

УДК 91;91:504; 910.1/2

О.В. Токарчук¹, С.М. Токарчук²

^{1,2}канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: geobel@brsu.brest.by

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ БАЗ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОСБОРОВ ОЗЕРНО- БАССЕЙНОВЫХ СИСТЕМ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»*

Раскрыты направления изучения основных природных средообразующих факторов, факторов антропогенной нагрузки и создания в программной среде ArcGIS Online баз данных экологически значимых характеристик. В пределах Национального парка «Нарочанский» и прилегающей к ней территории выделена 171 малая структура бассейнового строения.

Введение

Научная идея проводимого исследования базируется на бассейновом принципе (подходе) управления использованием, охраной и возобновлением водных ресурсов, суть которого заключается в том, что водные объекты рассматриваются в тесной связи с их поверхностными водосборами. Это позволяет объяснять изменения, происходящие в водных объектах под влиянием хозяйственного освоения прилегающих к ним территорий, а также разрабатывать территориальные схемы их охраны с учетом специфики природных условий формирования поверхностных вод.

К настоящему времени в научной литературе сложилось общее представление об озерно-бассейновых системах как сложных геосистемах, объединяющих природный аквальный комплекс озера и природный (природно-антропогенный) комплекс поверхностного водосбора [1–11].

В Республике Беларусь большинство научных исследований в рамках бассейнового подхода направлено на изучение речных бассейнов, а бассейны озер включены в состав той или иной речной системы. Во многом это связано с тем, что данные исследования проводятся на региональном либо республиканском уровнях. Безусловно, выделение на таком уровне обособленных озерных бассейнов представляется достаточно схематичным, а зачастую в нем просто нет необходимости. В то же время очевидно, что именно водные объекты с замедленным водообменом наиболее подвержены негативным воздействиям в результате хозяйственного освоения их поверхностных водосборов, которые необходимо учитывать. При этом наибольшую практическую значимость имеет изучение сложноорганизованных озерных групп, дренируемых речными системами и испытывающих на себе комплекс разнонаправленных хозяйственных воздействий. Дополнительный импульс к изучению данных проблем обусловлен природоохранным и рекреационным статусом многих озерных систем Беларуси. Ввиду этого наибольший интерес в качестве модельных объектов для проведения подобных исследований представляет территория Национального парка (НП) «Нарочанский».

В ходе реализации предыдущего этапа исследований нами были обоснованы типологические единицы строения озерно-бассейновых систем – малые водосборы, приречья и приозерья [12]. Всего была выделена 171 малая структура бассейнового строения (МСБС), в том числе 83 малых водосбора, 49 малых приречий и 39 малых приозерий.

**Статья написана в рамках выполнения темы НИР «Комплексная геоэкологическая оценка современного состояния озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»» (№ 2/р 20164315).*

Каждой структуре был присвоен порядковый номер с точки зрения последовательности в формировании поверхностного стока с исследуемой территории. Структуры были сгруппированы в системы 1-го, 2-го и 3-го порядков. Это создало надежную и научно обоснованную базу для накопления оперативной информации о хозяйственном освоении территории водосборов озер и факторах риска для естественного развития их природных аквальных комплексов.

Конечной целью проводимых в рамках выполнения НИР исследований является комплексная геоэкологическая оценка современного состояния озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский».

Исследуемая территория включает в себя собственно территорию НП «Нарочанский» и прилегающую к ней территорию внешней охранной зоны.

Для достижения поставленной цели в ходе реализованного этапа исследования решался ряд частных задач:

1) изучение территориальной неоднородности природных средообразующих факторов в пределах НП «Нарочанский»;

2) создание электронной базы данных основных природных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»;

3) изучение территориальной неоднородности факторов антропогенной нагрузки в пределах НП «Нарочанский»;

4) создание электронной базы данных основных антропогенных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский».

Проблематика и методы исследований

Кратко остановимся на особенностях географии отдельных природных средообразующих факторов и факторов антропогенной нагрузки, которые были проанализированы в разрезе выделенных МСБС.

