

Оценка экологической ситуации на реках Тебердинского заповедника

© 2007. Е.Н. Башкот¹, И. А-Ю. Ижаев²¹ Ставропольский государственный аграрный университет² Тебердинский государственный природный биосферный заповедник

Дан сравнительный анализ качества речной воды на заповедной территории. Описано взаимодействие факторов самоочищения и техногенной нагрузки по показателям. Сделана оценка степени напряжённости экологической ситуации по расчёту потенциального риска здоровью в зависимости от содержания в воде фосфатов и нитратов.

The comparative analysis of quality of river water in reserved territory is given. The interaction of the factors clearance and of loading on parameters is described. The estimation of a degree of intensity of an ecological situation on account of potential risk to health is given depending on the contents in water phosphates and nitrates.

Проблема качества пресной воды является актуальной в последнее время, когда хозяйственная деятельность человека всё более вторгается в горные районы и даже в пределы особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Тебердинский государственный природный биосферный заповедник входит в международную систему биосферных резерватов ЮНЕСКО, осуществляющих глобальный экологический мониторинг [2, 6, 7]. Город-курорт Теберда и туристический центр – пос. Домбай расположены в долине Теберды и, соответственно, оказывают определённое воздействие на водные ресурсы территории. Насколько разнообразны виды антропогенной деятельности в этой зоне, не разрушают ли они окружающую среду и не истощают ли биологические ресурсы – всё это ещё предстоит выяснить. Целью наших исследований было определить антропогенную нагрузку на главную реку заповедной зоны на фоне одного из её притоков.

Бассейн реки Теберды расположен в диапазоне абс. высот 525-2900 м. Вертикальный градиент атмосферных осадков – 77 мм/100 м. Средний годовой объём речного стока – 1,037 км³ [7]. Река (фото 1, обложка) является одним из основных полноводных левых притоков Кубани, вода которой, орошая земли Ставропольского и Краснодарского краёв, впадает в Чёрное море. Протекая по заповедной территории, р. Теберда является источником питьевого и хозяйственного водоснабжения, используется для рыбоводства (форельное хозяйство), а также несёт рекреационную нагрузку.

Бассейн р. Уллу-Муруджу – один из наиболее заозёрных в Тебердинском заповед-

нике. В истоках реки сосредоточено 24 глубоких (до 50 м) ледниковых озера общей площадью зеркала 0,37 км² [2]. Одно из них, Муруджу Голубое, представлено на фото 2 (обложка). Эти водоёмы лежат на дне цирков и каров на абс. высоте 2660-3185 м. Котловины озёр располагаются в кристаллических породах палеозоя и протерозоя (граниты, гнейсы, амфиболиты), отличающихся повышенной устойчивостью к разрушению и слабо подвержены выщелачиванию. Почвы горнолуговые и горные лесные маломощные. На фото 3 (обложка) показана долина Муруджу. Регион отличается обильным увлажнением и связанным с этим усиленным стоком в летнее время года. Всё это обуславливает малую минерализацию воды озёр и рек. Последняя здесь колеблется для озёр от 8,3 до 115 мг/л. Разнообразие горных пород создаёт различные сочетания по гидрохимическому составу этих водоёмов, в целом для озёр региона характерно преобладание гидрокарбонатного и в меньшей мере сульфатного типов [2].

Для оценки экологического состояния рек учитывается взаимодействие факторов самоочищения и техногенной нагрузки [3]. Косвенной характеристикой техногенной нагрузки могут служить сведения об объёмах и структуре сточных вод, отнесённые к единице площади бассейна или к объёму речного стока. Разбавление является основным фактором изменения средних концентраций примеси, поэтому при учёте характеристик диффузного загрязнения от малых рассредоточенных источников определяют коэффициент разбавления (КР) концентраций примеси ниже от места поступления сточных вод. В настоящее время известно, что КР характе-

ризует общий уровень загрязнения и хорошо коррелирует с характеристиками качества воды, например, с индексом загрязнённости воды (ИЗВ). По данным В.И. Стурмана, коэффициенты корреляции между КР и ИЗВ по Удмуртии составили 0,732 по стационарным гидропостам и 0,603 по точкам эпизодического опробования [8].

Самоочищающая способность водных объектов зависит от процессов распада, трансформации и утилизации загрязняющих веществ (ЗВ), что приводит к восстановлению первоначальных свойств и состава водной среды. Оценку самоочищения по отношению к легкоокисляемому органическому веществу дают по показателям биохимического потребления кислорода (БПК). Показатели качественного состава воды учитываются для расчёта потенциального риска загрязнения для здоровья как вероятность развития нежелательных эффектов у населения при определённых уровнях и продолжительности воздействия фактора окружающей среды [4].

