

Т. П. ДЕВЯТКОВА, Е. В. КНЯЗЕВА

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ГОРОДСКОЙ РЕКИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОЙ МЕТОДОЛОГИИ

Изложен механизм применения системной методологии для структуризации экологического паспорта малого водотока, испытывающего сильное антропогенное воздействие. Выделены районы и зоны по степени воздействия.

We present the mechanism of employing a system methodology in structuring the ecological certificate for a small water stream undergoing a severe anthropogenic impact. Areas and zones are identified according to the degree of impact.

Практически все реки нашей страны испытывают антропогенное воздействие, однако наиболее ранимы малые реки городов, экосистемы и режим которых в результате деятельности человека необратимо нарушены. Река, как важный элемент природы, может служить показателем экологической обстановки территории, что особенно хорошо прослеживается на малых реках из-за небольших размеров их водосбора.

По территории г. Перми протекает около 100 водотоков, образующих сложную речную сеть, представленную малыми реками (51–100 км), очень малыми (11–25 км) и самыми малыми (0,1–10 км). К большим рекам относятся Кама (1805 км) и Чусовая (598 км), находящиеся в настоящее время в

© 2007 Девяткова Т. П., Князева Е. В.

зарегулированном состоянии. Истоки некоторых рек расположены на соседних территориях, поэтому общая водосборная площадь их значительно расширяется и составляет около 1300 км² [1].

В границах города малые реки подвергаются значительному антропогенному прессингу в виде поступления неочищенных промышленных сточных и канализационных вод, на их берегах размещены свалки мусора. Кроме того, в городе наблюдается активизация эрозионных процессов в виде овражной деятельности, подработки склонов и плоскостного смыва. Многочисленные трубы, переходы и переезды нарушают естественный режим русловых процессов. В то же время роль рек важна для формирования ландшафта города, например — в результате регулирования их стока и благоустройства берегов водные системы могут стать факторами оздоровления природной среды.

СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ГОРОДСКОЙ РЕКИ

Для анализа гидроэкологической обстановки Перми в 1998 г. Пермгидроводхозом проведено экологическое обследование 16 малых городских рек: Егошихи, Данилихи, Васильевки, Ивы, Мотовилихи, Язовой, Балмошной, Гайвы, Мулянки, Пыжа, Резвянки и др. В результате составлены экологические паспорта, в которые вошли данные о состоянии водотока на момент обследования, а также рекомендации по его благоустройству.

Экологический паспорт водотока — документ, отражающий взаимосвязь элементов антропогенной среды (урбанизированных территорий) и природной среды водосбора реки. Он является информативной базой состояния водного объекта для определения уровня воздействия на него существующих источников загрязнения. На основе экологического паспорта составляется перечень предлагаемых мероприятий по стабилизации экологической обстановки на водосборе реки. Основная направленность экологических паспортов — достижение устойчивого развития водотока на территории путем соблюдения экологического равновесия и рационального использования ресурсов.

Изучение имеющихся экологических паспортов рек г. Перми показало, что они не в полной мере отвечают поставленным задачам. Во-первых, в них рассматривается лишь водоохранная зона и прибрежная защитная полоса, а не весь водосбор реки. Загрязнение же рек связано не только с антисанитарным состоянием водоохранной зоны, но в большей мере с поступлением канализационных вод, промышленных и ливневых стоков с территорий, примыкающих к водоохранной зоне [2].

Описание экологического состояния в пределах водоохранных зон необходимо, но лишь с целью контроля над выполнением специального режима природопользования. Для учета же всего комплекса факторов, формирующих экологическое состояние каждого водного объекта, разумнее давать описание территории водосбора реки. Согласно существующим правовым нормативам размеры и границы водоохранных зон и прибрежных защитных полос, а также режим их использования должны учитывать физико-географические, почвенные, гидрологические и другие условия и утверждаться органами исполнительной власти субъектов РФ. На практике же ограничиваются установлением ширины водоохранных зон, исходя из длины реки. Такой подход к определению размера водоохранных зон не гарантирует улучшения гидрологического режима, санитарного и экологического состояния водотока.