Дочетвертичные отложения в пределах НП «Нарочанский» представлены широким спектром пород: в средней и северной частях доминируют отложения девонской системы (доломиты, известняки, мергели, глины, алевролиты), в южной части представлены отложения ордовикской системы (известняки и мергели).

Мощность четвертичных отложений в пределах МСБС парка колеблется в интервале 40–120 м. На большей его части (за исключением крайнего востока) доминируют отложения поозерского возраста: верхнюю гипсометрическую ступень здесь составляют конечно-моренные образования, среднюю – флювиогляциальные надморенные. Верхнюю гипсометрическую ступень в восточной части парка образуют конечно-моренные и моренные отложения припятского возраста. Нижнюю гипсометрическую ступень в пределах парка образуют болотные отложения голоцена.

Густота расчленения рельефа в пределах МСБС парка варьирует в интервале от менее чем 0,2 до более чем 0,6 км/км², в целом возрастающая с востока на запад. Глубина расчленения рельефа на большей части территории колеблется в интервале 5–10 м/км², в общем возрастающая в северном и северо-восточном направлениях.

Густота гидрографической сети в пределах МСБС парка в целом коррелирует с густотой расчленения рельефа и возрастает в восточном направлении. Данная закономерность нарушается мелиоративными системами, где наблюдается наибольшая густота гидрографической сети (более 2 км/км²). Озерность МСБС парка связана с особенностями расположения озерных групп (Нарочанской, Болдукской, Мядельской, Сви́рской, Швакштинской) и значительно больше в его восточной части. Наибольшая

заболоченность характерна для МСБС южной и центральной частей парка (водосборы рек Нарочь и Большой Перекоп).

В пределах парка территориально преобладают почвы автоморфного почвенного ряда (дерново-подзолистые на моренных и водно-ледниковых супесях, подстилаемых моренными суглинками или песками; дерново-подзолистые на песках; дерново-карбонатные суглинистые и супесчаные на карбонатных моренных отложениях и лессах), которые дополняются почвами полугидроморфного почвенного ряда (дерново-подзолистыми заболоченными, дерновыми заболоченными и дерново-карбонатными заболоченными, аллювиальными дерновыми заболоченными), характеризующимися разнообразным механическим составом. К нижнему гипсометрическому уровню рельефа приурочены торфяно-болотные низинные почвы.

Наибольшая лесистость характерна для МСБС северо-западной и юго-восточной частей парка. Преобладают сосновые (лишайниково-вересковые и зеленомошно-брусничные) и еловые (зеленомошно-брусничные в сочетании с зеленомошными) леса. В пределах МСБС парка сочетаются холмисто-моренно-озерные, холмисто-моренно-эрозионные, моренно-озерные, водно-ледниковые и озерно-болотные ландшафты, вместе обуславливающие значительную пестроту и разнообразие естественного растительного покрова.

Селитебное освоение земель парка и прилегающей к ним территории внешней охранной зоны характеризуется значительной территориальной неоднородностью. Общая численность населения составляет около 24 тыс. человек, в том числе городского – около 11 тыс. человек. На 01.01.2018 наибольшая селитебная освоенность рассматриваемой территории характерна для МСБС северной части (здесь расположены г. Мядель и курортный поселок Нарочь с населением 6 911 и 3 466 человек соответственно) и юго-западной части (здесь расположен г. п. Свирь с населением 906 человек).

Наибольшей сельскохозяйственной освоенностью характеризуются МСБС юго-западной и юго-восточной части рассматриваемой территории. В наибольшей степени она характерна для малых водосборов, приречий и приозерий, расположенных в пределах мелиоративных систем. Наибольшее количество таких структур характерно для бассейна р. Великий Перекоп (здесь располагаются шесть мелиоративных систем). Наибольшей долей пахотных земель характеризуются водосборы, расположенные в пределах бассейна оз. Свирь.

Промышленное освоение территории представлено главным образом пищевой промышленностью и узко локализовано по типологическим единицам строения озерно-бассейновых систем.

