний с качеством вод данных водотоков, оцененных по состоянию объектов макрозообентоса.

Материалы

Для исследования были выбраны р. Вологда, протекающая через административный центр, и еще 9 водотоков в центральной части Вологодской области (рис. 1). Все они являются правыми притоками 1, 2 и 3-го порядка р. Сухоны. Водотоки расположены в пределах двух ландшафтов: Вологодско-Грязовецкого и Верхнесухонского. Водотоки были выбраны с учетом разного уровня освоенности местности, по которой они протекают: от лесных рек, до речек, расположенных большей частью на территории города (табл. 1). Для р. Вологда, как одной из наиболее загрязненных рек в области, приводятся данные по трем участкам наблюдений: одна станция в верхнем течении и две в нижнем – до города и после города.

Таблица 1. Исследованные водотоки и станции отбора проб макрозообентоса

Река	Ландшафт	Длина, км	Место отбора проб от истока, км	Координаты	Грунты
Верховья Вологды	Вологодско-Грязовецкий	155	37	59°26'51" с. ш. 39°4'47" в. д.	песчано-валунные
Вологда перед городом	Вологодско-Грязовецкий	155	110.2	59°14'44" с. ш. 39°48'2" в. д.	песчаные
Вологда после города	Верхнесухонский	155	132.8	59°12'57" с. ш. 39°59'25" в. д.	илистые
Комья	Вологодско-Грязовецкий	39	30.6	59°2'49" с. ш. 40°18'28" в. д.	галечно-песчаные
Лухта	Вологодско-Грязовецкий	31	20.7	59°1'56" с. ш. 40°15'51" в. д.	песчаные
Лоста	Вологодско-Грязовецкий	38	13.2	59°9'20" с. ш. 40°1'25" в. д.	песчаные
Лежа	Вологодско-Грязовецкий	178	132.5	59°5'45" с. ш. 40°24'11" в. д.	глинисто-песчаные
Содема	Вологодско-Грязовецкий	15	14.4	59°13'22" с. ш. 39°53'41" в. д.	илистые
Шограш	Вологодско-Грязовецкий	20	20.6	59°12'16" с. ш. 39°56'21" в. д.	илистые
Делевка	Верхнесухонский	3	2.6	59°12'56" с. ш. 39°58'11" в. д.	илистые
Толшма	Верхнесухонский	33	11	59°10'16" с. ш. 40°33'56" в. д.	глинисто-песчаные
Черный Шингарь	Верхнесухонский	21	18.5	59°10'13" с. ш. 40°38'47" в. д.	галечно-песчаные