Следует отметить, во-первых, что реки Перми, для которых составлены экологические паспорта, их водоохранные зоны и прибрежные полосы практически на всем протяжении находятся в антисанитарном состоянии. Нарушен режим природопользования в водоохранных зонах и на прибрежных защитных полосах, где располагаются коллективные сады, частные дома, гаражи и АЗС.

Во-вторых, недостаточно освещен гидрологический режим как один из главных факторов, влияющих на экологическое состояние водотока. В связи с образованием искусственных запруд из грунта и мусора отмечается уменьшение скорости течения, что при низком содержании кислорода способствует повышению уровня концентрации загрязняющих веществ в воде. В настоящее время регулярные наблюдения за элементами гидрологического режима на малых реках не ведутся. В связи с тем, что гидрологически реки не изучены, возникают проблемы в расчете гидрологических характеристик, которые определяются по СНиПу (для естественных водотоков), без учета влияния города.

В-третьих, существующие экологические паспорта фиксируют уже сложившуюся ситуацию, но не отражают ее изменений и тенденций.

Однако главный недостаток паспорта — его бессистемность, отсутствие целостности и взаимосвязи данных (неполная информация, разброс ее по разным разделам, повторяемость).

Экологические паспорта должны не только содержать информацию о состоянии водотока «на данный момент», но и предоставлять прогноз возможного дальнейшего ухудшения экологической ситуации водного объекта и предложения о способах ее стабилизации. Следовательно, существующие экологические паспорта могут расцениваться лишь как необходимый начальный этап их разработки.

Поскольку река с прилегающей территорией (водоохранная зона, водосборный бассейн) представляет собой сложное природно-антропогенно-территориальное образование, то для решения проблем его изучения и использования требуется адекватный методологический подход. Например, для изучения таких сложных систем в настоящее время все более применяются системные методы.

В силу качественной разнородности явлений и элементов сложных природно-антропогенных систем их, как правило, невозможно свести к знакам и числам, что ограничивает применение теории системного анализа, и тогда системный метод выражается в виде структурного подхода, заключающегося в обнаружении отличий и сходств между элементами и уровнями, что позволяет описать объект изнутри за счет новой организации обширного эмпирического материала. В географических исследованиях структурный подход используется наиболее широко. С ним связано понятие геосистемного подхода, в котором основополагающая роль принадлежит понятиям структуры и связей геосистем. Однако трактовка их также неоднозначна — от синонима элемента до комплекса реально существующих связей между элементами, объединяющего их в систему. В то же время структурный подход еще не представляет собой полностью разработанную методологию: от однозначно трактуемых понятий через четко выраженные действия (процедуры) к практическому применению. Существует и дистанция между теоретическими концепциями с их детальной проработкой и получением конкретных результатов по оценке функционирования и развития геосистем разного уровня.

В работе нами применена системно-диалектическая методология (СДМ), разработанная Б. В. Ряшко [3], позволяющая обоснованно ставить и решать задачи в области исследования и хозяйственного освоения природно-антропогенных объектов разного масштаба, с разнообразным сочетанием природно-естественных и антропогенных факторов.

СДМ представляет собой непосредственно сам процесс деятельности в направлении достижения цели, начиная с исходного уровня, состоящего из *совокупности исходных понятий*, характеризующих системообразующие особенности, их изменения и способ взаимодействия; *формы представления общей информации* о структуре системы как о едином процессе взаимодействия всех явлений на языке исходных понятий и, наконец, *системного способа решения задач*.

Использование структурно-функциональной схемы языка исходных (системообразующих) понятий СДМ (элемент-связь, структура-функция, организация-управление) дает возможность представить предельно возможную совокупность частей системы как структуру, функционирование и развитие. Применение СДМ обеспечивает постановку, выделение и решение трех типов задач: 1) определение структуры элементов объекта (процесса, явления) на основании представления о функционировании объекта в определенных условиях (исходных); 2) моделирование идеальных возможностей функционирования объекта с заданной или предварительно определенной структурой; 3) моделирование вариантов функционирования объекта в условиях ограниченного развития, ограниченного функционирования, при этом с реально существующей или известной структурой.

