

Реализация перечисленных мер позволит внести существенный вклад в снижение эмиссии и увеличение стока CO<sub>2</sub> в лесах и тем самым в значительной степени будет способствовать устойчивому развитию лесного сектора Республики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Гульбе Т. А. и др. Определение запасов углерода по таксационным показателям древостоев: метод поучастковой аллометрии // Лесоведение. — 1998. — № 2.
2. Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И., Коровин Г. Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. — 1998. — № 3.
3. Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Коровин Г. Н. и др. Определение запасов углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионно-объемного методов // Лесоведение. — 1997. — № 5.
4. Hamburg S. P., Zamolodchikov D. G., Korovin G. N. et al. Estimating the carbon content of Russian forests; a comparison of phytomass/volume and allometric projections // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. — 1997. — Vol. 2, № 2–3.
5. Бобылев С. Н., Медведева О. Е., Сидоренко В. Н. и др. Экономическая оценка биоразнообразия // Проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия». — М.: ЦПРП, 1999.
6. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. — М.: Наука, 1993.
7. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / Под ред. В. В. Загребова. — М., 1992.
8. Кобак К. И., Кукуев Ю. А., Трейфельд Р. Ф. Роль лесов в изменении содержания углерода в атмосфере (на примере Ленинградской области) // Лесн. хоз-во. — 2001. — № 2.

Байкальский институт природопользования  
СО РАН, Улан-Удэ

Поступила в редакцию  
28 июня 2005 г.

УДК 574.635:579.68(282.256.0)

Е. С. ЯЦЕНКО, В. П. ВАСИЛЬЕВ

#### ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ОБИ В РАЙОНЕ ГОРОДА БАРНАУЛА

*Дана характеристика состояния р. Оби на основании химического состава воды. Установлены влияние сточных сбросов предприятий города на минерализацию воды, содержание взвешенных веществ, нитратов и нитритов, жесткость, щелочность, окисляемость, БПК. Отмечено, что ни один из рассматриваемых показателей не превышает предельно допустимой концентрации.*

*A characterization of the state of the Ob river is given, based on chemical composition of water. It is found that effluents from the city's enterprises influence the mineralization of water, content of suspended matter, nitrates and nitrites, hardness, alkalinity, and oxidation susceptibility, and biological oxygen demand (BOD). It is further pointed out that no one of the indices under consideration exceeds maximum allowable concentration.*

Современные экологические проблемы речных бассейнов возникли по мере развития цивилизации как следствие антропогенного воздействия на природу. Беспрецедентная в истории глобальная актуальность комплексного решения этих проблем на рубеже тысячелетий обусловлена, с одной стороны, осознанием мировым сообществом закономерной зависимости масштабов экологических катастроф от интенсивности антропогенной нагрузки на речные системы, с другой — насущной необходимостью конкретных действий, направленных на ее снижение и предотвращение деградации рек [1].

Барнаул — один из крупных, промышленно развитых городов Сибири. По данным Алтайского комитета государственной статистики динамика темпов роста объемов производства в промышленности Алтайского края с 1993 по 2002 г. существенно изменялась. Так, в 1998 г. наблюдался наибольший спад производства по сравнению с 1993 г., а с 1999 г. отмечался его подъем, и к 2002 г. уровень

© 2006 Яценко Е. С., Васильев В. П.

производства увеличился на 14,4 % по сравнению с 1998 г. В связи с этими данными целью нашей работы стало изучение в 2002 г. гидрохимических показателей вод р. Оби выше и ниже Барнаула, расположенного на левом берегу этой реки.

Реки Бия и Катунь, собирая сток в горном Алтае, сливаясь в 20 км ниже Бийска, образуют Обь, которая, прорезав Западно-Сибирскую равнину, впадает в Обскую губу Карского моря. Длина Оби от истока 5570 км, годовой сток 394 км<sup>3</sup>, площадь бассейна 2930 тыс. км<sup>2</sup>. Почти на всем протяжении это типично равнинная река. В обширной пойме шириной 20–30 км расположено большое количество рукавов и проток. Берега реки преимущественно низкие, заболоченные, глубины в межень 4–8 м, основное питание снеговое и дождевое. Обь вскрывается ото льда в верховьях у Барнаула около 20 апреля, в нижнем течении — в конце мая, замерзает сначала в низовьях (середина сентября), а затем в верховьях (начало ноября). В середине лета температура воды в реке варьирует от 12 до 20 °С. Регулярное судоходство осуществляется по всему ее руслу.