Транспортная освоенность рассматриваемой территории характеризуется достаточной территориальной однородностью. Автомобильные дороги республиканского значения (Р28, Р45, Р58, Р60, Р86, Р95) равномерно покрывают территорию и дополняются сетью дорог местного значения.

Для визуализации результатов исследования использовались возможности облачной платформы картографирования ArcGIS Online.

В качестве основы для визуализации разработанных баз данных была использована созданная ранее с использованием облачного вьювера серия карт (таблица 1), которые отображают выделенные в пределах НП «Нарочанский» структуры бассейнового строения, а также возможности создания тематических карт с использованием базовой карты структур бассейнового строения. В частности, были использованы карты с типом легенды «Уникальное значение», а также карта, отображающая классификацию выделенных бассейновых структур по площади.

В ходе реализации электронной базы данных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский» устанавливались следующие характеристики МСБС:

1) природные: (П1) длина главного водотока, (П2) суммарная длина русловой сети, (П3) коэффициент развития водораздельной линии, (П4) густота русловой сети, (П5) падение главного водотока, (П6) уклон главного водотока, (П7) средний уклон склонов, (П8) коэффициент озерности, (П9) коэффициент заболоченности, (П10) коэффициент лесистости;

2) антропогенные: (А1) коэффициент пашни, (А2) коэффициент городских территорий, (А3) численность городского населения, (А4) плотность городского населения в пределах городских территорий, (А5) коэффициент территорий сельских населенных пунктов, (А6) численность сельского населения, (А7) число сельских населенных пунктов, (А8) средняя величина сельских населенных пунктов, (А9) плотность сельского населения, (А10) густота транспортной сети.

Таблица 1. – Интерактивные электронные гидрографические карты, отражающие структуры гидрографической сети и бассейнового строения НП «Нарочанский»

Название карты	URL-адрес карты
Структуры бассейнового строения (базовая карта)	https://arcg.is/KG8KW
Структуры бассейнового строения (тип)	https://arcg.is/f09fa
Структуры бассейнового строения (площадь)	http://arcg.is/1zX9X4
Системы 1-го порядка	https://arcg.is/0LvH4e
Системы 2-го порядка	https://arcg.is/j1O8a
Системы 3-го порядка	http://arcg.is/1iLTfP0

Полученные результаты и их обсуждение

Описанные выше расчетные показатели электронных баз данных в результате исследования были преобразованы в оценочные картосхемы, которые были оформлены с учетом следующих нескольких подходов.

1. При составлении картосхем использовалась семиуровневая оценочная шкала. Данный выбор был обусловлен несколькими факторами. Во-первых, применение нечетной шкалы позволяет четко структурировать результаты исследования (в частности, 4 балла – это среднее значение, 1–3 – ниже среднего, 5–7 – выше среднего). Во-вторых, как уже отмечалось выше, объектом исследования выступали озерно-бассейновые системы НП «Нарочанский». Всего в ходе выполнения предыдущего этапа исследования была выделена 171 структура. Таким образом, именно семиуровневая оценочная шкала оптимально отобразит дифференциацию водосборов по рассматриваемым показателям.

2. При составлении картосхем использовалось нулевое значение (т.е. значение «явление отсутствует») для тех водосборов, в пределах которых рассматриваемые показатели (водоемы, болота, городские населенные пункты, дороги и т.д.) отсутствовали. Кроме того, нулевой балл необходим для дальнейших математических действий (расчета интегральных или комплексных показателей планируемой к проведению геоэкологической оценки). В целом необходимо отметить, что по абсолютному большинству расчетных характеристик присутствуют водосборы, в пределах которых рассматриваемые явления не отмечались. Также для ряда характеристик, в частности, «Коэффициент озерности», «Коэффициент городских территорий», значительная часть (в первом случае) либо почти все (во втором) водосборы характеризуются отсутствием оцениваемого явления.