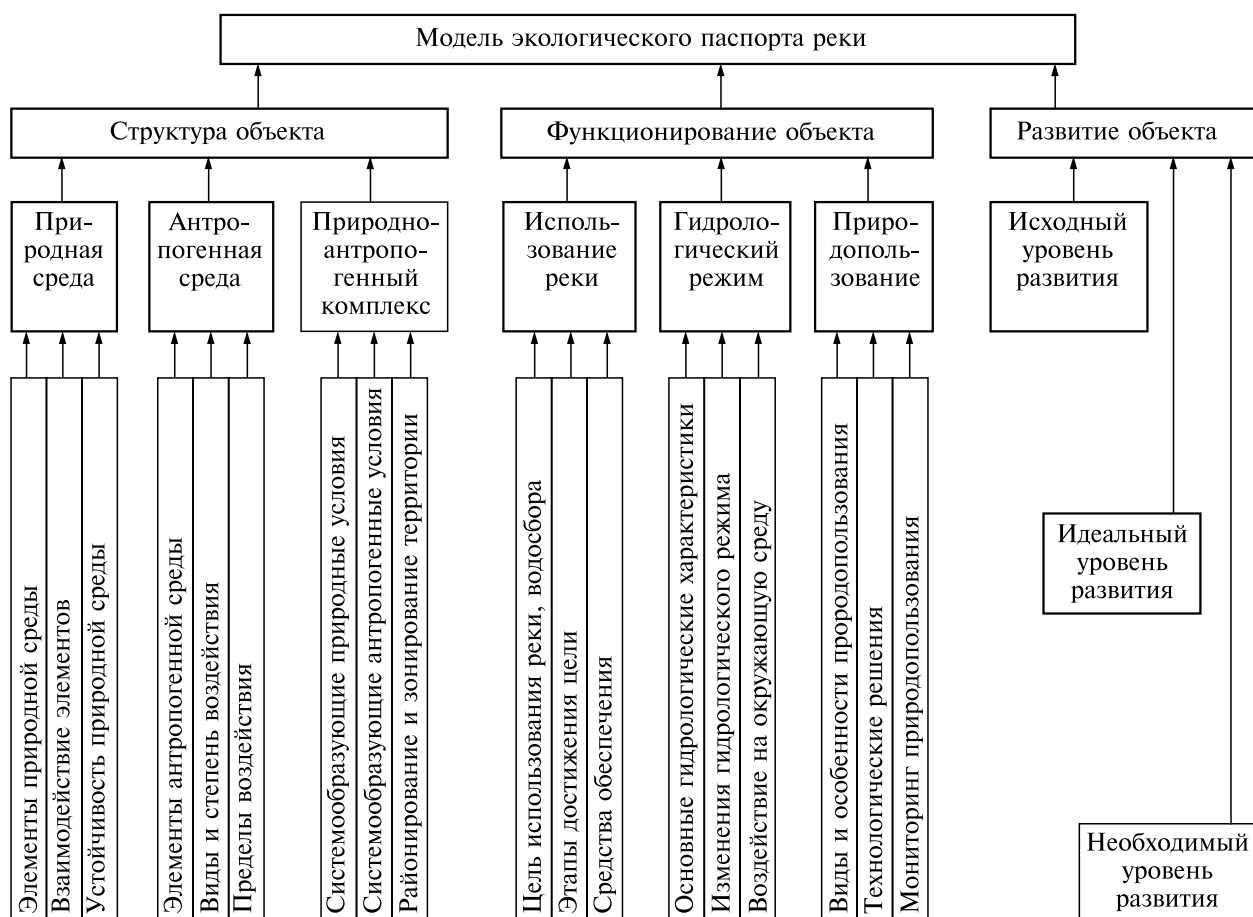
Системный метод, используемый в настоящей работе, заключается в создании структурно-функциональной блок-схемы (модели) экологического паспорта (см. с. 130).