В районе Барнаула направление течения Оби можно охарактеризовать как северо-западное, вследствие чего весной на ней наблюдаются заторы, а осенью зажоры, мощность которых усиливается вниз по течению. Русло Оби шириной 700 м прижато к склону долины высотой 80–100 м. Этот очень крутой склон, в верхних слоях сложенный суглинками, а в нижних — тяжелыми глинами, сильно расчленен оврагами и подвержен оползням, вызываемым размывом коренных берегов со скоростью около 0,5 м/год. Пойма Оби преимущественно правобережная. Высота пойменных берегов над межненным уровнем воды составляет два-четыре метра.

Водный режим реки у Барнаула характеризуется растянутым, имеющим гребенчатый вид половодьем и низкой устойчивой зимней меженью. В период половодья осуществляется 70 % годового стока реки. Зачастую половодье имеет две волны: первая — в апреле–мае, в результате таяния снега в равнинной части бассейна; вторая — несколько больше первой, обычно в июне, в результате таяния горных ледников и снегов. За пять зимних месяцев (с ноября по март) по реке проходит 10 % ее годового стока. Наименьшие расходы наблюдаются в конце периода зимней межени. Устойчивый ледостав с толщиной льда 0,9–1 м отмечается в первой декаде ноября. Летняя межень вследствие таяния снегов и ледников в горах невелика по протяженности. Медленный спад уровня начинается в конце июня–первой половине июля. Низкие уровни при открытом русле наблюдаются в середине сентября, их минимальная величина отмечается в период ледостава — обычно в марте. Средняя и максимальные скорости течения возрастают с увеличением уровня и достигают соответственно 2,5 и 3,08 м/с [2].

При исследовании пробы речной воды отбирались ежемесячно по левому берегу Оби, выше города (в районе второго речного водозабора) и ниже (в районе коммунальных очистных сооружений № 2) с мая по октябрь из поверхностного горизонта (20 см), а с ноября по апрель — из камеры водозабора и лунок. Пробы помещались в полиэтиленовые канистры объемом пять литров и в течение двух-трех часов доставлялись в лабораторию. По общепринятой методике определялись прозрачность воды, сухой остаток, взвешенные вещества, рН, жесткость, щелочность, ионы аммония, нитриты, нитраты, хлориды, сульфаты, окисляемость перманганатная, биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), растворенный кислород, нефтепродукты, фенолы, СПАВ, фтор; металлы выявлялись методом атомно-адсорбционной спектрометрии (см. таблицу).

В ходе анализа химического состава вод Оби выше и ниже Барнаула выявлены следующие особенности. Важный показатель качества воды — величина рН. Как свидетельствуют данные наблюдений в исследуемой водной системе, изменения рН лишь схематично носят сезонный характер с максимальными значениями в период летней межени. Влияние сточных вод города на этот показатель практически не прослеживается.

Значительно изменяются в течение года взвешенные вещества и прозрачность. В период устойчивой зимней межени содержание взвешенных веществ в воде незначительно (3–10 мг/дм<sup>3</sup>), а прозрачность максимальная — около 30 см. В период половодья возможно увеличение взвешенных веществ до 64 мг/дм<sup>3</sup> (апрель) и уменьшение прозрачности до 7 см. Анализ динамики концентраций взвешенных веществ в речных водах позволяет отметить, что ниже города в течение всего года она в среднем на 30 % превышает их содержание выше города (исключение — паводок). Прозрачность вниз по течению реки уменьшается незначительно.

Минерализация воды, изменяющаяся в пределах 88–217 мг/дм<sup>3</sup>, как и концентрация основных ионов, имеет четко выраженный сезонный характер. Ее минимальные значения наблюдаются в весенний паводковый период, максимальные — во время зимней межени. Отмечено устойчивое увеличение (в среднем на 20 %) суммы минеральных солей ниже города, что свидетельствует о загрязненности реки сточными водами.