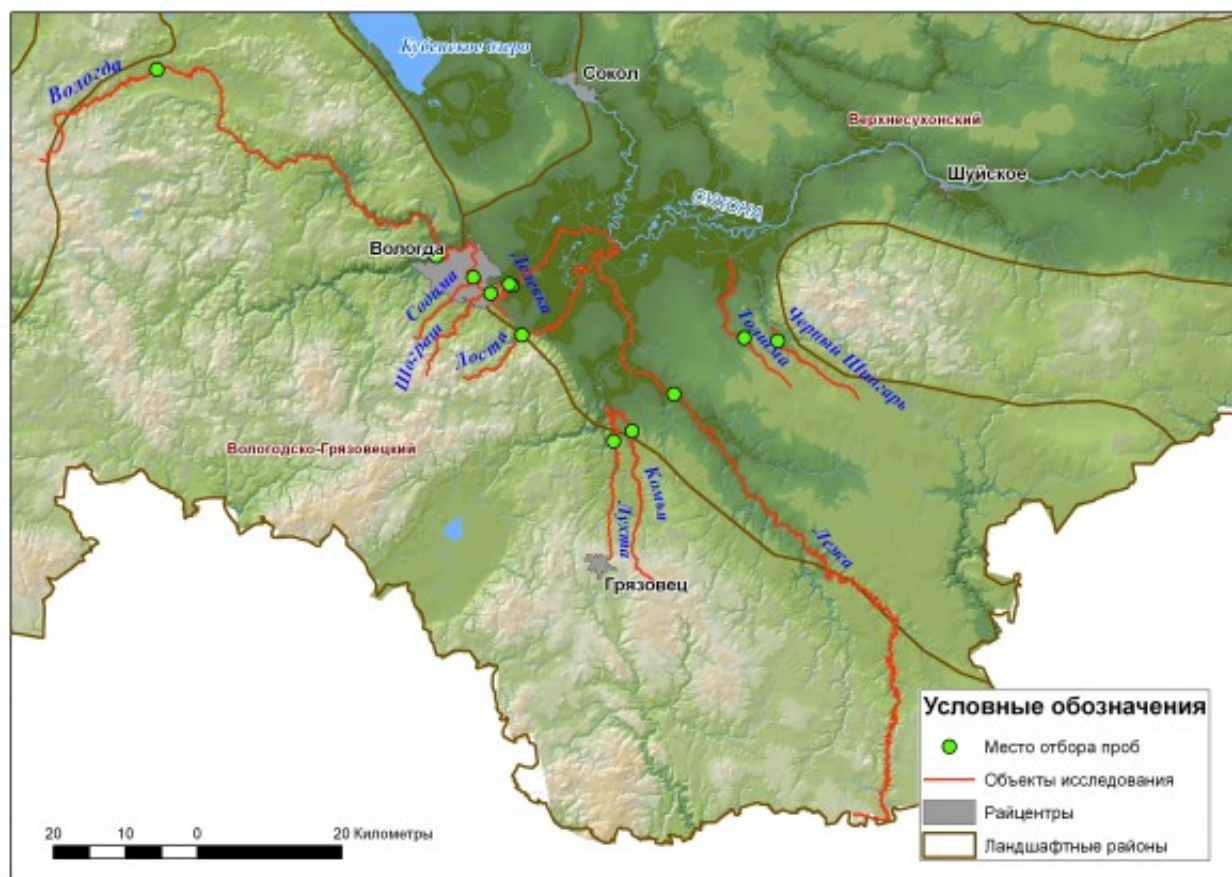


Рис. 1. Схема расположения исследованных рек на территории Вологодской области
Fig. 1. Arrangement of the studied rivers in Vologda region

Методы

Для работы с пространственными данными был использован программный пакет ArcGIS 10. В

качестве векторной основы была взята гидрологическая сеть из базы данных Вологодской лаборатории ФГБНУ «ГосНИОРХ». В качестве растровой основы были использованы космические снимки земной поверхности мультиспектральной (6 диапазонов) съемки 30-метрового разрешения, сделанные камерой ETM+ спутника Landsat7 Геологической службы США (USGS) за период 2000–2007 гг. Тематическая обработка снимков Landsat проводилась с помощью Windows-приложения ScanEx Image Processor.

Изначально для каждого водотока с помощью модуля ArcGIS Spatial Analyst инструментом Hydrology были построены участки водосборов от истока до точки отбора проб (точка отбора проб задавалась в качестве устья). Для р. Вологды в связи со значительным отличием степени освоенности водосбора были построены три водосборных полигона. Далее в рамках векторной основы площади водосборов каждой реки была проведена классификация снимков Landsat в приложении ScanEx Image Processor методом ISODATA. Далее снимок земной поверхности классифицировался в процентном отношении по трем категориям: участки, занимаемые лесами, территории, занятые сельскохозяйственными угодьями, и населенные пункты. В исследуемом районе территории, занятые лесами, подвергаются минимальному антропогенному воздействию, а территории населенных пунктов – максимальному. Поскольку основной задачей было разделение участков водосбора по уровню антропогенного воздействия, то в первую категорию вместе с лесами были включены заболоченные территории, а во вторую к сельскохозяйственным землям добавлены дороги, так как в районе исследования большинство из них не имеет покрытия.

Отбор проб макрозообентоса осуществлялся в сроки максимального развития бентосных организмов: один раз в 2010 г. (конец апреля – пик весеннего половодья) и дважды в 2011 г. (в подледный период – в начале и в последних числах апреля). На р. Вологде пробы также отбирались в период летней межени в начале августа 2011 г.

Отбор проб проводился по стандартной методике штанговым дночерпателем ГРС-21 0,0045 м² (Методические рекомендации..., 1983). На каждой станции производилось по 3 выемки грунта для получения одной объединенной пробы. Также проводились смывы с камней. Пробы промывались газом № 17 и фиксировались 40%-м раствором формальдегида. При камеральной обработке определяли систематическое положение организмов, численность и биомассу по группам. Всего было отобрано 34 количественные и 7 качественных проб.

Исходя из систематического положения организмов и количественных показателей макрозообентоса, был рассчитан ряд индексов: индекс Гуднайта – Уитли, индекс Кинга и Болла, индекс Вудивиса и индекс Майера (Баканов, 2000). Данные индексы наиболее просты для расчета, не требуют тщательного определения до вида и выбраны нами с целью установления общей тенденции зависимости биотических индексов от степени освоенности водосбора.