При составлении экологического паспорта водотока необходима полная информация о водосборе как целостной экосистеме, влияющей на его гидрологический режим и экологическое состояние. Город — целостная геотехническая система [4] с неразрывной сетью прямых и обратных связей между техническими объектами, природой и человеком, поэтому речной водосбор на урбанизированной территории — это особая, специфическая система. Связующим стержнем экосистемы водосбора служит речная сеть, которая, с одной стороны, представляет собой продукт этой экосистемы, а с другой — выполняет информационно-транспортную функцию.

Структурно-функциональная модель экологического паспорта реки может быть представлена в виде схемы, построенной на основе выполнения требований СДМ. Структура водосбора реки может быть представлена как совокупность антропогенной и природной сред.

Характеристика природных объектов водосбора, сформировавшихся и развивающихся под влиянием человека, включает: анализ элементов природной среды (горные породы, воздух, вода, почва, растительный и животный мир); связи этих элементов с водосбором; определение устойчивости и изменчивости природных объектов, условий их сохранения и воспроизводства.

Характеристика антропогенной среды включает информацию: о видах антропогенных объектов (жилых, промышленных, производственных, транспортных, сельскохозяйственных и т. д.), их размещении на водосборе; о видах и степени антропогенного воздействия (загрязнениях разного рода отходами, ареалах их распространения, воздействии различных сооружений на берега и дно водотока); о пределах антропогенного воздействия, определенных согласно правилам и нормам, характеристиках качества среды и возможностях его изменения (либо самовосстановление, либо деградация системы водосбора).



Структурно-функциональная схема экологического паспорта реки.

Системно организованный природный комплекс — это часть схемы, отражающей характер, особенности и условия сочетания природных объектов среды, преобразованных деятельностью человека, и совокупность техногенных объектов. Итогом анализа системообразующих природных и антропогенных условий должно стать районирование территории водосбора на основании территориальной оценки совокупности действия всех факторов, влияющих на экологическое состояние водотока. При этом необходимо выделять участки, на которых либо запрещены любые виды хозяйственной деятельности, либо эта деятельность ограничена, а также давать рекомендации по развитию территории, обеспечению ее сохранения и воспроизводства.

Структура элементов водосбора реки определяется на основании представления о функционировании бассейна в определенных заданных условиях: исходного, идеального и необходимого уровня развития. На первом этапе работы дается характеристика структуры и функционирования водосбора, а также устанавливаются структурно-функциональные взаимодействия его элементов на текущий момент.

Функционирование — это процесс взаимодействия составляющих системы в условиях заданной структуры ее внутреннего содержания. При этом выделяются основная, вспомогательная и обеспечивающая функции. Основная функция всей системы водотока определяется целью его использования (приемник стоков промышленных предприятий, ливневых и канализационных вод; водоснабжение, забор воды для хозяйственных нужд; рыбное хозяйство; улучшение климата города; рекреация и др.). Вспомогательная функция обеспечивает реализацию достижения цели. Обеспечивающая — устанавливает способы и особенности природопользования и является связующим звеном между двумя предыдущими функциями.

Согласно схеме экологического паспорта система функционирования представляет совокупность трех блоков: использование водотока (основная функция), гидрологический режим (вспомогательная) и природопользование (обеспечивающая).

Блок «использование водотока» включает задание целей использования реки, описание этапов достижения поставленных целей и характеристику средств обеспечения этих целей. Блок «гидрологический режим» включает характеристику гидрологического режима в неизменных условиях сре-

ды, данные по изменению режима и причинам этого изменения, а также воздействию изменений на прилегающую территорию. Блок «природопользование» предусматривает анализ трех составляющих: 1) способы и особенности природопользования на водосборе реки, эта группа включает также проведение экспертизы природопользования; 2) принятие определенных технологических решений для улучшения экологической обстановки на водосборе реки (изменение технологии производства, реконструкция производства, закрытие предприятия и т. д.); 3) проведение экологического контроля природопользования в полной мере.

Под идеальным состоянием водотока понимается структура, при которой достигалась бы поставленная цель. Идеальное состояние реки предполагает возврат к ее естественному состоянию, для чего необходимо принять решение и провести необходимые работы. Выполнение в полной мере этого пункта невозможно.