По жесткости вода изменяется в течение года от мягкой с мая по декабрь (2,0–3,5 мг · экв/дм<sup>3</sup>) до умеренно жесткой в последние месяцы ледостава (февраль и март). В апреле с началом повышения

## Средние значения качественного состава вод Оби выше (а) и ниже (б) Барнаула в 2002 г.

Показатели	Подледный период		Паводок		Летняя межень		Осенняя межень	
	б		а		а		а	
	а	б	а	б	а	б	а	б
Прозрачность, см	29,5 ± 3,10	28,2 ± 5,05	11,0 ± 5,12	14,1 ± 7,07	12,7 ± 6,09	8,5 ± 4,07	14,3 ± 5,10	13,6 ± 4,05
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	3,1 ± 0,05	5,3 ± 1,05	42,3 ± 2,61	31,5 ± 4,11	25,5 ± 7,08	39,5 ± 9,04	10,3 ± 4,13	15,0 ± 2,09
pH, ед.	7,80 ± 0,14	7,90 ± 0,13	7,80 ± 0,14	7,75 ± 0,61	8,10 ± 0,11	8,10 ± 0,09	8,05 ± 0,06	8,05 ± 0,06
Жесткость общая, мг · экв/дм <sup>3</sup>	2,63 ± 0,14	2,90 ± 0,13	1,93 ± 0,11	2,33 ± 0,99	1,45 ± 0,10	1,45 ± 0,12	1,71 ± 0,14	2,10 ± 0,62
Щелочность, мг · экв/дм <sup>3</sup>	1,22 ± 0,30	2,98 ± 0,43	1,54 ± 1,21	2,44 ± 0,72	1,64 ± 0,74	1,51 ± 0,21	1,40 ± 0,10	2,21 ± 0,42
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	6,1 ± 1,5	10,0 ± 3,2	10,3 ± 1,4	11,2 ± 1,2	8,4 ± 0,8	8,3 ± 0,1	5,1 ± 0,6	6,2 ± 2,3
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	15,2 ± 4,2	26,0 ± 6,2	13,6 ± 3,3	14,7 ± 1,1	7,5 ± 0,7	8,4 ± 0,9	12,0 ± 3,2	17,0 ± 2,4
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	166 ± 15	217 ± 16	131 ± 22	171 ± 94	88 ± 6	100 ± 46	115 ± 5	135 ± 40
Кислород растворенный, мг/дм <sup>3</sup>	12,10 ± 1,53	10,35 ± 3,11	10,63 ± 1,82	11,19 ± 1,71	8,81 ± 1,26	8,83 ± 0,12	11,48 ± 2,34	10,22 ± 2,41
Азот, мг/дм <sup>3</sup>								
аммонийный	< ПО	0,59 ± 0,15	0,1 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,14 ± 0,07	0,12 ± 0,06	< ПО	< ПО
нитритный	0,01 ± 0,016	0,05 ± 0,010	0,01 ± 0,000	0,04 ± 0,010	0,02 ± 0,000	0,01 ± 0,000	0,01 ± 0,000	0,02 ± 0,000
нитратный	2,86 ± 0,58	3,88 ± 1,05	1,51 ± 0,79	1,99 ± 0,97	0,88 ± 0,18	1,13 ± 0,31	1,32 ± 0,52	1,75 ± 1,23
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,14 ± 0,35	1,10 ± 0,51	1,78 ± 0,47	1,57 ± 0,53	1,37 ± 0,22	1,7 ± 0,32	1,27 ± 0,13	1,61 ± 0,35
Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,22 ± 0,31	0,86 ± 0,14	4,3 ± 1,28	2,57 ± 1,69	1,64 ± 0,71	2,56 ± 0,52	1,49 ± 0,18	1,7 ± 0,92
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,2 ± 0,06	0,31 ± 0,13	0,36 ± 0,10	0,38 ± 0,11	0,13 ± 0,05	0,20 ± 0,08	0,12 ± 0,12	0,2 ± 0,11
Мель, мкг/дм <sup>3</sup>	3,0 ± 0,01	3,9 ± 0,01	2,6 ± 0,01	2,4 ± 0,01	2,1 ± 0,05	1,9 ± 0,03	1,8 ± 0,02	1,7 ± 0,03
Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	2,7 ± 1,2	8,6 ± 2,6	10,0 ± 4,0	8,1 ± 3,6	3,4 ± 1,5	5,0 ± 1,7	3,1 ± 1,0	3,0 ± 1,2
Свинец, мкг/дм <sup>3</sup>	< ПО	1,7 ± 0,03	1,7 ± 0,03	0,5 ± 0,02	0,5 ± 0,03	0,5 ± 0,04	2,5 ± 0,03	0,7 ± 0,01
Кадмий, мкг/дм <sup>3</sup>	0,02 ± 0,003	0,03 ± 0,005	0,04 ± 0,005	0,06 ± 0,005	0,01 ± 0,003	0,01 ± 0,003	0,06 ± 0,003	0,12 ± 0,005
Никель, мкг/дм <sup>3</sup>	0,7 ± 0,03	0,9 ± 0,03	2,0 ± 0,03	1,0 ± 0,03	0,8 ± 0,52	0,4 ± 0,32	0,6 ± 0,03	0,4 ± 0,04
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	0,016	0,025	0,012	0,02

Примечание. Концентрации фтора, ртути, молибдена, цианидов, мышьяка, хрома, СПАВ ниже предела обнаружения (ПО).