Для расчета значений коэффициента корреляции использован пакет анализа Microsoft Excel.

Результаты

В результате проведенного анализа было установлено соотношение участков на водосборах рек, имеющих разное покрытие на земной поверхности (табл. 2). Закономерно, что доля лесов наименьшая на водосборах тех водотоков, которые протекают либо по территории административного центра (г. Вологда), либо вблизи него, или же через крупные населенные пункты. Высокая доля сельскохозяйственных угодий, в свою очередь, косвенно свидетельствует об освоенности данной территории. Для ряда водотоков она превышает 50% водосборной площади. Доля территорий, занятых населенными пунктами, высока для водотоков, расположенных вблизи административного центра или через него протекающих. В свою очередь, часть из исследованных рек совсем не имела населенных пунктов на территории своих водосборов. Заболоченные территории, представленные повсеместно, ввиду минимального хозяйственного использования в данной местности, были отнесены вместе с лесами к малоосвоенным территориям.

Таблица 2. Доля территории водосборного бассейна, в разной степени освоенная человеком, по данным классификации снимков земной поверхности ETM+ спутника Landsat7

Река	Площадь участка водосбора, км ²	Доля на водосборе, %				
		лесов	сельхозугодий	населенных пунктов	болот	водоемов
Вологда, верховья	170.35	87.16	12.84	-	-	-

Вологда, перед городом	1371.87	59.4	36.19	2.8	0.5	1.11
Вологда, после города	2776.15	57.82	27.57	13.23	0.4	0.98
Комья	90.74	57.74	41.01	1.25	-	-
Лухта	151.42	39.09	53.04	7.88	-	-
Лоста	49.19	29.78	56.65	12.78	-	0.79
Лежа	1623.42	69.37	28.56	4.85	2.18	-
Содема	40.61	6.08	50.33	43.59	-	-
Шограш	65.8	15.84	60.41	23.75	-	-
Делевка	29.32	-	40.3	59.7	-	-
Толшма	26.32	82.2	11.7	-	6.63	-
Черный Шингарь	95.88	61.08	22.76	-	3.11	-

Соответствующие значения биотических индексов для разных водотоков приведены в табл. 3. Оценка качества поверхностных вод показала, что наиболее загрязненные водотоки – это р. Вологда на участке после города, р. Содема, р. Делевка, р. Шограш. Наименее загрязненные – р. Толшма и р. Черный Шингарь. Качество вод на данных водотоках согласно, ГОСТ 17.1.3.07-82, колеблется от I-II (Толшма, Черный Шингарь) до VI (Вологда на участке после города). Показатели биотических индексов позволили нам разделить водотоки на три группы по степени антропогенного влияния (Ивичева, Филоненко, 2012).

Таблица 3. Индексы качества вод исследуемых водотоков Вологодской области

Река	Индекс Гуднайта – Уитли	Индекс Кинга и Болла	Индекс Майера	Индекс Вудивиса
Вологда, верховья	28.14	13.86	19	8
Вологда, перед городом	62.33	2.47	14	6
Вологда, после города	90.63	0.39	5	1
Комья	25.78	10.77	21	8
Лухта	41.26	3.29	19	7
Лоста	46.82	2.39	8	4
Лежа	50	0.51	10	3
Содема	97.18	0.016	6	2
Шограш	97.18	0.18	9	2
Делевка	97.18	0.13	6	2
Толшма	14.87	8.91	23	8
Черный Шингарь	11.58	27.13	22	8

Корреляционная зависимость площадей водосборов занятых лесами, сельскохозяйственными угодьями и населенными пунктами представлена в табл. 4. Индекс Гуднайта-Уитли, значение которого увеличивается при загрязнении, показывает отрицательную связь с долей на водосборе лесов и болот (малоосвоенные территории) и положительную с долей сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов (освоенные территории). Значения остальных индексов, наоборот, уменьшаются при увеличении загрязнения, поэтому они показывают положительную корреляцию с малоосвоенными территориями и отрицательную – с освоенными. При этом корреляция доли сельскохозяйственных угодий на водосборе с различными индексами слаба, а с рядом индексов вообще не прослеживается.