3. При использовании балльной системы при составлении картосхем большое значение имело также решение задачи выбора интервалов оценочных шкал, которые

могут быть как равными, так и неравными. Оценочные шкалы с неравными интервалами нередко более правильно отражают закономерности перехода от измерения к оценке, потому что очень часто при равномерном изменении значения какого-либо показателя изменение его значимости для определенных целей оценки происходит неравномерно. В то же время при использовании неравных шкал недопустимым является выведение среднего балла, так как при этом результат обычно получается завышенным или заниженным по сравнению с истинным. Поэтому при проведении интегральных либо комплексных оценочных исследований предпочтение отдается равномерным шкалам.

Таким образом, при реализации представленных оценочных картосхем использовался метод классификации «Равный интервал». Однако необходимо подчеркнуть: при использовании равноинтервальных оценочных шкал в результате создания картосхем для некоторых показателей происходило неоднородное распределение территориальных оценочных единиц по оценочным группам (вплоть до того что несколько водосборов было отнесено к наивысшему баллу, а все остальные – к низшему). Также при использовании равноинтервальных оценочных шкал достаточно часто происходит пропуск одного либо нескольких оценочных уровней, что также хорошо заметно на многих составленных картосхемах.

По результатам завершеного этапа исследований с целью объединения выполненных картографических материалов, а также отдельных методических аспектов при помощи шаблона Map Series облачной платформы картографирования ArcGIS Online разработано веб-приложение «Основные экологически значимые характеристики поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский». Разработанная система содержит созданные на данном, а также частично предыдущем этапе исследований картосхемы и краткие аналитические либо пояснительные описания. Размещена она в свободном доступе в сети Интернет (<https://arcg.is/m5znG>).

Информационно-аналитическая система построена по принципу «систем в системе», т.е. в отдельные вкладки системы были встроены другие картографические веб-приложения, выполненные также с использованием шаблонов карт историй ArcGIS Online. В целом выполненная информационно-аналитическая система состоит из тематических разделов, которые посвящены отображению и аналитическому описанию выполненного в 2018 г. этапа исследования (таблица 2).

Таблица 2. – Структура и содержание картографического веб-приложения «Основные экологически значимые характеристики поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»

Название раздела	Содержание основного окна
1. Национальный парк «Нарочанский»	Карта территории исследования, краткое описание НП «Нарочанский»
2. Структуры бассейнового строения	Картографическое веб-приложение, отображающее выделенные структуры бассейнового строения территории, а также их основные характеристики (тип, площадь и т.д.)
3. Природные экологически значимые характеристики структур бассейнового строения	Картографическое веб-приложение, которое включает созданные картосхемы природных экологически значимых характеристик, а также описание данных характеристик, единицы измерения, формулы для их расчета
4. Антропогенные экологически значимые характеристики структур бассейнового строения	Картографическое веб-приложение, которое включает созданные картосхемы антропогенных экологически значимых характеристик, а также описание данных характеристик, единицы измерения, формулы для их расчета
5. О проекте	Краткая характеристика проекта и годового этапа (этап 2018 г.)

Структура системы состоит из заданного набора вкладок и основного окна. Раскрывающаяся вкладка содержит название блока и краткое текстовое пояснительное сопровождение. Основное окно представлено в виде интерактивной карты либо другого картографического веб-приложения.

В целом в систему включены три другие системы, которые несут информационно-аналитический характер. Данные системы включают набор вкладок с интерактивными картами, выполненными на основании расчетных характеристик.

Карты выполнены с использованием слоев границ выделенных озерно-бассейновых систем и базовой подложки OpenStreetMap. Они сопровождаются легендами и имеют интерактивные всплывающие окна, в которых представлены точные описательные сведения (номер и название водосбора, положение водосбора по отношению к структурам 1-го, 2-го и 3-го порядков и др.) и рассчитанные характеристики в границах рассматриваемых единиц.