Методика

Пробы воды нами отобраны во второй декаде мая в период половодья. Первая проба была взята из р. Уллу-Муруджу, абс. высота порядка 2315 м. Вторая – из р. Теберда ниже города, абс. высота около 1325 м.

Объём поступающих сточных вод источников загрязнения определялся по укрупнённым нормативам водоотведения с учётом численности населения, обеспеченности водопроводом и канализацией, количества домашних животных (КРС, овцы, козы, коневферма), наличия сельскохозяйственной и транспортной техники, а также некоторых предприятий. КР определялись исходя из среднегодового расхода воды (25 м³/с) и межennaleго (0,82 м³/с), т. е. при 95% обеспеченности, как этого требуют нормативные документы по установлению ПДС. Для определения КР объём всех сточных вод делился на сток [8].

Количественный химический анализ выполнялся в Центре лабораторного анализа и технических измерений г. Ставрополя (ЦЛАТИ). Использовались следующие методы определения: взвешенные вещества определялись гравиметрическим методом, водородный показатель – потенциометрией, БПК₅ и растворённый кислород – амперометрическим, фосфаты и нитриты – фотоколориметрией; фториды, хлориды, нитраты, сульфаты – хроматог-

рафическим методом. Определение содержания металлов (железо общее, медь, никель, свинец, цинк) проводилось методами атомно-абсорбционной спектрометрии. Расчёты потенциального риска здоровью, связанного с качеством воды, по содержанию в ней фосфатов проведены согласно гигиенической оценке степени напряжённости медико-экологической ситуации территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения, разработанной Госсанэпиднадзором Минздрава России [4]. Для расчёта риска неблагоприятного эффекта использовали уравнение:

$Prob = -2 + 3,32 * \lg (\text{концентрация} / \text{норматив})$, где Prob – величина, связанная с риском по закону нормального вероятностного распределения. Перевод величины Prob в величину риска проводили по таблицам гигиенической оценки, при этом оценивались риски немедленного и хронического воздействия.

Результаты и их обсуждение

Известно, что состав растворенных ионов в пресных водах зависит от реакций выветривания и разложения органического вещества в породах и почвах, а также от варьирующего состава дождевых осадков и сухих атмосферных выпадений [4]. Результаты анализа качества воды на реках Тебердинского заповедника представлены в таблицах 1 и 2.

Повышенное содержание фторидов, хлоридов, сульфатов в пробах воды притока по сравнению с водой главной реки, вероятно, связано с большим вкладом от разложения органики в почвах лесной зоны, через которую приток протекает, в р. Теберде они разбавляются.

Высокая насыщенность кислородом воды способствует разложению органических веществ, что осуществляется при участии бактерий и может происходить на любой глубине столба воды. Кислород поступает в воду в большей степени путем обмена газов на границе вода/воздух и частично – как побочный продукт фотосинтеза. В пресных водоёмах фотосинтез осуществляют крупные растения и фитопланктон. В наших пробах вода хорошо обеспечена кислородом, что вдвое больше предусмотренного нормативами.

Содержание взвешенных веществ р. Уллу-Муруджу ниже предела обнаружения; в р. Теберде, ниже города-курорта, оно составляет 23 мг/дм³, что выше ПДК для хозяйственно-питьевого водопотребления в 90 раз и выше ПДК

Таблица 1

Результаты химического анализа качества воды рр. Теберда и Уллу-Муруджу

Определяемый показатель	ПДК рыбохозяйственное	ПДК хоз.-питьевого и кул.- бытов. водопользования	Реки заповедника	
			р.Уллу-Муруджу	р. Теберда
Растворенный кислород, мг O ₂ /дм ³	He < 4,0	He < 4,0	8,75	8,03
БПК ₅ , мг O ₂ /дм ³	3,0	He > 2 хоз.-питьев. He > 4 для рекр. и ком.-быт.	0,56	0,80
Общая минерализация, мг/дм ³	1500	He > 1000	26	45
Взвешенные вещества, мг/дм ³	0,75 к фону	0,25 хоз.-питьев. 0,75 рекр., ком.-быт.	< 2,0	23
Водородный показатель, ед. рН	6,5 - 8,5	6,5 – 8,5	7,2	7,4
Цветность			Без цвета	Без цвета
Запах, баллов		He > 2 баллов	0	1,0
Прозрачность, см			> 20	15
Фосфаты, мг/дм ³	0,2		0,075	0,19
Аммоний-ион, мг/дм ³	0,5	1,5	< 0,05	< 0,05
Нитриты, мг/дм ³	0,08	3,3	< 0,020	0,026
Нитраты, мг/дм ³	40	45	0,37	0,64
Сульфаты, мг/дм ³	100	500	3,13	2,86
Хлориды, мг/дм ³	300	350	2,90	0,67
Фториды, мг/дм ³	0,05 к фону	для IV зоны 0,7	0,76	0,0012