Таблица 4. Значения коэффициентов корреляции биотических индексов и участков водосборного бассейна с разным покрытием

Биотический индекс	Доля на водосборе		
	лесов, болот	сельхоз. угодий	населенных пунктов
Индекс Гуднайта – Уитли	-0.75	0.53	0.74
Индекс Кинга и Болла	0.52	-0.53	-0.51
Индекс Майера	0.67	-0.48	-0.62
Индекс Вудивиса	0.65	-0.45	-0.6

Обсуждение

Степень освоенности человеком территорий водосбора отражается на качестве вод в водотоке. Высокая доля, занятая лесами и болотами (малоосвоенных территорий), сказывается положительным образом на качестве вод. Об этом свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции (до 0.75). Освоенные же территории (населенные пункты), наоборот, негативно влияют на качество вод. Населенные пункты влияют на водоток как непосредственно путем сброса сточных вод предприятий, коммунальных хозяйств, стоков ливневых канализаций и др., так и за счет пассивного смыва в водотоки различных веществ. Сельскохозяйственные угодья на исследуемой территории, в свою очередь, показали слабое влияние на качество вод. Сельское хозяйство Вологодской области в последние десятилетия развивается довольно слабо. Многие территории в настоящее время не возделываются, поля зарастают. В целом же зависимость качества вод от наличия сельскохозяйственных угодий прослеживается, хотя и не в столь значительной степени, как от населенных пунктов (табл. 3).

Среди биотических индексов наибольшую зависимость от степени освоенности водосбора демонстрирует индекс Гуднайта – Уитли, наименьшую – индекс Кинга и Болла. Возможно, индекс Гуднайта – Уитли является наиболее показательным для оценки качества поверхностных вод в данном случае, поскольку основан на соотношении численности олигохет, свидетельствующих об органическом загрязнении.

Наиболее вероятно, что высокая зависимость качества вод по биотическим индексам от степени освоенности водосбора будет столь же характерна для всех речных бассейнов Сухонско-Двинской ландшафтной области (Максутова, Воробьев, 2007). Скорее всего, аналогичная зависимость на западе Вологодской области будет менее выраженной за счет большого количества озер северо-западной и высокой заболоченности юго-западной ее части. Предположим, что общая тенденция будет характерна для всех территорий Северо-Запада России, имеющих умеренный уровень антропогенной освоенности. Все биотические индексы, использованные для анализа, обнаруживают высокую степень корреляции с уровнем антропогенной освоенности территории и могут быть использованы, исходя из возможности сбора материала, для их расчета.

Заключение

Таким образом, выявлена зависимость качества вод по биотическим индексам от степени освоенности водосбора. Для исследованных водосборных бассейнов лесопокрываемые и заболоченные участки, как малоосвоенные территории, не отражаются негативно на качестве вод в водотоке. Большие площади на водосборе, занятые населенными пунктами, обнаруживают высокую степень зависимости с биотическими индексами, характеризующими качество вод как низкое.

Следующим шагом изучения выявленной закономерности должно быть определение такой величины антропогенной освоенности (отраженной на космическом снимке), при которой биотические индексы свидетельствуют о низком качестве вод. В этом случае первичную характеристику состояния качества вод территории можно будет проводить уже на основе данных дистанционного зондирования.

Библиография

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Л., 1983. 47 с.

Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82. ГОСТ 17.1.3.07–82

«Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков». 12 с.

Ивичева К. Н., Филоненко И. В. Оценка качества поверхностных вод рек центральной части Вологодской области по показателям макрозообентоса // IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум». 15 февраля – 1 марта 2012 года. URL: <http://www.rae.ru/forum2012/2/1459> (дата обращения: 25.06.2012)

Максутова Н. К., Воробьев Г. А. Ландшафты // Природа Вологодской области. Вологда: Издательский Дом Вологжанин, 2007. С. 300–328.

Assessment of the influence of the river pool development on the water quality by means of GIS methods

IVICHEVA
Ksenya

*State Research Institute of Lake and River Fisheries,
ksenya.ivicheva@gmail.com*

FILONENKO
Igor

*State Research Institute of Lake and River Fisheries,
igor_filonenko@mail.ru*

Keywords:

small rivers
drainage area
landscape
human-induced impact
benthos
geoinformation systems
biotic indexes

Summary:

The mapping of a number of drainage basins of Vologda-Gryazovets and Verkhnesukhonsky visual environments in the Vologda region was carried out with the help of GIS methods. GIS analysis methods enabled to assess the river pool development, for that purpose the picture of terrestrial surface was classified by the method of ISODATA into three classes: wood areas, agricultural areas and The dependence between human-induced impact and the biotic indexes representing the water quality according to the macrozoobenthos communities condition.