водности жесткость уменьшается, достигая минимальных значений на спаде половодья ( $1,4 \text{ мг} \cdot \text{экв/дм}^3$ ). Устойчивое увеличение жесткости (на 12 %) и щелочности (на 36 %) в течение всего года наблюдается вниз по течению Оби в районе Барнаула.

Содержание хлоридов и сульфатов в воде незначительно, и изменение их концентрации вниз по течению практически отсутствует.

За весь период обследования в воде выявлено наличие биогенных загрязнителей группы азота. Содержание ионов аммония изменяется в узких пределах ( $0-0,6 \text{ мг/дм}^3$ ). Повышение концентрации загрязнителей ниже города приурочено к периодам зимней межени, когда в условиях минимальных расходов сброс недостаточно очищенных стоков оказывает наиболее интенсивное влияние. Содержание нитритов в годовом цикле можно характеризовать как устойчивое или плавно меняющееся. Отмечается тенденция к увеличению их содержания ниже города в период зимней межени и половодья, в среднем на 23 %.

В пробах воды р. Оби постоянно тестируются нитраты. Как свидетельствует их среднее содержание, режим этих загрязнителей очень динамичен и всегда характеризуется увеличением концентрации ниже города. Их количество выше и ниже города различается на 25 % в сторону увеличения вниз по течению реки.

БПК<sub>5</sub> и перманганатная окисляемость выше по течению в подледный период больше, чем ниже по течению — на 4 и 30 % соответственно, что объясняется несанкционированными подледными сбросами в населенных пунктах, находящихся выше по течению реки. В паводковый период разница концентраций выше и ниже города составила 12 % по БПК<sub>5</sub> и 60 % по окисляемости, что связано со смывом паводковыми водами гумуса с полей, расположенных выше города. В период летней и осенней межени БПК<sub>5</sub> и перманганатная окисляемость под влиянием сточных вод возрастают ниже города на 12 и 29 % соответственно.

Важный показатель, определяющий характер гидробиологических процессов, — растворенный кислород, который может рассматриваться как индикатор антропогенного воздействия на речную систему. Его концентрация в воде зависит от ее температуры и загрязнения. Максимальная концентрация кислорода ( $14,56 \text{ мг/дм}^3$ ) в воде возможна при растворении в ней воздуха при температуре  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  [3].

Содержание растворенного кислорода в воде Оби ниже города в течение всего года в среднем на 6 % меньше, чем выше по течению, что свидетельствует о загрязнении природных вод стоками городских предприятий. Лишь в период летней межени его концентрация вниз по течению практически не меняется. В этот период она минимальна, так как температура воды в это время максимально высока.

Изучение загрязнения тяжелыми металлами занимает важное место в исследованиях динамики качества речных вод. Ежемесячный анализ содержания металлов в точках наблюдения показал, что в пробах воды регулярно обнаруживаются железо, медь, цинк, кадмий, свинец и никель. Из этих металлов только железо имеет устойчивое увеличение концентрации (на 10 %) вниз по течению. В паводковый период в пробах обнаруживается марганец.

Общей закономерностью является повышение концентраций в периоды с минимальным расходом воды (сентябрь—октябрь) и паводковый, поскольку в мае—июне происходит активный смыв металлов с поверхности водосбора снеговыми водами. При этом концентрации в пробах ртути, молибдена, мышьяка, хрома ниже предела обнаружения. Необходимо отметить, что содержание тяжелых металлов изменяется симбатно в границах погрешности методики измерений, что свидетельствует об отсутствии выраженного загрязнения ими вод Оби.

Уровень содержания в речной воде фенолов в границах города находится ниже пределов обнаружения. Выявлено лишь однократное ее увеличение ( $0,005 \text{ мг/дм}^3$ ) ниже города в феврале, что можно объяснить несанкционированным сбросом сточных вод. Количество нефтяных углеводородов в поверхностных водах изменяется от 0 до  $0,025 \text{ мг/дм}^3$ . Максимальное значение зафиксировано в августе ниже города. В паводковый и подледный периоды нефтепродукты в реке не обнаружены. Концентрации СПАВ, фтора и цианидов в воде ниже пределов обнаружения.