для рекреационных и хозяйственно-бытовых целей в 30 раз. Концентрация взвесей может быть снижена в результате самоочищения водоёма – путем разбавления, химических, физико-химических, наконец, биологических трансформаций. Поскольку в р. Теберде содержание взвешенных веществ и общая минерализация выше, чем в притоке, то можно утверждать, что в реке существуют все предпосылки для более активного протекания фотохимических реакций образования и разложения органического вещества на свету с участием фитопланктона. Лимитирующими факторами интенсивности процессов биологического самоочищения является низкая температура и быстрое течение.

Скорость биохимического потребления кислорода увеличивается по мере того, как

возрастает количество поступающего органического вещества по причине как усиленного фотосинтеза в поверхностном эуфотическом слое, так и из-за прямого стока органических отходов, то есть сточных вод. Показатель БПК₅ в реке ниже города-курорта в 1,4 раза выше, чем в притоке. Растворённого же кислорода в притоке было в 1,08 раза больше, чем в реке, где он, как отмечалось, расходуется на окисление органики. Кроме кислорода, бактерии используют другие альтернативные окислители – нитраты. В природных пресных водах концентрация нитратов обычно очень низкая [1]. В наших пробах она была значительно ниже ПДК (в 60...100 раз). Однако в результате антропогенного привноса концентрация нитратов в р. Теберде ниже города в 1,7 раза выше, чем в притоке. Это увеличива-

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов в воде рр. Теберда и Уллу-Муруджу

Металл	ПДК рыбохозяй- ственное, мг/дм ³	ПДК хоз.-питьевого и культ.-бытового водопользования, мг/дм ³	р.Уллу-Муруджу		р. Теберда	
			мг/дм ³	σ, %	мг/дм ³	σ, %
Железо общее	0,1	0,3	< 0,01	1,28	< 0,01	2,40
Медь	0,001	1	< 0,001	4,18	< 0,001	6,20
Никель	0,01	0,02	< 0,001	1,18	< 0,001	2,86
Свинец	0,1	0,01	< 0,005	2,96	< 0,005	1,66
Цинк	0,01	1	< 0,01	4,83	< 0,01	3,50

Примечание: среднее квадратичное отклонение σ характеризует степень разбросанности результатов измерений относительно истинного значения.

ет доступность нитратов для восстановления бактериями. Нитратный азот растворим и не удерживается в почвах, в отличие от аммонийного азота. Поэтому нитратный азот атмосферной воды или удобрений, а также образующийся в результате окисления почвенной органики и отходов животных вымывается из почв в реки. Увеличение площадей пастбищного животноводства и рост интенсивности сельскохозяйственного производства может быть реальной причиной возрастающих концентраций нитратов.

Концентрация фосфатов в р. Теберде выше в 2,6 раза, чем в притоке и близка к ПДК – 0,19 мг/дм³. Вероятно, последнее связано с техногенным привнесением фосфатов в речную воду. Фосфор не содержится в атмосфере, его резервный фонд находится в земной коре, он является труднодоступным элементом. В настоящее время концентрация растворённых фосфатов в бытовых стоках возрастает вследствие широкого применения фосфатсодержащих моющих средств [5], а также фосфорных удобрений для сельского хозяйства.

Цветность воды, окраска может быть обусловлена присутствием в воде гумусовых и дубильных веществ, жиров, органических кислот и других соединений. Цветность в наших пробах отмечена не была.

При увеличении концентрации азота и фосфора скорость прямой реакции фотосинтеза возрастает, что приводит к эвтрофированию водоёма. В реке этому процессу мешает стремительность потока и низкая (8°C) температура воды. В прибрежных мелководьях, где течение замедляется и образуются водоёмы со стоячей, хорошо прогреваемой и освещаемой водой, поверхность воды бурно «цветёт» в летнее время. Принято считать, что «цветение» воды становится вероятным,

когда содержание минерального азота превышает 0,3-0,5 мг/дм³, а минерального фосфора – 0,01-0,03 мг/дм³ [1]. В наших пробах в реке содержание нитратов и фосфатов было выше, чем в притоке. Следовательно, сток этих элементов с прилегающей водосборной площади присутствует в количестве, достаточном для эвтрофирования воды.