Заключение

В результате реализации поставленных в ходе исследования задач в программной среде ArcGIS (приложения ArcMap и ArcGIS Online) была создана серия картосхем и связанных с ними атрибутивных таблиц (интегрированная электронная база данных основных природных и антропогенных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»), которые отображают пространственную неоднородность условий формирования поверхностных вод в пределах НП «Нарочанский». Реализована потенциальная возможность создания на их основе аналитических тематических карт с использованием базовой карты структур бассейнового строения и полученных баз данных.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в ходе оценки современного состояния и реализации мер по снижению уровня деградации водоемов, расположенных на территории Национального парка «Нарочанский», в том числе в качестве основы для решения ряда задач:

1) разработка (адаптации) методик комплексной геоэкологической оценки современного состояния озерно-бассейновых систем, основывающихся на характеристиках аквальных комплексов озер, а также результатах изучения природных средообразующих факторов и факторов антропогенной нагрузки их поверхностных водосборов;

2) проведение комплексной геоэкологической оценки современного состояния озерно-бассейновых систем и группировки озер по результатам исследований;

3) обоснование и картирование адресных предложений по снижению потенциальных рисков для аквальных комплексов озер;

4) разработка пространственно-временной модели озерно-бассейновых систем с целью прогноза их экологического состояния, направленного на учет и обобщение динамики характеристик природных средообразующих факторов и факторов антропогенной нагрузки их поверхностных водосборов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калесник, С. В. Ладожское озеро / С. В. Калесник. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 160 с.
2. Калесник, С. В. О некоторых важных задачах современного озероведения / С. В. Калесник // Вод. ресурсы. – 1973. – № 1. – С. 36–42.
3. Дробкова, В. Г. Опыт изучения специфики внутренних процессов озер в связи с влиянием окружающего ландшафта / В. Г. Дробкова, Л. Ф. Форш // Изв. ВГО. – 1975. – № 2. – С. 105–113.

4. Драбкова, В. Г. Опыт изучения специфики внутренних процессов озер в связи с влиянием окружающего ландшафта / В. Г. Драбкова, Л. Ф. Форш // Изв. ВГО. – 1975. – № 2. – С. 105–113.

5. Великорецкая, И. И. Ландшафтная структура озерных водосборов / И. И. Великорецкая // Ландшафтный фактор в формировании гидрологии озер Южного Урала / под ред. Г. В. Назарова. – Л., 1978. – С. 8–26.

6. Изменения в системе «водосбор – озеро» под влиянием антропогенного фактора / отв. ред. И. Н. Сорокин. – Л. : Наука, 1983. – 240 с.

7. Реакция экосистем озер на хозяйственное преобразование их водосборов / отв. ред. В. Г. Драбкова. – Л. : Наука, 1983. – 240 с.

8. Власов, Б. П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз / Б. П. Власов. – Минск : Белорус. гос. ун-т, 2004. – 205 с.

9. Моделирование абиотических процессов в системе водосбор – водоем (на примере Чудско-Псковского озера) / С. А. Кондратьев [и др.]. – СПб. : Нестор-История, 2010. – 116 с.

10. Ковальчук, И. П. Методология и опыт ландшафтно-лимнологических исследований озерно-бассейновых систем Украины / И. П. Ковальчук, В. А. Мартынюк // География и природ. ресурсы. – 2015. – № 3. – С. 182–190.

11. Мартынюк, В. А. Модель геоэкологического состояния озерно-бассейновой системы / В. А. Мартынюк // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2018. – № 2. – С. 108–116.

12. Токарчук, О. В. Картирование озерно-бассейновых систем территории Национального парка «Нарочанский» / О. В. Токарчук, С. М. Токарчук // Псков. регион. журн. – 2018. – № 4 (36). – С. 65–81.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 28.01.2019

Tokarchuk O.V, Tokarchuk S.M. Directions of Databases of Ecologically Significant Features of Surface Watersheds of Lake-Basin Systems of the National Park «Narochansky»

The article also considers the possibility of creating databases of environmentally significant characteristics in the ArcGIS Online program. The databases were created in the context of 171 small lake-basin systems of the basin structure (within the territory of Park and the surrounding area of the external protection zone).