В случае неудовлетворительного состояния водотока следует стремиться к практически возможному (необходимому) состоянию системы. Для этого с водосборной площади нужно ликвидировать те элементы антропогенной среды, которые ухудшают водный режим и экологическое состояние водотока. Затем, с учетом возможностей водного режима, необходимо конструирование элементов структуры водосбора при заданном функционировании, с определением результатов и сроков проведения запланированных мероприятий. Отметим, что намечаемые в этом случае мероприятия по стабилизации экологического состояния водотока должны проводиться с учетом реальных социальных, экономических, правовых и финансовых возможностей. Только тогда будет работать предложенная схема экологического паспорта реки.

Таким образом, для отображения экологической ситуации реки при применении СДМ за основу принимаются цели использования водотока и соответствующий им гидрологический режим. Затем производятся выделение и описание элементов экосистемы бассейна, которые бы сформировали необходимый режим и экологическое состояние объекта.

СТРУКТУРА СОДЕРЖАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА РЕКИ ДАНИЛИХИ

Разработанная схема экологического паспорта апробирована на малом водотоке Перми — р. Данилихе, водосбор которой полностью располагается на территории города и подвергается значительному антропогенному влиянию. В нашем распоряжении имелись данные обследований и изысканий, в том числе ранее составленные экологические паспорта, а также собственные исследования. Экологический паспорт содержит следующие разделы.

Основные положения — вводный раздел, где отмечено географическое и административное положение исследуемого водосбора. Дано краткое описание состояния реки на момент обследования, а также приведены сведения о использовании водотока.

Физико-географические условия водосбора — приводится характеристика климатических условий, геологического строения, почвы, растительности бассейна и водотока. Этот блок характеризует природный потенциал исследуемого водосбора.

Характеристика антропогенной среды — дано описание элементов техногенной среды на водосборе и видов антропогенного воздействия на водоток (источники загрязнения).

Гидрологический режим и качество воды — раздел представляет блок данных о функционировании реки в существующих условиях.

Экологическое состояние реки — раздел, в котором производится районирование водосбора на основе вышеизложенной информации, а также данных о взаимодействии факторов природной и антропогенной сред; характеризуется исходное состояние системы.

Мероприятия по стабилизации экологического состояния водотока — раскрывается необходимое состояние водотока. Согласно проведенному районированию и цели использования реки предлагаются рекомендации по благоустройству территории водосбора и самого водотока на основании имеющихся возможностей.

Река Данилиха берет начало в южной части Свердловского района Перми, около железнодорожной станции Бахаревка и, протекая по центральной части города, впадает в Каму (бассейн Воткинского водохранилища). С запада и юга бассейн Данилихи граничит с бассейном Мулянки (Дзержинский и Индустриальный районы), с востока — с бассейном Егошихи (Свердловский и Мотовилихинский районы), а с севера непосредственно примыкает к Воткинскому водохранилищу. По природным условиям бассейн Данилихи расположен в лесной зоне (север Западного Предуралья). Площадь водосбора составляет 304 км², длина реки — 11 км.

На всем протяжении Данилиха протекает по застроенной территории Перми и в настоящее время является приемником промышленных, хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод, а склоны

ее долины заняты коллективными садами, гаражами, свалками. Строительство дорог, асфальтовых площадок, зданий и предприятий, дренажно-канализационных систем и мостов, прокладка тепло-трасс, укрепление берегов — все это создает условия для увеличения поверхностного и твердого стока, нарушения естественного руслового процесса, а уменьшение времени добегаания приводит к резким колебаниям расходов и уровня воды в реке. Естественное состояние берегов нарушено. Экологическое состояние водотока ухудшается из-за большого количества автотрасс на водосборе Данилихи, а также близкого расположения железнодорожного полотна Транссибирской магистрали.

Элементы квазиприродной среды на водосборе Данилихи, облегчающие последствия урбанизации, представлены коллективными садами и огородами, которые располагаются на всех элементах речной долины (в пойме, на меженных берегах и коренных склонах). Зона коллективных садов в настоящее время занимает менее 50 % всей площади поймы. Это относительно чистая территория, но использование органических и минеральных удобрений увеличивает показатель загрязнения подземных вод. Русло реки в пределах садовых участков канализировано, берега укреплены подручным материалом. Созданные здесь быстротоки препятствуют заилению русла.

В результате строительства подъездных трамвайных путей в истоках реки образовался пруд. В последние годы он зарос болотной растительностью, поэтому необходимы работы по его очистке и дноуглублению. Второй пруд, располагавшийся на 9,6 км от устья, спущен, дамба разрушена. Пойма реки заболочена, берега захламлены.

Районирование водосбора Данилихи проведено с учетом природных и антропогенных факторов, влияющих на экологическое состояние водотока, и возможных целей использования реки. По интенсивности воздействия на водный объект различных источников антропогенного воздействия в пределах бассейна реки можно выделить три зоны.

Первая зона (наибольшего влияния) включает в себя прибрежную защитную полосу и водоохранную зону. Это территория со специальным ужесточенным режимом природопользования, который, по существу, не соблюдается.

Вторая зона (среднего влияния) — с 50 м от уреза меженного уровня — представляет территорию, с которой поступают загрязняющие вещества непосредственно в реку. Дальняя граница этой зоны проходит по железнодорожному полотну.

Третья зона (наименьшего влияния) — территория, воздействие которой на водосбор хотя и происходит, но его трудно учесть количественно.

Вдоль реки в зависимости от ее экологического состояния можно выделить шесть участков (районов), из них фактически нет ни одного с нормальной экологической ситуацией. Водосбор Данилихи залесен лишь в верховьях притоков (3 %), остальная часть водосбора занята жилыми постройками и промышленными предприятиями.

В гидрологическом отношении река изучена недостаточно. Естественное распределение стока внутри города нарушено сбросами сточных вод, количество которых в отдельные периоды может превышать естественный сток в несколько раз. На всем протяжении воды реки загрязнены, так как в них сбрасываются хозяйственно-бытовые, промышленные и ливневые стоки. Образование запруд из грунта и мусора, интенсивные эрозионные и направленные разрушения берегов с целью террасирования для строительства привели к изменению рельефа поймы и, как следствие, к заилению русла и заболачиванию поймы. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы находятся в неудовлетворительном санитарном состоянии, поэтому для сохранения водных ресурсов Перми необходимо коренное улучшение экологической обстановки, в том числе на водосборе Данилихи.

Перечень основных мероприятий по благоустройству Данилихи может быть следующим: обводнение водотока, ликвидация загрязнений и мусора, берегоукрепление, противоэрозионные мероприятия. На основе анализа районирования водотока на выделенных участках необходимо провести защитные работы.

Таким образом, системный метод, примененный при разработке схемы экологического паспорта водотока, позволил наиболее целостно охарактеризовать ситуацию на водосборе р. Данилихи, учесть все связи и факторы, влияющие на его экологическое состояние. Результаты выполненного анализа природной и антропогенной сред как составляющих системы уточнили рекомендации по улучшению ситуации на водотоках. Так, выявилась необходимость составления системных экологических паспортов и для многочисленных малых рек г. Перми.

Создание базы данных с системно представленными экологическими паспортами позволит природоохранным организациям, администрации и экологическим службам использовать их при решении задач стабилизации и улучшения экологической обстановки и рационального использования водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Водные** объекты и их роль в формировании экологической обстановки в г. Перми: Книга для учителей и студентов экологических специальностей. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001.
2. **Водосбор.** Управление водными ресурсами на водосборе / Под ред. А. М. Черняева. — Екатеринбург: Виктор, 1994.
3. **Ряшко Б. В.** О разработке системно-диалектической методологии «Ерго» // Проблемы методологии и междисциплинарных исследований и комплексного обеспечения научно-исследовательской деятельностью: Информ. сб. науч. трудов. — Екатеринбург, 1995. — Вып. 2.
4. **Природный** комплекс большого города: ландшафтно-экономический анализ / Коломыц Э. Г., Розенберг Г. С., Глебова О. В. и др. — М.: Наука, 2000.

*Пермский государственный
университет*

*Поступила в редакцию
26 сентября 2005 г.*