Таким образом, результаты исследований динамики качества воды р. Оби в районе Барнаула свидетельствуют о явном влиянии на ее показатели сточных вод предприятий города. Недостаточная их очистка ведет к тому, что ниже их выпусков существенно возрастают минерализация (на 20 %), содержание взвешенных веществ (на 30 %), жесткость (на 12 %), щелочность (на 36 %), содержание нитратов и нитритов (соответственно на 23 и 25 %), окисляемость (на 29–60 %), БПК<sub>5</sub> (на 12 %), содержание железа (на 10 %), заметно уменьшается количество растворенного кислорода (на 6 %). Однако ни один из рассматриваемых показателей не превышает предельно допустимой концентрации.

Полученные результаты могут служить информационной базой для принятия решений по повышению эффективности и проведению природоохранных мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения водных объектов и предотвращение деградации речного бассейна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Райнин В. Е., Виноградова Г. Н. Техногенное загрязнение речных экосистем. — М.: Научный мир, 2002.
2. Крогов А. П., Гончаров В. Д., Дьячков В. Н. и др. Взаимодействие руслового процесса реки с инженерными сооружениями. — М.: Стройиздат, 1996.
3. Горбачев Е. А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников. — М.: Изд-во Ассоциации строит. вузов, 2004.

*Алтайский государственный университет,  
Барнаул*

*Поступила в редакцию  
28 апреля 2005 г.*

УДК 551.435

**Н. С. ЕВСЕЕВА, З. Н. КВАСНИКОВА**

### **ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ ТОМЬ-ЯЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

*Рассмотрены эколого-геохимические аспекты эрозии почв от стока талых вод в агроландшафтах таежной зоны юго-востока Западно-Сибирской равнины.*

*We examine the ecological-geochemical aspects of soil erosion caused by melt water runoff in agrolandscapes of the taiga zone of the southeastern West-Siberian Plain.*

Эрозия почв — мощный фактор перераспределения вещества на земной поверхности и основной поставщик наносов и химических элементов в реки и водоемы. Только с пахотных земель России ежегодно смывается около 560 млн т субстрата [1]. Внесенные в почвы агроландшафтов и перемещенные в другую геохимическую обстановку химические и биологические вещества (минеральные и органические удобрения, пестициды и др.) часто выступают как загрязнители окружающей среды. Почва при ее эрозионном перемещении в ландшафте сама может рассматриваться как загрязняющее вещество, как фактор, снижающий качество водных ресурсов и способствующий неблагоприятной эволюции (деградации) ландшафта. Нами рассмотрены эколого-геохимические аспекты эрозии почв на примере юго-востока Западно-Сибирской равнины (Томская область).

Предпринята попытка оценить роль талых вод в перераспределении твердого вещества на земной поверхности и в загрязнении малых водосборов рек в сельскохозяйственных ландшафтах [2, 3]. Для решения поставленной задачи рассмотрены данные 18-летних наблюдений за снежным покровом на Лучановском стационаре (Томь-Яйское междуречье), за интенсивностью снеготаяния, стоком талых снеговых вод; выполнен химический анализ снеговых вод и твердого осадка в них (1993–2004 гг.), за период 2001–2004 гг. определены мутность воды в струйчатых размывах, химический состав твердого осадка временных водотоков и делювия конусов выноса.

Методика исследований снежного покрова (отбор проб, определение химического состава вещества в снеговой воде и сухом остатке) достаточно хорошо разработана [4, 5]. Отбор снега производился в пределах катены плакор–депрессия (рис. 1) снегомером ДС-8 на всю глубину снежного покрова, за исключением его нижнего слоя (около 5 см). Сборная проба состояла из 9–13 частных, что обеспечило получение 3–7 л талой воды.

Обработка проб проводилась по стандартной методике — снег в эмалированных или стеклянных сосудах таял при комнатной температуре в течение 1–2 сут. Талая снеговая вода двукратно отфильтровывалась через бумажные беззольные фильтры типа «синяя лента». Затем водный фильтрат анализировался в лаборатории, а бумажные фильтры с твердым остатком высушивались, взвешивались, озолялись в муфельной печи и также передавались для анализа. Химический и механический состав снеговой воды, твердого остатка и концентрация в них макроэлементов определялись физико-химическими и химическими методами в лаборатории кафедры почвоведения Томского государственного

© 2006 Евсева Н. С., Квасникова З. Н. (e-mail: zojkwas@rambler.ru)