Среднегодовой коэффициент кратности разбавления (КР) составил 0,00092; межennyй КР – 0,026. Из сопоставления расчётных характеристик КР с материалами мониторинга следует, что возможны устойчивые превышения ПДК в межень по фосфатам и взвешенным веществам. Значение ИЗВ, по нашим данным, составило меньше единицы, показателей ЗВ, которые бы превысили ПДК, не было. Такая вероятность может существовать для фосфатов в р. Теберде в межень, их содержание было на уровне 1 ПДК в половодье.

При концентрации фосфатов 0,19 мг/дм³ величина риска составляет 0,023. В этом случае риск немедленного воздействия характеризуется как удовлетворительный, тенденция к росту общей заболеваемости, как правило, не носит достоверного характера. При этом, однако, возможны жалобы населения, связанные с органолептическими свойствами питьевой воды. Риск хронического воздействия, оцениваемый по эффектам неспецифического действия, может рассматриваться как приемлемый, т. е. при данной ситуации отсутствуют неблагоприятные медико-экологические тенденции.

Содержание металлов в воде рр. Теберда и Уллу-Муруджу в наших пробах было ниже предела обнаружения (табл. 2).

В заключение можно сделать следующие выводы:

- при оценке локального распределения вредных химических веществ в окружающей среде необходимо учитывать водную миграцию реками, что особенно важно для ООПТ, имеющей статус биосферного резервата;
- расчёт коэффициента разбавления и сравнение его с данными наблюдений показал, что в межень существует вероятность устойчивого загрязнения неконсервативными соединениями – взвешенными веществами и фосфатами. Сток нитратов и фосфатов с прилегающей водосборной площади присутствует в количестве, достаточном для эвтрофирования мелководий;
- расчёт потенциального риска здоровью, связанного с содержанием фосфатов 0,19 мг/дм³ в воде, показал, что риск немедленного воздействия характеризуется как удовлетворительный, хронического воздействия – как приемлемый.

Литература

1. Гусакова Н.В. Химия окружающей среды. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. 192 с.

2. Ефремов Ю.В., Салпагаров Д.С. Озёра Тебердинского заповедника и сопредельных территорий: Труды Тебердинского госуд. природного биосферного заповедника / Ред. Ю.П. Хрусталева. Вып. 24. Ставрополь: Кавказский край, 2001. 112 с.

3. Железняков Г.В. Гидрология и гидрометрия. М.: Высш. школа, 1981. 264 с.

4. Иванов А.В., Тафеева Е.А. Состояние водных ресурсов и условия водоснабжения населения в нефтедобывающих районах республики Татарстан // Вод. ресурсы. 2006. Т. 33. №3. С. 273-282.

5. Калошин Ю.А. Технология и оборудование масложировых предприятий. М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2002. С. 292-306.

6. Липина Н.Н., Липин О.А. Озёра Тебердинского заповедника // Сб. науч. тр. / Ставроп. книж. изд-во, 1962. Вып. IV. С. 73-99.

7. Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Снежный покров и ледники бассейна реки Кубань: Труды Тебердинского госуд. природного биосферного заповедника. Вып. 41. Кисловодск, 2006. 244 с.

8. Стурман, В.И. Картографирование загрязнения вод суши // Экологическое картографирование: учебное пособие. М.: Аспект Пресс, 2003. С. 106-120.

УДК 504.3.054:547

Оценка загрязнения снежного покрова органическими соединениями в зоне воздействия выбросов целлюлозно-бумажного комбината

© 2007. М.И. Василевич, Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратёнок
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Проведён качественный и количественный анализ органических компонентов снежного покрова в зоне влияния выбросов целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК). Оценен вклад органических соединений в общем пуле выбросов химических поллютантов при формировании снежного покрова. Предложены критерии для установления загрязнения органическими веществами природных комплексов в зоне воздействия выбросов ЦБК.

The qualitative and quantitative analysis of snow cover organic components in a zone of influence of pulp-and-paper combine (PPC) emissions is carried out. The contribution of organic connections in a general bullet of emissions chemical pollutants at a snow cover formation is appreciated. Criteria for an establishment of pollution by organic substances of natural complexes in the influence zone of PPC emissions are offered.

Введение

В последнее время всё больше проявляется интерес к теоретической и прикладной направленности исследований снежного покрова [1, 2]. Загрязнённость снежного покро-

ва отражает степень антропогенного воздействия на окружающую среду, т. к. снег способен сохранять и накапливать вещества, поступающие на его поверхность из атмосферы. На основе информации о химическом составе