

**АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ
КАЧЕСТВА РЕЧНЫХ ВОД ПРИАМУРЬЯ**

В.П. Шестеркин

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Ким Ю Чена 65,
Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

Рассмотрено влияние природных пожаров, стоков жилищно-коммунального хозяйства, гидроэнергетического строительства, горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности на качество речных вод Приамурья.

**ANTHROPOGENIC FACTORS OF WATER QUALITY
FORMATION IN PRIAMURYE**

V.P. Shesterkin

*Institute for Water and Ecological Problems, FEB RAS, 65 Kim Yu Chen Str.,
Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

The discussion is focused on the impact of housing and municipal services, mining and processing industries, hydropower constructions, and natural fires on River water quality in Priamurye.

Хозяйственное освоение Приамурья, охватывающее 150-летний период (после заключения Айгунского договора), проявляется на местном, бассейновом и региональном уровнях, существенно влияет на содержание растворенных веществ в воде рек, вызывает появление в ней новых веществ и соотношений компонентов химического состава воды.

Среди антропогенных факторов по масштабам воздействия на качество речных вод доминируют природные пожары. Этому способствует высокая лесистость в российской и китайской частях бассейна Амура (66,7 и 41 % соответственно). Поэтому риск возникновения пожаров существует всегда. В Хабаровском крае периодически, раз в 22 года они достигают катастрофических размеров (1954, 1976 и 1998 гг.). Наиболее крупными были пожары в 1998 г., когда образовались гари на площади 2,4 млн. га.

Огненная минерализация растительности обуславливает появление на поверхности водосборов большого количества обугленных растительных остатков и золы, которые вымываются талыми снеговыми водами и атмосферными осадками. После низового устойчивого пожара высокой интенсивности в лиственничнике зеленомошном образуется около 2,5 т/га золы, в которой содержится: кальция –

21 кг; магния – 48 кг; калия – 61 кг; фосфора – 17 кг (Шешуков и др., 1992). Наибольшее количество зольных веществ поступает в русловую сеть после пожаров во время продолжительных дождей.

Талые воды Эворон-Чукчагирской равнины после катастрофических пожаров 1976 г. характеризовались повышенным содержанием фосфатов ($< 2,0 \text{ мг/дм}^3$), иногда гидрокарбонатов кальция и магния (Иванов и др., 1977). Больше минеральных и органических веществ было в талых водах на горях, образованных низовыми пожарами. В бассейн р. Кия такие воды имели сульфатно-кальциевый состав и повышенную концентрацию нитритного азота и фосфатов.

В районах торфяных пожаров талые воды отличаются высокой цветностью ($< 310^\circ$) и гидрокарбонатно-аммониевым составом, аномальным для речных вод содержанием аммонийного и нитритного азота (до $36,7$ и $0,096 \text{ мгN/дм}^3$, соответственно), фосфатов (до $8,78 \text{ мг/дм}^3$), которые значительно превышают значения ПДК (Шестеркин и др., 2009). Катастрофические лесные пожары обуславливают более масштабные преобразования таежных экосистем. Огонь проходит значительные массивы леса. При верховых пожарах сгорает хвоя и подлесок, обугливаются древесные стволы, а при валежных пожарах, возникающих на старых горях и неочищенных лесосеках, растительный покров выгорает до минерального слоя. Поэтому первые вызывают появление гарей с большим количеством обугленной древесины, а вторые – зольных веществ, влияние которых на качество речных вод сказывается в течение длительного периода.

Верховые пожары, как свидетельствуют наблюдения в бассейн р. Анюй в 1999–2010 гг., обуславливают слабое повышение минерализации воды. В 2010 г., по сравнению с 2000 г., была отмечена в 1,1 и 1,2 раза более низкая среднегодовая концентрация иона кальция и гидрокарбонатного иона соответственно, в 1,2 раза более высокая – сульфатного иона (рис. 1). Такая динамика содержания этих ионов обусловлена длительным выщелачиванием зольных веществ и аккумуляцией продуктов горения, поступающих в бассейн Анюя из других охваченных пожарами районов (Шестеркин, Шестеркина, 2002).

Верховые пожары вызывают появление в воде высокой концентрации нитратного азота. Максимальное его значение отмечалось в 2002–2003 гг. ($1,76 \text{ мгN/дм}^3$), а наименьшее – в 2010 г. ($0,52 \text{ мгN/дм}^3$). Такое поведение нитратного азота обусловлено атмосферным его переносом из других охваченных огнем районов и сорбцией обугленными растительными остатками. Данное предположение основано на более высоком содержании этого вещества в воде этих рек по сравнению

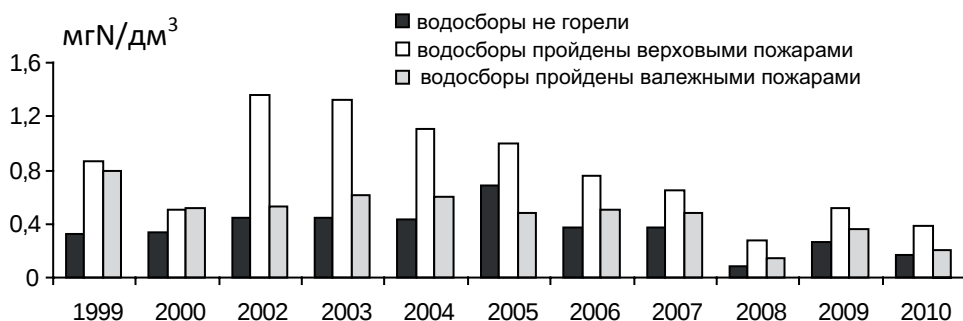


Рис. 1. Содержание нитратного азота в воде рек бассейна р. Анюй в 1999–2010 гг.

с водой рек фоновых участков (в 2,6 раза) и восточных склонов Сихотэ-Алиня (в 11,2 раза). Подтверждается это предположение и материалами по качеству воды р. Куптурку, в воде которой в течение 1999–2002 гг. среднегодовая концентрация нитратного азота не превышала $0,53 \text{ мгN/дм}^3$, а после пожара в 2003 г. возросла в 1,7 раза (площадь гари составила 500 га). Кривые сезонного распределения содержания нитратного азота в воде рек имеют схожий характер. В многолетнем аспекте выделяется первый пост пожарный год, когда максимальная концентрация до $1,3 \text{ мгN/дм}^3$ наблюдалась в сентябре, а наименьшая – перед ледоставом. В последующие годы ход кривой сезонного распределения нитратов изменился – наибольшее содержание отмечалось в октябре–ноябре.

Валенные пожары обуславливают в воде более высокое содержание гидрокарбонатного иона и иона кальция (в среднем в 1,9 раза), сульфатного и фосфатного ионов (в среднем в 1,4 и 2,3 раза соответственно). Максимальное содержание растворенных веществ в воде в 2010 г. составляло $67,5 \text{ мг/дм}^3$, а среднегодовое – $60,2 \text{ мг/дм}^3$. Наибольшая за период мониторинга минерализация воды отмечалась в июле 2003 г. – $77,1 \text{ мг/дм}^3$. Определенная трансформация наблюдается и в химическом составе воды. В 2010 г. по сравнению с 1999 г. среднегодовое содержание иона кальция, нитратного азота и фосфатов снизилось в 1,1, 2,1 и 1,2 раза, соответственно, а сульфатных ионов возросло в 1,8 раза.

Появление гарей оказало большое влияние и на химический состав воды р. Ануй. Если до пожара 1997–1998 гг. среднегодовая концентрация нитратного азота в воде не превышала $0,24 \text{ мгN/дм}^3$, то после пожара она достигала $0,32$ – $0,53 \text{ мгN/дм}^3$. Расчеты показывают, что в 1999 г. с одного км² гарей в русловую сеть дополнительно поступило 240 кг нитратного азота и 15,5 кг фосфатов. На второй год эти значения были значительно ниже: 170 кг нитратного азота 5 кг фосфатов (Шестеркин и др., 2002). Учитывая большие площади гарей можно говорить о значительном выносе биогенных веществ в экосистему Амура. Наиболее остро влияние антропогенных факторов сказывается на качестве воды малых рек селитебных территорий, нередко дренирующих полигоны промышленных и бытовых отходов. Источниками загрязнения речных вод являются сосредоточенные сбросы коммунальных и производственных сточных вод, неточечные источники загрязнения водосборной площади (соединения азота, нефтепродукты и др.). В Хабаровске наиболее загрязненными водотоками являются реки Черная и Березовая, вода которых характеризуется высокой минерализацией (200 – 600 мг/дм^3), содержанием аммонийного (до $10,9 \text{ мгN/дм}^3$) и нитритного (до $0,23 \text{ мгN/дм}^3$) азота, фосфатов (до $15,2 \text{ мг/дм}^3$) и органического вещества ($< 305 \text{ мг O/дм}^3$). Летом вода этих рек «цветет», зимой в ней появляется дефицит кислорода (Шестеркин, Шестеркина, 1999). Большое влияние на качество речных вод оказывает и использование песчано-соляных смесей. Максимальная концентрация растворенных веществ в русловую сеть поступает с ливневыми и талыми снеговыми водами. Низкая концентрация растворенных веществ и удовлетворительное содержание кислорода отмечены лишь в воде рек, которые дренируют дачные участки.

В таежных поселках влияние хозяйственной деятельности проявляется в увеличении, при ливневых дождях значительном, мутности речных вод. Этому способствует крутизна склонов и нарушенность почвенного покрова. Так, в воде р. Левый Ул содержание этих веществ до паводка составляло $6,5 \text{ мг/дм}^3$, а на его

Таблица

Параметры крупных водохранилищ бассейна р. Амур

Водохранилища	Площадь зеркала, км ²	Объем, км ³		Максимальная глубина, м	Длина, км	Коэффициент водообмена
		полный	полезный			
Зейское	2 420	68,4	32,1	98	225	0,36
Бурейское	800	22,5	11,5	124	230	1,27
Сунхуаху	550	10,8	5,35	90	170	1,28
Байшань	16,5	6,43	4,86	-	90	1,17
Ланхуа	15,1	4,18	1,59	-	190	-
Шихугуа	-	0,39	0,15	-	-	2,26
Хонгши	-	0,15	0,01	-	430	54,3
Нижне-Зейское*	202	2,40	0	35,5	220	15
Нижне-Бурейское*	156	2,03	0,08	34	90	14

Примечание: * – планируемые водохранилища.

пике – 69,2 мг/дм³. Ниже по течению содержание взвешенных веществ достигало 1324 мг/дм³ (Сиротский и др., 1994). Наряду с этими веществами в воде также возрасла концентрация соединений азота и фосфора.

Развитие гидроэнергетики в основном сказывается на гидрохимическом режиме средних и больших рек. Происходит трансформация химического стока, сглаживается амплитуда колебаний концентраций главных ионов и минерализации воды, за счет процессов самоочищения снижается содержание биогенных и органических веществ. В бассейне Амура наибольшее количество водохранилищ создано в китайской его части (таблица). На р. Сунгари появились водохранилища Сунхуаху, Байшань и Хонши, создается Шихугуа. В нижнем течении зарегулирована река Муданцзян. Наиболее крупные по объему Зейское и Бурейское водохранилища появились и в российской части бассейна Амура. Создание низконапорных водохранилищ запланировано и в низовьях рек Зея и Буря. В настоящее время водохранилищами России и Китая аккумулируется до 1/3 годового стока р. Амур.

Зарегулирование р. Буря изменило химический состав воды. Улучшился зимний кислородный режим – концентрация кислорода в воде в марте 2008 г. составляла 11,3 мг/дм³. Снизилась минерализация воды. В период наполнения водохранилища (2003–2007 гг.) среднегодовое ее значение изменялось от 25,2 до 31,8 мг/дм³, а среднееголетнее значение составляло 28,2 мг/дм³. В два раза ниже стала она зимой. Большие изменения произошли и в содержании железа. В первые годы существования водохранилища его среднегодовая концентрация в воде ниже плотины находилась в пределах 0,26–0,39 мг/дм³, а среднееголетнее значение составляло 0,32 мг/дм³, т.е. по сравнению с 1966–1983 гг. возросло в 1,2 раза. Более чем в три раза увеличилась и цветность воды.

Горнодобывающая отрасль, старейшая в Приамурье, активно стала развиваться с открытием богатых золотых россыпей на реках Ольдой и Джалинда, появлением в 1871–1876 гг. Селемджинского, Ниманского и Кербинского золото-промышленных районов. В последние годы в связи с выработкой россыпей ос-

ваиваются золоторудные месторождения Многовершинное (Хабаровский край), Токурское и Покровское (Амурская область), Дарасунское и Ключевское (Забайкальский край). Перспективными являются Албазинское и Селемджинское месторождения. Загрязнение речных вод в районах добычи происходит в результате усиления физического и химического выветривания отвалов горных пород и применения химических веществ (цианид натрия, хлорная известь и др.) для переработки пород. Отмечено увеличение стока растворенных веществ в русловую сеть, как в период эксплуатации месторождений, так и после их отработки (Замана, Чечель, 2001). Горные работы в карьерах и штольнях приводят к окислению сульфидных минералов в отвалах, поступлению больших количеств сульфатных ионов в речную сеть. Наряду с этим водотоки обогащаются ионами натрия, кальция и магния вследствие сернокислого выщелачивания вскрышных пород. Поэтому речные воды характеризуются на порядок более высоким содержанием сульфатного иона и минерализацией воды (до 98,5 и 180 мг/дм³ соответственно). Наиболее заметно влияние шахтных вод на качество воды рек проявляется при низких расходах воды. Загрязнение продуктами выветривания отходов горнорудного производства наблюдается и на реках более высоких порядков. Использование взрывчатых веществ при вскрышных работах вызывает увеличение содержания нитратного и нитритного азота (до 3,7 и 0,02 мгN/дм³ соответственно). Использование в технологическом процессе для извлечения золота больших количеств цианида натрия, хлорной извести, едкой щелочи и других веществ может вызывать появление вод с высоким содержанием иона натрия и хлоридного иона, нитратного и нитритного азота, вод хлоридно-натриевого состава. В наибольшей степени это влияние проявляется в воде ручьев, которые дренируют хвостохранилища.

Более ста лет назад началась в Приамурье добыча угля. В настоящее время она осуществляется в большинстве субъектов российской части бассейна р. Амур. На Ургальском угольном месторождении сбросы шахтных вод в русловую сеть обуславливают в водотоках повышенную минерализацию воды (> 100 мг/дм³) и величину рН (до 8,0), содержание аммонийного азота. В воде р. Чегдомын ниже сброса шахтных вод величина минерализации в летнюю межень повышается на 50–100 мг/дм³, а в зимнюю достигает 200 мг/дм³. Много растворенных веществ в русловую сеть поступает также при выщелачивании дождями отвалов пустой породы и угольных складов.

Суммируя вышесказанное можно констатировать, что хозяйственная деятельность оказывает локальное влияние на химический состав местного стока. Общее представление о влиянии антропогенных факторов на качество речных вод и о характере его трансформации дает схема на рис. 2, в которой обобщены полученные материалы.

Таким образом, антропогенные факторы на селитебных территориях обуславливают снижение содержания растворенного кислорода и повышение концентрации минеральных форм азота и фосфора, сульфатного и хлоридного ионов, органических веществ. Лесные пожары, охватывающие огромные территории Приамурья, способствуют обогащению речных вод соединениями азота и серы, приводят к появлению вод самого различного состава, в том числе и сульфатно-аммониевого. Повышенное содержание растворенных веществ в воде малых рек также наблюдается в районах деятельности горнорудных предприятий, где появ-

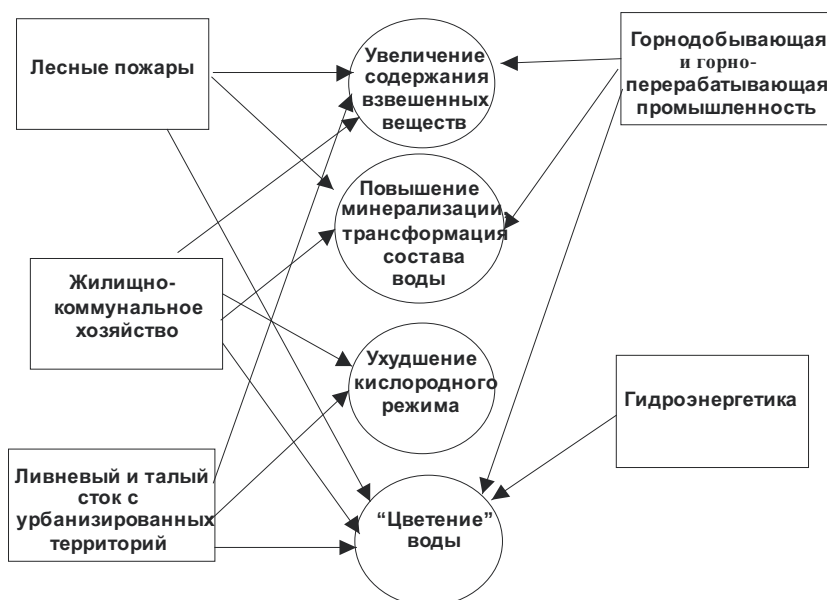


Рис. 2. Принципиальная схема влияния антропогенных факторов на химический состав воды рек Приамурья

ляются воды сульфатного или гидрокарбонатно-сульфатного класса, группы кальция, после взрывных работ возрастает содержание нитратного азота. Разработка золоторудных месторождений в свою очередь обуславливает появление хлоридно-натриевых вод с высокой минерализацией и повышенным содержанием соединений азота. Гидроэнергетическое строительство сглаживает сезонные различия в содержании растворенных веществ, зимой улучшает кислородный режим, уменьшает минерализацию воды и повышает содержание органических веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов ДВО № 09-III-09-494 и РФФИ № 10-05-00227.

ЛИТЕРАТУРА

- Замана Л.В., Чечель Л.П. 2001.** Воздействие горнорудного производства на гидрохимию поверхностного стока // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования: материалы научн. конф. 10–15 сентября 2001 г. Чита: ЧИПР СО РАН. С. 279.
- Иванов А.В., Кашин Н.П., Куклина Н.М., Таловская В.С., Парфенов Ю.В., Шестеркин В.П. 1977.** Роль лесных пожаров в формировании химического состава атмосферных осадков, снежного покрова и поверхностных вод // Формирование химического состава природных вод Приамурья и Забайкалья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 28–38.
- Сиротский С.Е., Медведева Л.А., Макаренченко Е.А., Макаренченко М.А. 1994.** Гидробиологическое состояние водотоков в районе деятельности горнообогатительного комбината п. Многовершинный // Биогеохимические и экологические оценки техногенных экосистем бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука. С. 68–81.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 1999.** Гидрохимия речных вод г. Хабаровска // Геохимические и биогеохимические процессы в экосистемах Дальнего Востока. Вып. 9. Владивосток: Дальнаука. С. 112–119.

- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2002.** Влияние крупных лесных пожаров на гидрохимический режим таящих рек Приамурья // География и природные ресурсы. № 2. С. 47–52.
- Шестеркин В.П., Шамов В.В., Шестеркина Н.М. 2002.** Влияние крупных лесных пожаров на содержание и сток биогенных веществ в воде горных рек Сихотэ-Алиня // Охрана лесов от пожаров в современных условиях // Материалы междунар. научн.-практ. конф. Хабаровск. С. 306–309.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Фокина Ю.А. 2009.** Влияние торфяных пожаров на химический состав снежного покрова и поверхностных вод // География и природные ресурсы. № 1. С. 49–54.
- Шешуков М.А., Савченко А.П., Пешков В.В. 1992.** Лесные пожары и борьба с ними на севере Дальнего Востока. Хабаровск: ДальНИИЛХ. 95 с.