

На правах рукописи
УДК 550.4: 556.114.7(571.62/621)

ЛЕВШИНА Светлана Ивановна

**СОДЕРЖАНИЕ И ДИНАМИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА р. АМУР
И ЕГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
(на примере Среднеамурской низменности)**

25.00.36 – геоэкология



АВТОРЕФЕРАТ

**диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Владивосток

2006

Работа выполнена в лаборатории биогеохимии
Института водных и экологических проблем
Дальневосточного отделения Российской академии наук

Научный руководитель: д.г.-м.н., профессор Ивашов П.В.

Официальные оппоненты: д.б.н., профессор Н.К. Христофорова
к.г.н., доцент Т.Н. Токарчук

Ведущая организация: Хабаровский филиал ФГУП <<ТИНРО-Центр>>

Защита состоится <<17>> ноября 2006 г. в 13 часов на заседании
диссертационного совета Д 005.016.01 в Тихоокеанском институте
географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
по адресу: Россия, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Тихоокеанского института географии ДВО РАН.

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения,
просьба направлять по адресу: 690041, г. Владивосток-41, ул. Радио, д. 7
факс: 8(4232) 31-21-59

Автореферат разослан <<6>> октября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Скрыльник Г.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Органическое вещество (ОВ) – неотъемлемый компонент природных вод. Его состав и содержание в природных водах определяется совокупностью многих, различных по своей природе и скорости, процессов (Вернадский, 1960; Перельман, 1989; Перельман, Касимов, 1999). Будучи генетически связано с природными водами, органическое вещество является показателем происходящих в них процессов, в значительной мере характеризует качество воды для практических целей и определяет интенсивность развития жизненных процессов в водоеме. Установлено, что большая часть органического вещества природных вод приходится на долю стойких в биохимическом отношении соединений, образующих так называемый «водный» гумус (Скопинцев, 1950), который может иметь аллохтонное и (или) автохтонное происхождение и представленный в основном гумусовыми кислотами (гуминовым и фульвокислотами). Они определяют цветность природных вод, вкусовые качества питьевой воды, в силу своей исключительной реакционной способности и адсорбционной активности могут вступать во взаимодействие с тяжелыми металлами и другими загрязняющими веществами техногенного происхождения (Перминова, 2000; Славинская, Селеменев, 2001; Schnitzer, 1978 и др.). В современных условиях в составе органических веществ поверхностных вод увеличивается доля техногенной составляющей, что существенно влияет на качество вод.

Амур и прилегающая к нему территория в пределах Среднеамурской низменности находятся в зоне интенсивной хозяйственной деятельности. По данным мониторинга (Иванова, 1995; 2004) значительную долю загрязняющих веществ составляют нефтепродукты, фенолы, СПАВ и др. органические вещества, что обуславливает необходимость изучения их техногенной составляющей. Изучение органического вещества в природных водах имеет важное биогеохимическое и экологическое значение. Определение гумусовых кислот в поверхностных водах необходимо для контроля качества как поверхностных вод, так и вод в процессе водоподготовки, что до сих пор в Приамурье не проводилось.

Цель и задачи исследования.

Цель работы – выявить закономерности распределения органического вещества поверхностных вод бассейна р. Амур в пределах Среднеамурской низменности с учетом влияния природных и антропогенных факторов.

Для достижения поставленной цели предстояло решить следующие задачи:

1. Определить уровни содержания и характер распределения органического вещества и, в частности, гуминовых и фульвокислот в воде р. Амур, его главных притоках и припойменных озерах в пределах Среднеамурской низменности, используя интегральные показатели количественных оценок, принятых в гидрохимии.
2. Выявить динамику сезонных изменений органического вещества в поверхностных водах.
3. Оценить возможности использования показателей содержания органического вещества в качестве критерия оценки состояния природных вод.

Научная новизна. Впервые осуществлены детальные исследования содержания и характера распространения органического вещества в водах р. Амур и его притоках в пределах Среднеамурской низменности; выявлены участки максимального антропогенного воздействия органического вещества на водотоки и водоемы.

Показано, что сезонная динамика содержания органического вещества в речной воде зависит от физико-географических и биоклиматических условий Среднеамурской низменности и определяется степенью водности рек, а также уровнем антропогенной нагрузки на водоток.

Впервые в водах р. Амур и крупных притоках установлены содержание и сезонная динамика гумусовых кислот. Выявлена их доля в составе органического вещества и показана их связь с почвообразованием в этом регионе.

Оценен вклад стока припойменных озер (Петропавловское, Калтэхэвэн, Шарга, Болонь) в органическую составляющую р. Амур.

Исходные материалы и личный вклад автора. В основу диссертации положены материалы, полученные соискателем в результате полевых исследований и анализа полученных данных во время работы в Институте водных и экологических проблем ДВО РАН на территории Приамурья в течение 2001–2005 гг. Работа выполнялась согласно плановым (№ Гос. регист. 01.200117936) и хозяйственным темам («Оценка влияния р. Сунгари на качество воды в р. Амур в зимний период 2000–2001 гг.», «Эффективность очистки природных вод р. Амур от органических соединений на Хабаровском МУП «Водоканал» 2002 г., «Оценка влияния крупных населенных пунктов на участке от г. Благовещенска до г. Комсомольска-на-Амуре на качество воды в реке Амур» (Гос. контракт № 1, 2003 г.), Программа ДВО РАН «Комплексные экспедиционные исследования природной среды в бассейне р. Амур (2004–2008)» – в лаборатории биогеохимии под руководством д.г.-м.н., профессора П.В. Ивашова.

Защищаемые положения:

1. Вода р. Амур в пределах Среднеамурской низменности содержит значительное количество органического вещества различного происхождения: выше впадения р. Сунгари в воде р. Амур преобладают вещества гумусовой природы, ниже впадения р. Сунгари и крупных промышленных центров увеличивается концентрация органических соединений антропогенного происхождения.

2. Высокое содержание в составе органического вещества вод Амура гуминовых и фульвокислот обусловлено влиянием его притоков – рек Буреи и Зеи, сток которых формируется за пределами Среднеамурской низменности в горно-таежных областях бассейна, и связано со спецификой почвообразования – формированием кислого гумуса, богатого миграционно-способными фракциями гуминовых и фульвокислот.

3. Антропогенное влияние на состав органического вещества проявляется в контрастном изменении гидрохимических показателей (O_2 , ХПК, БПК) и содержания гумусовых кислот. Показателем загрязнения вод Амура можно считать отношение $PO/ХПК < 0,4$ при ХПК, превышающем ПДК.

Практическая значимость и реализация исследований. Установлены закономерности трансформации и миграции органического вещества на различных участках Амура в пределах Среднеамурской низменности. Данные по содержанию органических веществ в водах Амура использованы при решении региональных природоохранных задач – оценки загрязнения воды и технологии водоподготовки на МУП «Водоканал» г. Хабаровска.

Сведения об органическом веществе в воде при переносе его из реки в океан могут быть использованы для определения путей миграции и дальности распространения химических загрязнителей и мест их аномальных концентраций. Данные о содержании органических веществ в водах Амура являются «точкой отсчета» для проведения экологического мониторинга изменения состояния окружающей среды и качества вод Приамурья.

Апробация работы. Основные положения диссертации были представлены на IV международном конгрессе «Вода: Экология и технология». «ЭКВАТЭК» (Москва, 2002), международной научной конференции «Регионы нового освоения: стратегия развития» (Хабаровск, 2004), 3-й Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере» (С.-Петербург, 2005), на заседании лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН (г. Владивосток, 2005).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованной литературы, включающего 220 наименований, в том числе 31 иностр. публ. Общий объем работы 138 страниц, в том числе 24 таблицы и 18 рисунков.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д.г.-м.н., профессору П.В. Ивашову за неизменную поддержку и ценные советы; д.г.н. А.Н. Махинову, к.с.-х.н. Л.А. Матюшкиной – за консультации и полезные советы; сотрудникам лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН – за дружескую поддержку, а также всем сотрудникам ИВЭП ДВО РАН за помощь в проведении экспедиционных работ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы основные задачи работы и обоснован выбор района исследования, актуальность работы, ее новизна, научная и практическая значимость.

Глава 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В главе дана физико-географическая характеристика района работ и основных ландшафтно-геохимических факторов, влияющих на образование и динамику поступления органических веществ в р. Амур.

Территория района в основном горная страна. Значительная часть района исследований относится к зоне с повышенным потенциалом загрязнения поверх-

ностных вод (устье р. Сунгари; крупные промышленные города – Хабаровск, Амурск, Комсомольск-на-Амуре).

Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной главе дается обоснование и описание района исследований и станций отбора проб, выбора фоновых участков и полигонов, гидрологического режима и аналитических методов исследования.

Объекты исследований. Район исследований и станции отбора проб представлены на рис. 1. Они были выбраны так, чтобы охватить как фоновые участки р. Амур и его притоков, так и места интенсивного антропогенного воздействия, а также промежуточные участки. При изучении гумусовых кислот в водах Приамурья дополнительно были исследованы воды рек Буреи и ее верхних притоков (Ургал, Чегдомын, Дубликан), Зеи и Амура – выше г. Благовещенска.

Фактический материал был собран автором в 2001–2005 гг. Для анализа пробы воды объемом 1 л отбирали батометром с приповерхностных и придонных горизонтов (0,5 м) по гидрологическим створам, а выше с. Нижнеспасское – на полустворах (от российского берега до стржня реки, т. к. государственная граница проходит по фарватеру Амура).

В зимнюю межень пробы воды отбирали на глубине 0,5 м от нижней поверхности льда; лунки бурились кольцевым ледовым буром. Расходы и уровни воды приведены по данным Дальневосточного управления гидрометслужбы (ДВ УГМС), а также использовались результаты экспедиционных работ ИВЭП ДВО РАН 2001–2005 гг. Работы проводились в основные фазы водного режима – летне-осенние паводки (2003–2004 гг.), летнюю (2005 г.) и зимнюю межень (2003–2004 гг.). В 2003 году летний паводок проходил после продолжительной засухи. В связи с трудностью отбора проб воды зимой в качестве контрольного был выбран створ в районе железнодорожного моста у г. Хабаровска. При исследовании питьевой воды на МУП “Водоканале” г. Хабаровска пробы воды р. Амур отбирались до водоподготовки и перед подачей ее в городскую сеть.

Методы исследований включали: 1) полевые работы; 2) химический анализ проб на содержание органического вещества; 3) анализ отношения ПО/ХПК, ХПК/БПК, 4) статистический анализ различных параметров методом вариационной статистики; 5) графическую интерпретацию полученных результатов; 6) сравнительный анализ (с условно-фоновыми характеристиками, с ПДК).

Физико-химические методы исследования включали следующие стандартные методики: температура воды, рН, цветность воды (ЦВ), концентрация растворенного кислорода (O_2), биохимическое потребление кислорода (БПК₅), перманганатная окисляемость (ПО), химическое потребление кислорода (ХПК), общий органический углерод ($C_{орг}$), (ГОСТ 3351-74; Лурье, 1984; Руководство по химическому анализу..., 1977). Растворенный (C_p) и взвешенный (C_v) органический углерод определяли по И.В. Тюрину с фотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель (Бельчикова, 1975; Орлов и др. 1969).

Гумусовые кислоты (ГФК) – гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК) определяли двумя методами: концентрирования вымораживанием и выделения ФК на сефадексах марки G-15 (Руководство по химическому анализу..., 1977) и концентрирования и выделения на диэтиламиноэтилцеллюлозе (ДЭАЭ-целлюлозе) (Красюков, Лапин, 1988) с последующим фотометрическим определением.

Легколетучие галогенированные углеводороды (1,1-дихлорэтан, хлороформ, четыреххлористый углерод) определяли газохроматографическим методом согласно ИСО 10 301 (Фомин, 2000).

Оценка интегральных характеристик ОБ проводилась согласно классификации речных вод О.А. Алекина (Алекин, 1973). В работе использовались коэффициенты пересчета величин ХПК на $C_{орг}$ с учетом гидрологических фаз. Основанием для этого послужили определенные нами (Левшина, 2005а), а также средние расчетные коэффициенты для речных вод России (Мальцев и др., 1975; Смирнов, 1977). Для пересчета $C_{орг}$ на органическое вещество использовали коэффициент 2,0 (Скопинцев, 1950).

В разные сезоны с 28 станций по гидрологическим створам было отобрано и проанализировано более 700 образцов. Общее число определений – более 3,5 тысяч, из них около 350 определений гумусовых кислот.

Глава 3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Сделан обзор литературных данных. Показаны источники поступления органических веществ в поверхностные воды. Дана характеристика гумусовых веществ, связей и различий между почвенными гумусовыми кислотами и речными ГФК. Дана общая оценка органических веществ в поверхностных водах р. Амур.

Глава 4. СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Рассмотрены данные по содержанию органического вещества воды в основном русле Амура и устьевых участках его притоков, а также пространственная и временная изменчивость ОБ. Учитывая соотношения природных и антропогенных факторов, район исследований разделен на следующие полигоны: 1) фоновые участки (выше устья р. Сунгари–с. Амурзет, ст. 1 и с. Нагибово, ст. 2; выше г. Амурск и Комсомольск-на-Амуре–с. Малмыж, ст. 26; 2) участок от устья р. Сунгари до с. Нижнеспасское; 3) участок р. Амур в районе г. Хабаровска (о. Ромашкин–с. Сикачи-Алян); 4) участок от устья р. Анхой до г. Комсомольска-на-Амуре, 5) припойменные озера.

Фоновые участки. Работы, проведенные зимой 2001–2002 гг. на ст. 2 и 2005 г. – на ст. 1, позволили оценить условно фоновые концентрации органического вещества в воде Амура выше устья р. Сунгари. Установлены следующие закономерности распределения ОБ по интегральным показателям. Цветность в основ-

ном оценивалась как повышенная (до 100 град) и изменялась на полуостровах незначительно, но более цветной была у левого (российского) берега. Пространственное и временное распределение ПО (величины средние и слабоповышенные) в целом аналогично поведению цветности. Более высокие концентрации ОВ у левого берега объясняются поступлением в Амур вод рек Зеи и Буреи, богатых водорастворимым почвенным гумусом (Левшина, 2005а). Величины ХПК слабо изменялись и не превышали 30 мг О/дм³ (слабоповышенные). Значения БПК₅ не превышали 1,20 мг О₂/дм³, что характерно для чистых водотоков (Драчев, 1964).

На втором фоновом участке (ст. 26) летом 2001, 2003–2005 гг. и осенью 2003 г. воды характеризовались слабоповышенным содержанием ОВ (цветность не превышала 91 град., ПО и ХПК – 12 и 24 мг О/дм³ соответственно, С_{орг} в среднем не превышал 7,9 мг С/дм³, БПК₅ 0,6-1,4 мг О₂/дм³) и слабым изменением его по створам.

Устье р. Сунгари – с. Нижнеспасское. На этом участке было важно выявить влияние р. Сунгари на качество вод р. Амур. Во все годы исследований (особенно летом) в створе у с. Ленинское (ст. 3) наиболее окрашенные воды протекали ближе к левому берегу (рис. 2).

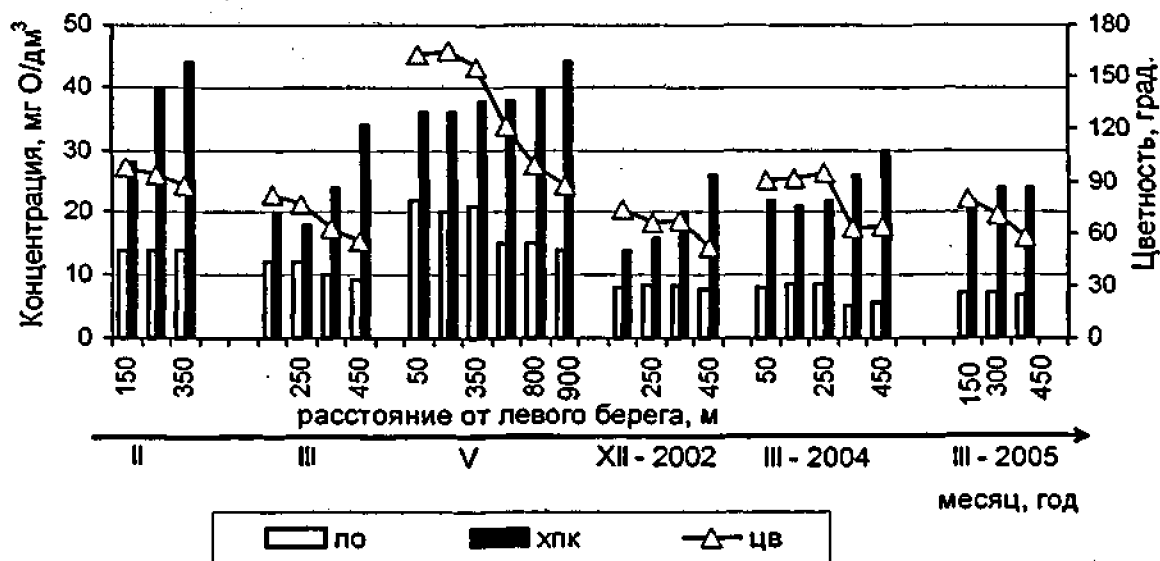


Рис. 2. Изменение содержания интегральных показателей органического вещества в воде р. Амур в районе с. Ленинское (ст. 3) в 2002, 2004, 2005 гг.

Соответственно цветности были повышены и величины ПО. Здесь явно прослеживалось влияние цветных вод рек Зеи и Буреи, с высоким содержанием гуминовых веществ (Матюшкина, Левшина, 2005). В районе с. Нижнеспасское (ст. 4) названные показатели снижались, что свидетельствует о частичном перемешивании водных масс. В противоположность цветности и ПО, значения ХПК и БПК₅ увеличивались к середине реки (полуствор) и правому берегу (полный створ)

и достигали 42 мг О/дм³ и 2,21 мг О₂/дм³ соответственно.

Можно предположить, что основная доля растворенного кислорода используется на процессы окисления трудноминерализуемых органических соединений р. Сунгари. Одновременно зимой в водах Амура, ниже Сунгари, на стрежне зафиксировано обилие мицелия водного гриба *Leptomitus lacteus* (Юрьев и др., 1999). Это указывает на очень сильное загрязнение – VI класс качества вод (Pantle, Bick, 1955; Сладечек, 1967; цит. по: Баринаева, Медведева, 1996).

Полученные данные показывают, что загрязняющее влияние р. Сунгари, несмотря на перемешивание с водами Амура, распространяется на значительном удалении от ее устья, вплоть до Хабаровска (табл. 1).

Участок р. Амур в районе г. Хабаровска (о. Ромашкин–с. Сикачи-Алян). Это наиболее разветвленный и обжитой отрезок реки. По данным определения ОВ лета–осени 2003–2004 гг. в основном русле Амура (ст. 6) у левого берега сохранялось влияние вод рек Зеи и Буреи, а у правого – вод р. Сунгари. На этом же створе в протоке Амурской (ст. 7) влияние вод Сунгари прослеживалось у ее левого берега, а у правого – весьма четко выявилось влияние р. Усури. Это вызвало значительное изменение показателей ОВ по поперечному створу реки (табл. 1). В зонах влияния Сунгари (в паводковые периоды) были отмечены максимальные величины интегральных показателей ОВ. На ст. 6 они достигали значений: $S_{орг}$ – 17,2 мг С/дм³, ХПК – 42 мг О/дм³ и БПК₅ – 4,88 мг О₂/дм³, а на ст. 7 они составили соответственно 13,1 мг С/дм³, 30 мг О/дм³ и 3,20 мг О₂/дм³.

Воды, приносимые реками Усури (ст. 5) и Тунгуской (ст. 10), в целом содержали меньше ОВ, чем воды самого Амура. Цветность, ПО и ХПК характеризовались в них как средние-слабоповышенные. Значения $S_{орг}$ на ст. 10 не превышали 7,0 мг С/дм³, а БПК₅ составило всего 1,7 мг О₂/дм³.

Определенный вклад в содержание ОВ вод р. Амур вносят хозяйственно-бытовые сточные воды рек г. Хабаровска – Красной Речки (ст. 12), Березовой (ст. 13) и Черной речки (ст. 14). Эти водотоки являются постоянными приемниками диффузного загрязненного стока города. В них систематически наблюдается превышение ПДК по фенолам, нефтепродуктам и другим органическим соединениям (Отчет..., 2003, Левшина, 2005а). В районе всех этих станций отмечены высокие значения ХПК, БПК₅ (табл. 2). Одновременное уменьшение концентрации О₂ до 50% насыщения говорит о значительном загрязнении водотоков веществами органического характера.

На замыкающем створе этого отрезка Амура в районе с. Сикачи-Алян (ст. 17) значения цветности и ПО воды невысокие. Максимальные величины отмечены у левого берега, что связано с добеганием более цветных вод рек Зеи и Буреи. Величины ХПК были слабо повышенными (16–26 мг О/дм³), значения $S_{орг}$ в среднем по створу не превышали 9,8 мг С/дм³.

В зимний период пробы воды отбирали только на ст. 8 (г. Хабаровск, ж/д мост). Здесь значения цветности и ПО были ниже, чем в периоды открытой воды и имели достаточно выраженную тенденцию уменьшения по створу от левого бере-

Таблица 1
Интегральные показатели содержания органического вещества в воде
р. Амур и других водотоков в районе г. Хабаровска в период открытой воды
в 2002–2004 гг.

№ станции	Дата отбора, количество проб	Сорг, мг С/дм ³	ЦВ, град.	ПО	ХПК
				мг О/дм ³	
Р. Уссури					
5	30.05.02/6	-	42-45 (43)	3,9-4,6 (4,4)	6-8 (7)
	11.11.02/3	-	105-110 (108)	6,7-9,0 (7,9)	16-20 (18)
Р. Тунгуска					
10	26.06.04/3	6-7 (6)	51-57 (54)	5,3-7,8(6,7)	16-18 (16)
Р. Амур выше г. Хабаровска (о. Ромашкин)					
6	16.07.03/16	9,9-17,2 (13,1)	150-164 (150)	19-21 (21)	26-42 (32)
	28.09.03/16	5,5-10,4 (7,4)	82-117 (99)	10-13 (12)	14-26 (19)
	2.06.04/8	8,3-15,6 (13,1)	140-183 (161)	13-15 (14)	22-38 (32)
Протока Амурская					
7	18.07.03/10	6,1-13,1 (9,1)	118-155 (134)	20-21 (21)	16-32 (24)
	28.09.03/10	4,5-5,3 (5,0)	52-84 (70)	5,1-6,8 (6,0)	12-14 (13)
	1.06.04/5	7,5-18,9 (10,6)	113-165 (135)	8,3-13 (9,9)	20-34 (28)
Р. Амур, г. Хабаровск (жд мост)					
8	25.12.03/5	2,4-7,5 (6,4)	55-98 (85)	3,4-9,0 (8,1)	6-20 (17)
	27.12.04/5	-	40-97 (76)	2,9-9,8 (6,7)	6-22 (15)
Протока Хохлацкая					
11	23.07.03/4	13,9-14,8 (14,4)	780-82 (79)	14-15 (15)	34-36(35)
	29.09.03/4	12,3-17,2 (13,5)	62-77 (67)	6,6-7,5 (7,0)	30-42 (33)
Р. Красная Речка					
12	14.08.03/1	-	178	17	80
	16.10.03/1	-	66	6,4	40
Р. Березовая					
13	14.08.03/1	-	134	18	112
	16.10.03/1	-	122	9,4	80
Р. Черная речка					
14	14.08.03/1	-	100	16	48
	16.10.03/1	-	117	7,4	80
Протока Малышевская					
16	24.07.03/3	8,3-10,0 (9,6)	59-63 (61)	14-15 (15)	24-28 (26)
	30.09.03/3	7,2-8,2 (7,7)	48-51 (49)	6,6-7,2 (6,9)	20-22(21)
Р. Амур, с. Сикачи-Алян					
17	24.07.03/14	7,5-9,8 (9,8)	63-79 (70)	15-18 (16)	20-26 (26)
	30.09.03/14	6,8-7,5 (7,1)	47-72 (65)	7,2-8,7 (8,1)	18-20 (19)
	27.06.04/6	6,0	85-95 (91)	6,9-9,9 (8,4)	16-18 (16)
Протока Калистратова					
17	24.07.03/6	9,8-10,5 (10,5)	61-106 (62)	16-17 (16)	26-28 (28)
	30.09.03/6	5,3-8,2 (6,4)	39-47 (43)	6,1-6,9 (6,4)	14-22 (17)
	27.06.04/2	-	50-52 (51)	6	12

Примечание. Здесь и далее в таблицах приведены пределы изменений показателей и их средние значения (в скобках); прочерк — значение не определялось; под косой чертой (/) — количество проб; № станции см. на рис. 1.

га к правому. Значения $C_{орг}$ и ХПК на большей части створа, особенно в центре, были повышенными (влияние вод р. Сунгари). В это же время у правого берега $C_{орг}$ и ХПК имели самые низкие значения по створу (влияние р. Уссури). В целом в зимние периоды, несмотря на уменьшение доли автохтонной органики, содержание аллохтонного ОВ оставалось существенным.

Устье р. Анюй - г. Комсомольск-на-Амуре. В 2003–2005 гг. на ст. 20, 21, 22 показатели содержания ОВ были невелики и мало отличались от фоновых в районе с. Малмыж, ст. 26 (табл. 2). Цветность характеризовалась как слабоповышенная (69–94 град.), ПО и ХПК имели средние значения. ХПК не превышало 17 мг О/дм³. Общий органический углерод в воде проток достигал 6–6,4 мг С/дм³, а в основном русле был в 1,5 раза меньше.

Минимальные значения цветности и ПО наблюдались в водах правобереж-

Таблица 2

Показатели содержания органического вещества в воде р. Амур и его притоках в период открытой воды 2003–2005 гг.

№ станции	Место отбора, количество проб	Время отбора проб	$C_{орг}$, мг С/дм ³	ЦВ, град.	ПО	ХПК
					мг О/дм ³	
18	Р. Манома, 2	лето 2004	-	32	5,6	12
19	Р. Анюй, 3	лето 2004	-	43	5,9	8
20	Р. Амур, с. Славянка, 7	лето 2004	3,9-4,5 (4,5)	69-72 (70)	4,7-5,2 (5,7)	10-12 (12)
21	Протока Кафа, 3	лето 2004	6,0	90-94 (92)	8,8-9,4 (9,1)	16
22	Протока Эморон, 3	лето 2004	6,4	92-94 (91)	8,6-9,0 (9,0)	16-17 (17)
27	Протока Галбон, 5	лето 2003	8,2-9,0 (9,0)	75-86 (81)	11	22-24 (24)
		осень 2003	6,0-8,3 (7,1)	77-91 (83)	7,8-8,1 (7,9)	16-22 (19)
		лето 2005	-	100-120 (113)	9,6-9,9 (9,7)	16-32 (27)
28	Р. Амур, г. Комсомольск-на-Амуре, 5	лето 2003	9,9-12,2 (10,6)	72-85 (79)	11-12 (12)	26-32 (28)
		осень 2003	6,7-12,3 (8,4)	72-86 (81)	6,8-8,3 (7,9)	18-32 (22)
		лето 2005	-	122-132 (125)	8,0-8,6 (8,4)	20-34 (28)

ного притока Амура – р. Анюй и ее притока р. Манома и характеризовались как средние. Значение ХПК, также невысокое для воды р. Анюй, оценено как среднее, а в водах р. Манома – слабоповышенное.

Ниже г. Амурска (ст. 27) содержание ОВ в воде в паводковый период 2003 г. существенно не отличалось от фоновое (ст. 26) и характеризовалось как среднее–слабоповышенное. При сравнительно низких уровнях воды летом 2005 г. содержание ОВ было существенным и достигало 32 мг О/дм³ по ХПК у левого городского берега, у правого – в два раза меньше. Цветность и ПО имели высокие значения и мало изменялись по створу.

В воде ниже г. Комсомольска-на-Амуре (ст. 28) показатели цветности и ПО мало отличались от таковых на ст. 26, но величины ХПК, $C_{орг}$ были выше – 32–34 мг О/дм³ и 8,4–10,6 мг С/дм³ соответственно. Максимальные показатели БПК₅ (до 2,2 мг О₂/дм³) были отмечены в воде у левого (городского) берега.

Припойменные озера. Пробы воды из 4-х озер и их проток были исследованы в 2004 г., когда водные массы поступали из озер в Амур. Значения органичес-

кой составляющей озер находились в широком диапазоне (табл. 3). Высокие показатели содержания ОВ на ст. 23, 24, 25 можно объяснить как цветением воды в период усиленного развития фитопланктона, так и поступлением ОВ со стоком из горно-лесных и болотных почв водосборов.

Таблица 3

Показатели содержания ОВ в воде припойменных озер летом 2004 г.

Номер станции и место отбора	ЦВ, град.	ПО	ХПК	O ₂ , мг/дм ³	% насыщ. O ₂	БПК ₅ , мг O ₂ /дм ³
		мг O/дм ³				
15. Петропавловское	128-131 (130)	12-14 (13)	38-48 (43)	8,2-9,1 (8,6)	105-110 (110)	5,0-6,4 (5,7)
23. Калтэхэвэн	164-166 (165)	12	26	6,8-8,6 (7,8)	78-90 (84)	2,7
24. Шарга	193-230 (211)	14-15 (15)	30	8,1	98	1,3
25. Болонь	232-260 (250)	13-14 (14)	30-32 (31)	6,5-8,7 (7,9)	95-97 (96)	1,4

В отличие от вышеназванных станций для ст. 15 (оз. Петропавловское) характерно высокое содержание ОВ по всем показателям, особенно по ХПК (43 мг O/дм³) и БПК₅ (5,7 мг O₂/дм³). Это указывает на загрязнение вод озера легкоокисляемыми ОВ.

Гумусовые вещества (гуминовые и фульвокислоты) поверхностных вод Приамурья. Важное место в работе отведено изучению гумусовых кислот в водах Амура и его притоках. Установлено, что значительные количества ГФК (рис.3) поступают в Амур с водами Зеи и Буреи и ее верхних притоков (Ургал, Чегдомын, Дубликан), дренирующих водосборы центральной части бассейна Амура с таежным почвообразованием (почвы буро-таежные грубогумусовые и иллювиально-гумусовые, подбуры сухоторфянистые и торфянистые, глееземы) (Матюшкина, Левшина, 2005). Специфика последнего связана с формированием кислого гумуса, богатого миграционно-способными фракциями гуминовых и фульвокислот, незакрепленными основаниями, а также подвижными железоорганическими комплексами (Иванов, 1976; Ананко, Фридланд, 1983; Ершов, 1984). В устьях этих рек содержание ГК и ФК достигали соответственно 0,32 и 4,12 мг С/дм³ для Зеи и 0,54 и 5,02 мг С/дм³ для Буреи. Выше же г. Благовещенска воды Амура содержали ГК – 0,2, а ФК – 2,3 мг С/дм³.

В водах Амура в пределах Среднеамурской низменности доля ГФК в среднем составляла 25–40% C_{орг} или 36–48 C_p, что согласуется с общей оценкой содержания гумусовых кислот в реках зоны южной тайги и смешанных лесов (Смирнов, 1978; Артемьев 1993).

Ярко проявляется тенденция увеличения содержания ГФК в водах в летние паводки, что объясняется смывом гумусовых веществ с поверхностей водосборов. Так, на ст. 6 в паводки 2003 г. ГК достигло 0,6 мг С/дм³ и ФК – 3,4 мг С/дм³. Ниже по течению реки на ст. 17 показатели содержания ГФК также были высоки,

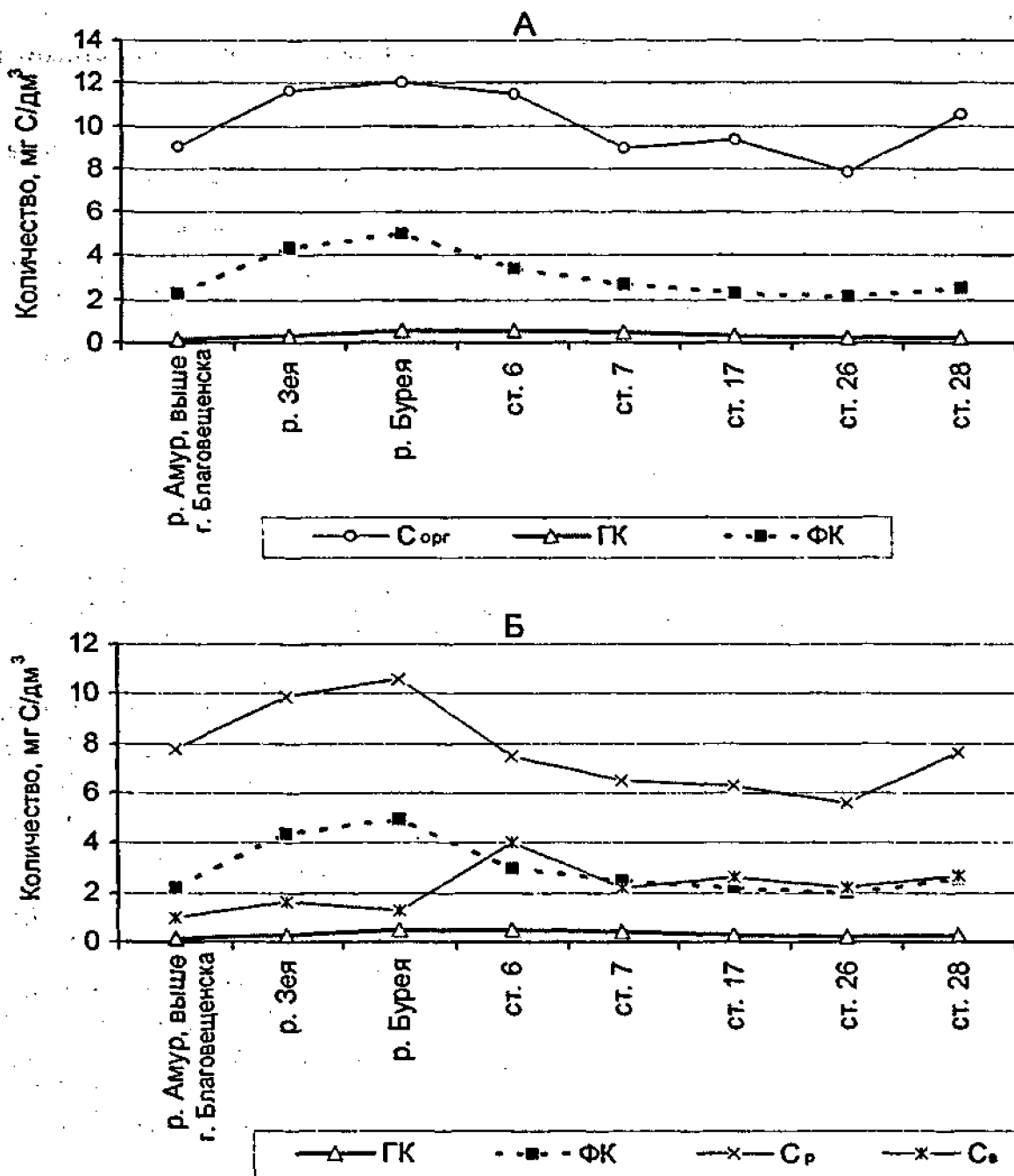


Рис. 3. Распределение величин $C_{орг}$, C_p , C_c и концентрации ГК и ФК в Приамурье летом 2003 г. Гумусовые кислоты определяли выделением: А – на сефадексах, Б – ДЭАЭ – методом. Примечание: место расположение и наименование станций см. на рис. 1.

но ниже, чем на ст. 6. При этом содержание ГФК плавно увеличивалось от правого берега к левому, что связано с добеганием у левого берега воды рек Зеи и Буреи, несущих цветные воды с высоким содержанием гумусовых кислот.

На отрезке Амура от ст. 20 до ст. 26 в воде установлено невысокое содержание гуминовых кислот: ГК – 0,2 мг С/дм³ и ФК – 2,0 мг С/дм³, что свидетельствует о существенном снижении поступления органических веществ с окружающих ландшафтов. Количество гумусовых веществ в речной воде возрастает, особенно ФК в районе ст. 28 (г. Комсомольск-на-Амуре), замыкающей пойменное расширение.

В результате выделения ГФК по двум методикам – на сефадексах (рис. 3, А) и целлюлозных анионообменниках (рис. 3, Б) – показано, что в большинстве рек бассейна Нижнего Амура преобладающая часть органических веществ находится в растворенном состоянии, и для их определения могут быть использованы обе методики. Для вод Амура часто высока доля ВОВ, поэтому при работе ДЭАЭ-методом происходит уменьшение содержания ГК и ФК в среднем на 5–10% и 10–20% соответственно; которые сорбируются на взвешенном веществе, особенно в периоды паводков.

Зимой миграционные потоки ОВ, по сравнению с летне-осенним периодом, сокращаются, уменьшается и содержание ГК и ФК в воде Амура до 0,18 мг С/дм³ и 1,60 мг С/дм³ соответственно, общая доля ГФК не превышает 25% $C_{ср}$. Наиболее низкие концентрации ГФК (ГК-0,1 мг С/дм³ и ФК-1,10 мг С/дм³) были отмечены в воде на ст. 3 у правого берега (сунгарийское течение), что 1,5-2 раза ниже, чем на фоновом участке на ст. 1.

Реки, дренирующие Среднеамурскую низменность, содержали в целом меньше гумусовых кислот, чем воды Амура в ее пределах (табл. 4). Для воды рек Уссури (ст. 5) и Тунгуска (ст. 10) содержание ГФК было более чем в два раза ниже, чем в Амуре.

Для правобережного притока Амура – р. Анюй (ст. 19) и ее притока р. Манома (ст. 18) характерно еще более низкое содержание гумусовых кислот в воде: ГК – около 0,1 мг С/дм³ и ФК – чуть более 1 мг С/дм³, что объясняется высокой дренируемостью почв водосборов Сихотэ-Алиня и меньшим вкладом заболоченных почв межгорных впадин. Немало важное значение имеет характер гумуса в этих районах [закрепленного кальцием опада широколиственных лесов и полуторными окислами (Аржанова, Елпатьевский, 2005)]. Обращает на себя внимание низкое содержание ГФК в водах Сунгари (ст. 3, с. Нижнеленинское) зимой – ГК не более 0,12 и ФК – 1,3 мг С/дм³, что, по-видимому, можно объяснить особым характером гумуса сельскохозяйственных почв на равнинах северо-восточного Китая.

Высокое содержание гумусовых кислот установлено в водах припойменных озер Среднеамурской низменности (ГК – 0,39–0,79 мг С/дм³; ФК – 3,80–5,70 мг С/дм³) (табл. 4). Это в значительной степени объясняется стоком РОВ в озерные котловины из горно-лесных и болотных почв их водосборов. Доля гумусовых веществ составляет от 50 до 60% $C_{ср}$. Высокое содержание гумусовых кислот установлено в стоке из озера Болонь (60% $C_{ср}$), в которое ГФК интенсивно поступают с прилегающих торфяных болот.

Таблица 4

Содержание гуминовых и фульвокислот в воде притоков р. Амур летом 2004 г.

№ станции	$C_{орг}$ мг С/дм ³	Гуминовые кислоты		Фульвокислоты		$C_{ФК}$ $C_{ГК}$
		мг С/дм ³	% от $C_{орг}$	мг С/дм ³	% от $C_{орг}$	
Р. Усури						
5	4,5-7,5 (7,0)	0,14-0,17 (0,16)	2,3	1,62-1,68 (1,67)	23,9	10,4
Р. Тунгуска						
10	6,0-6,8 (6,0)	0,10-0,12 (0,11)	1,8	1,55-1,71 (1,58)	26,3	14,6
Оз. Петропавловское						
15	17	0,52	3,1	4,5	26,5	8,5
Р. Манома						
18	3,8	0,11	2,9	1,3	34,2	11,8
Р. Анюй						
19	2,9-3,4 (3,0)	0,07-0,09 (0,09)	3,0	0,90-1,12 (0,91)	30,3	10,1
Оз. Калтэхэвэн						
23	9,0-9,5	0,39	4,3	3,80	42,2	9,8
Оз. Шарга						
24	11,3	0,61	5,4	4,75	42,0	7,8
Оз. Болонь						
25	11,3-11,6 (11,3)	0,63-0,82 (0,78)	6,9	4,97-6,02 (5,99)	53,0	7,7

Вода оз. Петропавловского (ст. 15) характеризуется высоким содержанием ОВ. Доля гумусовых кислот составляет здесь всего 31 % $C_{орг}$, при этом количественные характеристики ГК и ФК превышали таковые в Амуре в 2 раза.

Малые реки, дренирующие территорию г. Хабаровска и впадающие в Амур и его протоки (ст. 12–14), в основном содержат гуминовых кислот не более 10% $C_{орг}$.

Содержание органических веществ в воде р. Амур и проблемы водоподготовки. Исследования 2002–2004 гг. воды р. Амур до и после водоподготовки на

Таблица 5

Интегральные показатели содержания органических веществ в воде р. Амур до и после водоподготовки

Время отбора проб	ЦВ, град.	ПО, мг О/дм ³	ХПК, мг О/дм ³	ГК, мг С/дм ³	ФК, мг С/дм ³
До водоподготовки					
Лето	125-140 (130)	6,9-20 (14)	20-32 (24)	0,26-0,81(0,70)	2,11-2,40 (2,31)
Осень	110-125 (122)	5,9-12 (8,7)	16-24 (20)	0,20-0,60 (0,46)	2,05-2,18 (2,10)
Зима	64-91(84)	5,4-6,0 (7,2)	18-30 (18)	0,16-0,42 (0,35)	1,08-1,84 (1,60)
После водоподготовки					
Лето	2-8 (7)	2,4-5,6 (3,4)	12-20 (16)	0,18-0,29(0,28)	0,25-0,36 (0,30)
Осень	2-6 (4)	2,4-3,4 (2,8)	8-16 (10)	0,17-0,24 (0,22)	0,22-0,71 (0,25)
Зима	2-9 (4)	2,1-2,8 (2,4)	6-22 (12)	0,14-0,19 (0,16)	0,18-0,26 (0,20)

Примечание: n=12 - количество проб.

МУП “Водоканал” г. Хабаровска показали (табл. 5), что в процессе водоподготовки при коагуляции происходит значительное удаление окрашенных гумусовых веществ (цветность при этом резко падает). Значения ПО снижались в 2–3,5 раза, но малоцветные трудноокисляемые органические вещества оставались в значительном количестве, снижение ХПК – незначительно.

Концентрация ГК в результате водоподготовки уменьшилась в среднем на 90–95%, а ФК – на 80–85%. Неосажденные низкомолекулярные фракции гумусовых кислот, по-видимому, вступают в реакции взаимодействия с хлором в процессе дезинфекции воды, что приводит к образованию канцерогенных соединений – 1,1-дихлорэтана, четыреххлористого углерода и хлороформа с превышением ПДК в 2,5; 3 и 20 раз соответственно.

Глава 5. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАК ИНДИКАТОР ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Для выявления природы органического вещества и оценки степени загрязнения водотоков применялись следующие критерии: отношения ПО/ХПК, БПК/ХПК, а также рыбохозяйственные ПДК для ХПК и БПК_{полн}, которые не должны превышать 30 мг О₂/дм³ и 3,0 мг О₂/дм³ соответственно (Перечень..., 1999; СанПиН 2.1.980-00, 2000).

Согласно Б.А. Скопинцеву и А.И. Гончаровой (1987), показано, что различная степень окисления органических веществ перманганатом обусловлена химической природой органических соединений вне зависимости от их биохимической стойкости; меньшая степень окисления перманганатом (при ПО/ХПК < 0,4) характерна для алифатических соединений, к которым относятся планктонный гумус, а также креновые кислоты, характеризующиеся пониженной ароматизацией. Высокие значения отношения ПО/ХПК указывают на наличие в природной воде органических соединений с ароматической структурой, к которым относятся гумусовые кислоты. Отношения БПК₅/ХПК указывают на долю лабильного ОВ, которое в незагрязненных природных объектах при БПК₅ < 2,0 мг О₂/дм³ составляет 5–10% общего его количества (Скопинцев, Гончарова, 1987).

В водах фоновых участков выше устья р. Сунгари и у с. Малмыж значения ПО/ХПК (в основном более 0,4) свидетельствуют о преобладании в воде ароматических гуминовых и фульвокислот терригенного происхождения. Лабильная часть ОВ не превышает 7%, что соответствует незагрязненным водам (табл. 6).

Для вод р. Амур, ниже впадения р. Сунгари (ст. 3), четко прослеживается уменьшение значений отношений ПО/ХПК от левого российского берега (0,40–0,77) к правому китайскому (0,17–0,33) (табл. 6), а значение ХПК увеличивалось с 0,7–1 до 1,1–1,6 ПДК.

Аналогичные закономерности для значений ПО/ХПК наблюдались и на ст. 6. У правого берега Амура, под влиянием вод р. Сунгари, значения ХПК достигали 1,1 ПДК, а в паводки – 1,5 ПДК. Лабильная часть ОВ в целом была выше, чем на фоновых станциях и увеличивалась от левого берега к правому – до 10% от ОВ.

Здесь прослеживается добегание зейской и брейской воды с высоким содержанием гумусовых кислот у левого берега – и сунгарийских вод с высоким содержанием ОВ техногенного характера – у правого берега.

На ст. 7 значения отношений ПО/ХПК (в основном более 0,4) в целом по створу не имели четко выраженной закономерности в изменениях. Значения же ХПК превышают ПДК в 1,1 раза в воде у левого берега в наиболее водные годы (летом 2003, 2004 гг.), у правого – показатели в два раза ниже. Лабиальная часть ОВ выше, чем на фоновых станциях, и увеличивалось от левого (российского) берега – к фарватеру в 2–3 раза. В летний паводок 2004 г. она достигала 16%. Здесь четко прослеживается влияние техногенных стоков р. Сунгари у левого и – менее цветных и незагрязненных техногенными стоками вод р. Усури – у правого берега.

Летом для воды протоки Малышевской (ст. 16) характерны сравнительно невысокие содержания ОВ. Отношение ПО/ХПК (0,55) показывает наличие в воде веществ как ароматической, так и алифатической природы. Осенью ПО/ХПК снижается до 0,33, что говорит об увеличении в составе ОВ доли планктонного гумуса, который относится к алифатическим соединениям и характеризуется меньшей степенью окисления перманганатом. Меньший вклад имеют и вещества почвенного и болотного происхождения, в составе которых преобладают сложные органические соединения с ароматической структурой. Такие же закономерности характерны и для протоки Калистратова (ст. 17').

Практически для всей речной воды в районе с. Сикачи-Алян (ст. 17) отношение ПО/ХПК имело повышенные значения ($>0,4$). Максимальные значения (0,62) отмечены у левого берега, где явно сказывается влияние рек Зеи и Буреи, несущих цветные воды с высоким содержанием гумусовых кислот. Доля лабиальных веществ увеличивается от левого берега к правому, особенно в паводки, что, по-видимому, связано с влиянием загрязненных органическими веществами вод, поступающих из оз. Петропавловского и протоки Хохлацкой.

На участке Амура в районе с. Славянка (ст. 20, 21, 22) значение отношения ПО/ХПК более 0,4 свидетельствует о преобладании в воде органических соединений гумусовой природы. Доля лабиального ОВ в воде от 5 до 10% от всего ОВ, ХПК и БПК, не превышали ПДК. Данный участок реки является наименее загрязненным органическими соединениями техногенной природы.

Ниже г. Амурска в протоке Галбон (ст. 27), было отмечено небольшое увеличение цветности, ХПК и БПК, по сравнению с вышележащим створом. Значение же отношения ПО/ХПК уменьшается. Такое увеличение ОВ, возможно, произошло за счет городских коммунальных стоков. Оно хорошо прослеживалось летом 2005 г. при низких уровнях воды в реке у левого (городского) берега. Доля легкоокисляемого вещества так же увеличивалась у левого берега и достигала 8% от общего ОВ.

Для воды р. Амур ниже г. Комсомольска-на-Амуре (ст. 28) характерны повышенные значения содержания ОВ. Так, ХПК ближе к правому городскому берегу достигало 1 ПДК. Низкие значения отношения ПО/ХПК ($<0,4$) указывают на значительную трансформацию ОВ природного характера, обусловленную воздей-

Отношение ПО/ХПК, БПК₅/ХПК в воде р. Амур и его притоков в 2001–2005 гг.

№ станции	Наименование водотока, пункты отбора проб	Дата отбора проб	ПО/ХПК	БПК ₅ /ХПК, %
1	Р. Амур с. Амурзет	7.03.05	0,43-0,49 (0,46)	5,8-7,8 (7,0)
2	с. Нагибово	20.01-10.03.01 10.03.02	0,38-0,42 (0,41) 0,50	- -
3	с. Ленинское	20.01-10.03.01 10.03.02 30.05.02 3.03.04 9.03.05	0,17-0,63 (0,35) 0,27-0,70 (0,49) 0,32-0,77 (0,47) 0,19-0,40 (0,31) 0,22-0,40 (0,29)	- - - - 5,7-9,7 (9,0)
4	с. Нижнеспаское	27.01-15.03.01	0,28-0,49 (0,41)	-
5	Р. Уссуря	30.05.02 11.11.02	0,49-0,77 (0,63) 0,41-0,45 (0,44)	- -
6	Р. Амур, выше г. Хабаровска (о. Ромашкин)	16.07.03 28.09.03 2.06.04	0,50-0,74 (0,65) 0,46-0,78 (0,65) 0,36-0,68 (0,46)	2,3-4,3 (3,2) 7,8-13,6 (9,0)
7	Протока Амурская	18.07.03 28.09.03 1.06.04	0,64-1,14 (0,91) 0,42-0,57 (0,47) 0,34-0,49 (0,40)	2,5-5,6 (3,8) - 5,0-16,0 (8,8)
8	Р. Амур, г. Хабаровск (р-он ж/д моста)	25.12.03 14.01.04 09.02.04	0,43-0,50 (0,48) 0,29-0,52 (0,43) 0,31-0,55 (0,41)	- - 9,0-13,0 (11,0)
10	Р. Тунгуска	8.06.04	0,73	-
11	Протока Хохлацкая	23.07.03 29.09.03	0,43-0,45 (0,44) 0,18-0,23 (0,22)	3,8-6,4 (6,2)
12	Р. Красная Речка	14.08.03	0,19	10,0
13	Р. Березовая	14.08.03	0,16	17,9
14	Р. Черная речка	14.08.03	0,34	4,0
15	Оз. Петропавловское	26.06.04	0,29-0,32 (0,30)	13,2-13,3 (13,0)
17	Р. Амур, с. Сикачи-Алян	24.07.03 30.09.03 27.06.04	0,59-0,80 (0,64) 0,36-0,48 (0,44) 0,42-0,62 (0,55)	2,3-8,0 (4,6) - 8,9-10,6 (10,0)
17	Протока Калистратова	24.07.03 30.09.03 27.06.04	0,55-0,61 (0,59) 0,31-0,43 (0,38) 1,3	4,6-5,3 (4,8) - 10,6
18	Р. Манома	26.06.04	0,43-0,49 (0,46)	-
19	Р. Анюй	8.06.04	0,47	-
20	Р. Амур, с. Славянка	29.06.04	0,48	8,3-11,4 (10,0)
21	Протока Кафа	28.06.04	0,55-0,60 (0,58)	8,8-10,0 (9,4)
22	Протока Эморон	28.06.04	0,41-0,42 (0,42)	5,3-5,6 (5,6)
23	Оз. Калтэхэвэн	30.06.04	0,50	11,0
24	Оз. Шарга	30.06.04	0,47	4,0
25	Оз. Боловь	1.07.04	0,43-0,47 (0,45)	4,4-4,7 (4,5)
26	Р. Амур, с. Малмыж,	29.07.03 03.10.03 01.07.04	0,44-0,66 (0,52) 0,39-0,45 (0,40) 0,70-1,0 (0,83)	2,9-7,2 (4,5) - 7,0-9,2 (9,2)
27	Протока Галбон	29.07.03 03.10.03 14.07.05	0,47-0,52 (0,49) 0,40-0,49 (0,44) 0,31-0,60 (0,36)	4,5-6,2 (5,1) - 6,9-8,2 (7,0)
28	Р. Амур, г. Комсомольск-на- Амуре	30.07.03 04.10.03 19.07.05	0,36-0,46 (0,39) 0,25-0,46 (0,38) 0,25-0,40 (0,30)	3,4-8,1 (4,6) - 9,6-13,3 (12,6)

Примечание. Прочерк означает, что результаты не определялись.

ствием антропогенной нагрузки. Лабильная часть ОВ составляла от 3,2 до 11,6%.

Техногенные стоки в значительной степени изменяют качественный состав воды в реках, дренирующих территорию г. Хабаровск (ст. 12, 13), а также ниже городских очистных сооружений (ст. 11). Отношение ПО/ХПК, равное 0,16–0,30; ХПК, превышающее ПДК в 2–3 раза, и высокое значение БПК₅/ХПК показывают, что в водах, поступающих в Амур, в основном содержатся трудноминерализуемые органические соединения техногенной природы.

Для воды Амура в зимний период (ст. 8) значение отношения ПО/ХПК изменялось по створу в среднем от 0,6 до 0,3. Четко прослеживается влияние менее цветных вод р. Уссури с низкими показателями ОВ у правого берега (ПО/ХПК более 0,4) и цветных вод рек Зеи и Буреи у левого берега (ПО/ХПК – 0,6). На середине же створа зачастую отмечается низкое значение ПО/ХПК (около 0,3) и максимальное – для ХПК, что указывает на наличие в воде техногенных стоков, возможно, выносимых р. Сунгари.

Реки, дренирующие Среднеамурскую низменность (ст. 5, 10, 18, 19), содержат меньше ОВ, чем воды Амура на этом же участке. Значение отношения ПО/ХПК для воды этих рек более 0,4, ХПК и БПК₅ не превышали ПДК.

Для воды припойменных озер (ст. 23, 24, 25) характерны высокие показатели содержания ОВ, которые связаны как с цветением воды в период развития фитопланктона, так и поступлением в озерные котловины вод горно-лесных и болотных почв озерных бассейнов. Показатели ХПК составляли 0,8; 1; 1,1 от ПДК соответственно. Значение отношения ПО/ХПК находилось в пределах от 0,43 до 0,5. Доля гумусовых кислот составляла 45–50% $C_{орг}$. Максимальные значения (60% $C_{орг}$) отмечены на ст. 25, что обусловлено стоком гумусовых веществ с прилегающих торфяных болот. Лабильная часть ОВ на ст. 24, 25 невелика (4,0–4,5%), на ст. 23 она достигала 11%. Наиболее низкое значение ПО/ХПК отмечено в оз. Петропавловском, ст. 15 (0,3), что характерно для вод, содержащих планктонный гумус, и сточных вод с преобладанием в воде алифатических соединений. Значения ХПК превышали ПДК в 1,3–1,6 раза, лабильная часть ОВ достигала 13%, а значения БПК₅ превышали ПДК в 5–6 раз.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в водах Амура в пределах Среднеамурской низменности распределение содержания общего органического углерода в многолетней динамике имеет минимумы на участках Амура выше сел Амурзет, Нагибово, Малмыж и максимумы – ниже устья р. Сунгари, городских очистных сооружений г. Хабаровска, Амурска, Комсомольска-на-Амуре и в оз. Петропавловском (с превышением ПДК по ХПК и БПК₅ в 1,2–5,0 раза и низкими ПО/ХПК < 0,4). Пределы изменений $C_{орг}$ – 7–46 мг С/дм³.

2. Выявлено значительное содержание гуминовых и фульвокислот в составе органического вещества вод р. Амур в пределах Среднеамурской низменности (25–45% $C_{орг}$ или 36–48% C_p). Максимумы одержания гумусовых кислот в Амуре приходится на периоды паводков, минимумы – на зиму. В речных водах концентрации фульвокислот превышают концентрации гуминовых кислот в 6 раз в паводки

и в 14 раз – в межень, в озерных водах в 8–10 раз.

3. Установлено, что, по сравнению с Амуром, более высоким содержанием гумусовых кислот характеризуются воды Буреи (ГФК около 5,50 мг С/дм³) и Зеи (ГФК – 4,70 мг С/дм³). Другие притоки Амура – реки Уссури, Тунгуска и Анпой – содержат меньше органических веществ ($C_{орг}$ – 6–14 мг С/дм³) и гумусовых кислот (ГФК в среднем 1,75 мг С/дм³).

4. Припойменные озера Калтэхэвэн, Шарга и Болонь, характеризуются высоким содержанием органического вещества ($C_{орг}$ – 9,8–11,8 мг С/дм³) как автохтонного, так и аллохтонного характера и не содержат техногенных органических веществ (ХПК и БПК, ниже ПДК). Доля гумусовых кислот в них составляла 45–50% $C_{орг}$. Максимальное значение выявлено в воде оз. Болонь (60% $C_{орг}$).

5. Годовая динамика содержания органических веществ в воде Амура характеризуется существенным увеличением их количества после летне-осенних паводков за счет аллохтонной составляющей. Зимой общее содержание органического вещества уменьшается за счет автохтонной органики, но вклад аллохтонного органического вещества остается существенным.

6. В районе г. Хабаровска определенный вклад в антропогенную составляющую органического вещества речной воды вносят малые водотоки, содержащие воды с высокой долей легкоокисляемых органических соединений техногенной природы. Величины ХПК в реках Красная Речка, Березовая, Черная речка превышают ПДК в 1,3–3,7. Для этих водотоков характерны низкое содержание кислорода и высокие показатели БПК, превышающие ПДК более чем в 6 раз. Доля гуминовых и фульвокислот составляет всего 5–10% $C_{орг}$.

7. Выявлено, что в процессе водоподготовки на МУП «Водоканал» г. Хабаровска происходит значительное удаление окрашенных гумусовых кислот (ГФК снижается в среднем на 80–85%). Однако неосажденные низкомолекулярные фракции гумусовых кислот и трудноокисляемые органические вещества в процессе хлорирования приводит к образованию канцерогенных веществ – 1,1-дихлорэтана, четыреххлористого углерода и хлороформа, – превышающих ПДК в 2,5, 3 и 20 раз соответственно.

8. Разработанные на основе соотношений ПО, ХПК, БПК, и гумусовых кислот, количественные и качественные характеристики органического вещества поверхностных вод рекомендуется использовать для геоэкологической оценки современного состояния и степени загрязнения речных и озерных вод Приамурья, а также в технологии водоподготовки.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Юрьев Д.Н., Ким В.И., Неудачин А.П., Шестеркин В.П., