

К оценке антропогенной нагрузки на воды речных бассейнов Подмосковья и Крыма

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

²Московская государственная академия водного транспорта, г. Москва

³Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова, г. Москва

e-mail: shcherba_va@mail.ru, orlov1940@mail.ru, povadina@mail.ru

Аннотация. Предложены методические приемы районирования водосборных бассейнов рек для оценки антропогенной нагрузки на них. Эта методика опробована на примере части бассейна реки Оки и дала основу для актуализации генеральных планов городов и схем территориального планирования административных районов Московской области. Обсуждаются возможности применения районирования для Крымского полуострова.

Ключевые слова. Антропогенная нагрузка, природные воды, сточные воды, речной бассейн, экологическая емкость, загрязняющие вещества.

Введение

Речные бассейны являются специфическим объектом исследования, так как испытывают на себе влияние жизни общества и ставшие незаменимым продуктом использования в хозяйстве. Сложность геоэкологического изучения поверхностных речных вод обусловлена многокачественным характером взаимодействующих компонентов, их размерностью, масштабом. В современном обществе существует мнение, что речные системы, пронизывая все районы земного шара, обладают безграничной способностью к самоочищению и ежегодному возобновлению в процессе влагооборота. Однако, как показывает практика, нерациональное, неконтролируемое использование поверхностных вод приводит к истощению и ухудшению качества воды в реках. Поверхностные воды подвержены активным динамичным изменениям (изменение количества осадков, стока воды, среднегодового стока воды) на которые накладывается хозяйственная деятельность человека, изменяющая естественную динамику (забор воды, сброс сточных вод и загрязняющих веществ в поверхностные воды).

Бассейн реки, независимо от площади, является сложной экосистемой (или сочетанием нескольких), в которой речной сток выполняет транспортную, депонирующую и информационную функции. Он обеспечивает формирование и вынос воды, растворённых и взвешенных в ней веществ, природного и техногенного характера, и информацию о развитии системы бассейна как единого природно-хозяйственного комплекса.

Материалы и методы

Антропогенное воздействие на поверхностные водные объекты Московского региона остаётся высоким. Учитывая столичное положение региона, рост численности населения, снижение масштабов воздействия на водные ресурсы бассейна Оки не представляется вероятным. Это, в свою очередь, вызывает снижение экологического благополучия водных объектов и деградацию водных экосистем Окского бассейна. Вода бассейна реки Оки в пределах Московской области по ряду нормативных показателей не соответствует требованиям, предъявляемым к качеству воды, используемой для нужд питьевого водоснабжения и рыбного хозяйства [1].

С 1 января 2007 года в РФ утверждена новая схема ведения государственного мониторинга поверхностных водных объектов. Функции по осуществлению мониторинга поверхностных водных объектов по гидрологическим и гидрохимическим показателям переданы Росгидромету и субъекту РФ – Московскому региону [2].

В геоэкологии существуют различные подходы к оценке хозяйственной нагрузки на речные бассейны. Под «нагрузкой» обычно понимается масса загрязняющих веществ, поступающих в поверхностные воды, от различных источников. Источниками поступления загрязняющих веществ выступают стационарные (жилищно-коммунальное хозяйство и промышленные предприятия), поверхностный смыв с городских территорий, сточные воды, поступающие от разнообразных объектов сельского хозяйства. Несмотря на значительное разнообразие подходов и успешные решения в оценке качества воды в пределах Московской области, не отображена в полной мере картина уровня влияния стационарных источников на загрязнение поверхностных вод бассейна Оки. Качество воды оценивается уже после попадания загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты. Поэтому целесообразнее при рассмотрении влияния хозяйственной деятельности на водные экосистемы первоначально районировать территорию по степени нагрузки, а затем уже детально рассматривать причины, источники загрязнения и качество воды уделяя большее внимание неблагоприятным участкам бассейна [3]. Предлагаемый подход предполагает предварительную прогнозную оценку условий поступления загрязняющих веществ в реки и может быть использован при

обосновании схем территориального планирования районов (СТП) и актуализации генпланов населенных пунктов.

На примере бассейна Оки в пределах Московской области было выполнено районирование территории по степеням антропогенной нагрузки со стороны стационарных источников поступления загрязняющих веществ.

Первоначально для решения поставленной задачи составляется список рек бассейна, являющихся приёмниками сточных вод; выполняется построение гидрографической схемы бассейна реки и выделяются притоки Оки, являющиеся приёмниками сточных вод; устанавливается длина главной реки и её притоков; определяется площадь бассейнов более высокого порядка (подбассейнов). На основе «Методики гидрографического районирования территории Российской Федерации» выполняется гидрографическое районирование исследуемой территории [4]. При отсутствии данных о параметрах водотоков осуществляются аналитические расчёты по их определению [5].

Районирование бассейна реки выполняется с целью решения конкретных математических задач. Территориальное деление по гидрографическому признаку позволяет адекватно оценить процессы формирования речного стока и качества воды всего бассейна.

Бассейн реки выступает основным объектом при анализе взаимодействия между субъектами природопользования, отдельными районами внутри региона. Как отмечают в своих работах Л.М. Короткий (2001), А.Н. Антипов, В.Н. Фёдоров (2000) именно бассейны рек представляют собой наиболее объективную естественную основу решения любых задач и проблем [6;7]. Гидрографическая и водораздельная сеть бассейна реки является самой строгой иерархически упорядоченной сетью на планете. В границах бассейна водотока «замыкаются» основные циклы круговоротов веществ и энергии. Водные объекты бассейна (поверхностные и подземные) представляют собой конечные звенья «цепочек» загрязнения. Хозяйственная деятельность всё активнее преобразует ландшафты Московской области и города Москвы, однако, границы бассейнов устойчивы и в основном остаются неизменными. Именно в пределах речных бассейнов происходят многообразные процессы, взаимодействия водных масс и мигрирующих с ними химических элементов, которые оказывают влияние на живые организмы, в том числе и на здоровье людей.

Бассейновый принцип районирования заключается в выделении бассейнов поверхностного стока, в пределах которых происходят миграция, аккумуляция, вынос химических веществ, в том числе и токсичных. При применении этого принципа районирование осуществляется только по морфологии рельефа без учета строения геологической среды и других факторов. В соответствии с принципами установления гидрографических единиц, изложенными в Методике гидрографического районирования (2007), выделение подбассейнов проводится с целью разработки схем комплексного использования и охраны водных объектов и основывается на гидрографическом и гидрологическом подходе к районированию территории [4]. При необходимости гидрографическое районирование в пределах бассейна или его части выполняется в соответствии с Методикой гидрографического деления самостоятельно.

Границы гидрографических единиц проходят по водоразделам речных бассейнов. Бассейны малых рек могут быть объединены в одну гидрографическую единицу подбассейнового уровня, если их реки впадают в главную реку на одном и том же участке главной реки. Выделение гидрографических единиц подбассейнов и описание их границ проводится на основе государственных топографических карт средних и детальных масштабов, с помощью геоинформационных технологий, полевых исследований.

При отсутствии необходимых гидрографических и гидрологических характеристик (длина реки, площадь бассейна, среднегодовой сток) притоков главной реки, являющихся объектами нагрузки и приёмниками сточных вод, определяются с помощью гидрологических методов. Приведем соответствующий пример.

Среднегодовой расход воды W (среднегодовой сток), определяющий экологическую ёмкость водотока, подбассейна и бассейна в целом пропорционален, очевидно, площади водосбора S . Этому условию удовлетворительно отвечает соотношение

$$W = 0,02 S^{1,15} = 0,02 * \exp(1,15 * (\ln(S))) \quad (1)$$

Зависимость же между площадью водосбора S и длиной реки L выражается в виде степенного уравнения [8]:

$$S = k L^n \quad (2)$$

Соотношение (2) неодинаково для разных ландшафтов и зависит от размеров площади водосборов и длины рек, методики и точности определения их значений и определяется по следующему уравнению [9]:

$$S = 0,57 L^{1,8} \quad (3)$$

Очевидно, что среднегодовой сток W находится в зависимости от длины водотока и эта зависимость математически выражается в виде следующего уравнения:

$$W = 0,02 L^{1,78} \quad (4)$$

Таким образом, экологическую ёмкость водотоков можно оценить по формулам (1) и (4).

Гидрологические и гидрографические характеристики и данные о массах сбросов загрязнённых сточных вод позволяют перейти к расчёту коэффициентов нагрузки сточными водами на водотоки, подбассейны и бассейн в целом. Нагрузка сточными водами – это величина, равная отношению объёма сточных вод, сбрасываемых в водоток к среднегодовому стоку реки в данном створе:

$$k_i = q_i/W_i, \quad (5)$$

где $q_i = \sum q_j$ – суммарный объём сточных вод в данный водоток ($\text{м}^3/\text{год}$), $j = 1, 2, \dots, n$ – номера водотоков данного бассейна (подбассейна), q_j – объём сточных вод, сбрасываемых в водоток j -м источником ($\text{м}^3/\text{год}$), W_i – среднегодовой сток данной реки или подбассейна ($\text{м}^3/\text{год}$).

Обобщённый коэффициент нагрузки загрязнёнными сточными водами на подбассейн вычисляется как средневзвешенное:

$$K = \sum a_i k_i / \sum a_i, \quad (6)$$

где k_i – коэффициент нагрузки сточными водами на i -й водоток (5), входящий в подбассейн или бассейн, a_i – весовой коэффициент i -го водотока ($i = 1, 2, 3, \dots$).

Так как вклад загрязнённых сточных вод в загрязнение водотока снижается при разбавлении, то есть при увеличении водного стока W , который, в свою очередь, линейно зависит от площади водосбора речного водотока (бассейна), в качестве весового коэффициента берётся величина обратная площади водосбора водотока (подбассейна), а именно:

$$a_i = 1/S_i, \quad (7)$$

где S_i – площадь водосбора. Формула (6), таким образом, учитывает экологическую ёмкость водного объекта и представляет собой средневзвешенное значение коэффициента нагрузки.

Результаты и обсуждение

После выполнения всех расчетов на основе таблицы 1 проводится оценка экологического состояния водных объектов реки Оки по степени нагрузки сточными водами. Градации характеристики нагрузки и поддиапазоны шкалы значений коэффициента нагрузки сточными водами выбраны по Харрингтону и преобразованы в соответствии с поставленной задачей исследований [5]. Соответственно при районировании территории используется цветовая гамма от светлого до тёмного, отвечающая таблице 1.

Таблица 1.

Градации характеристики нагрузки сточными водами

Категория подбассейна по степени нагрузки сточными водами	Коэффициент нагрузки сточными водами на речной подбассейн	
	Значение	Характеристика нагрузки
1	0,00 – 0,20	Очень слабая
2	0,20 – 0,37	Слабая
3	0,37 – 0,63	Умеренная
4	0,63 – 0,80	Значительная
5	0,80 – 1,00	Большая
6	> 1	Очень большая

В пределах бассейна Оки в Московском регионе было выделено 12 подбассейнов. Сопоставительный анализ полученных характеристик по 12 подбассейнам Оки в пределах Московской области свидетельствует о том, что в среднем нагрузка общим объёмом сточных вод оценивается показателем коэффициента 0,34 – слабая, 2 категория. «Очень слабая» нагрузка сточными водами наблюдается по бассейнам рек Протва, Лопасня, Цна, Пра, Мутёнка, Осетр, Вожжа и притокам Угры – значение коэффициента нагрузки в пределах 0,00-0,20.

Ко второй категории по степени нагрузки сточными водами со значениями коэффициентов 0,20 – 0,37 («слабая нагрузка») относятся подбассейны рек Нара, Каширка. Подбассейн реки Вобля относится к 3 категории по степени нагрузки – «умеренная нагрузка»; годовой объём сточных вод составляет почти половину среднегодового стока Вобли.

Бассейн реки Москвы отличается «очень большой» нагрузкой (коэффициент нагрузки составляет 2,79), вследствие влияния Московской городской агломерации и других крупных городов с развитой промышленностью, расположенных на берегах реки. Общий объём сточных вод, отводимых в реку Москву и её притоки, превышает среднегодовой сток.

По полученным результатам выполнено экологическое районирование территории бассейна Оки по нагрузке сточными водами (рис. 1).

Таким образом, водоотведение и сброс сточных вод по бассейнам рек выглядит следующим образом. Основным водоприёмником сточных вод является река Москва, остальные водотоки бассейна Оки принимают стоки в значительно меньших объёмах. Наибольший сброс сточных вод приходится со стороны г. Москвы (70 % от общего объёма сточных вод), на Московскую область – 30%.

Методика экологического районирования и оценки экологической нагрузки на речные бассейны и водные объекты Подмосковья может быть использована при изучении аналогичных проблем и на территории Крыма. За основу целесообразно взять уже имеющиеся наработки, обобщенные в работе А.Н. Олиферова и З.В.Тимченко [10].

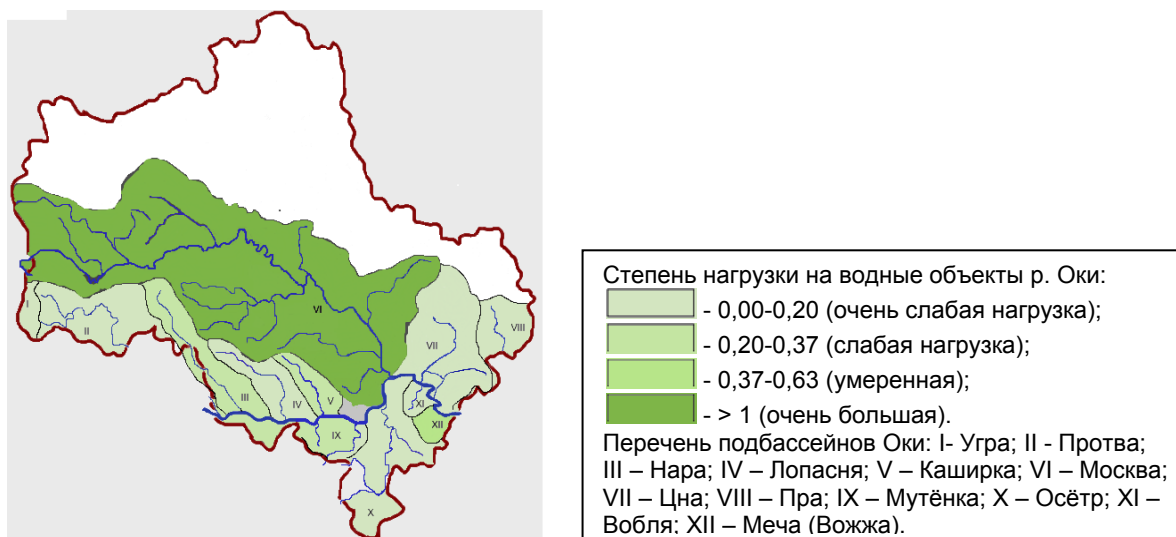


Рис. 1. Районирование бассейна реки Оки в пределах Московского региона по степени нагрузки сточными водами

При этом в процессе анализа должны быть использованы геологические и гидрогеологические особенности полуострова. В частности, наличие трех гряд Крымских гор, северо-западное простирание зон тектонической трещиноватости и резкая неравномерность в антропогенной нагрузке. Исследование должно быть ориентировано на прогнозную оценку воздействия проектируемого освоения районов Крымской Яйлы и, в частности, планов сооружения горнолыжного комплекса с соответствующей инфраструктурой на Ай-Петри.

Литература

1. Информационный выпуск «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2012 году». Красногорск: Министерство экологии и природопользования Московской области, 2013. – 160 с.
2. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2007 году. Статистический сборник. - М.: Росводресурсы, НИА-Природа, 2008. - 254 с.
3. Абрамова Е.А. Источники загрязнения рек Подмосковья / Е.А. Абрамова, М.С. Орлов, В.А. Щерба – География и смежные науки. LXI Герценовские чтения. Материалы межвузовской конференции. Факультет географии РГПУ им. А.И. Герцена 24-25 апреля 2008 г. – СПб.: Тесса, 2008. – С. 135-201.
4. Приказ МПР РФ от 25 апреля 2007г. №112 «Об утверждении Методики гидрографического районирования территории Российской Федерации».
5. Абрамова Е.А. Оценка уровня антропогенной нагрузки на бассейн реки Оки в пределах Московской области / Абрамова Е.А - Вестник МГОУ. 2011. №1. - С. 77 – 83.
6. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании./ Корытный Л.М – Иркутск: Изд-во ин-та географии СО РАН, 2001. – 161 с.
7. Антипов А.Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории / А.Н.Антипов, В.Н. Фёдоров [отв. ред. В.А. Снытко]. – Новосибирск, 2000. – 250 с.
8. Лучшева А.А. Сборник задач по общей гидрологии./ А.А. Лучшева, С.М. Семёнова-Ерофеева [Гавич Н.К] – М.: Недра, 1985. – 412 с.
9. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства./ Нежиховский Р.А - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 228с.
10. Олиферов А.Н. Реки и Озера Крыма / А.Н. Олиферов З.В. Тимченко. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://koechto-o.narod.ru/pages/articles/books/oliferov_rivers/research_of_rivers.html

Анотація. М. С. Орлов, Е. А. Абрамова, В. А. Щерба *До оцінки антропогенного навантаження на води річкових басейнів Підмосков'я і Криму.* Запропоновано методичні прийоми районування водозбірних басейнів річок для оцінки антропогенного навантаження на них. Ця методика випробувана на прикладі частині басейну річки Оки і дала основу для актуалізації генеральних планів міст і схем територіального планування адміністративних районів Московської області. Обговорюються можливості застосування районування для Кримського півострова.

Ключові слова: Антропогенне навантаження, природні води, стічні води, річковий басейн, екологічна ємність, забруднюючі речовини.

Abstract. M. Orlov, E. Abramova, V Shcherba *Estimating the anthropogenic load on water river basins near Moscow and Crimea.* The methodical receptions zoning river catchments to assess the anthropogenic load on them. This technique is tested on an example of part of the basin of the Oka and provided the basis for updating master plans for urban and territorial planning schemes administrative districts of Moscow region. The possibilities of application of zoning for the Crimean peninsula.

Keywords: Anthropogenic load, natural water, wastewater, river basin, ecological capacity, contaminants.

Поступила в редакцію 08.02.2014 г.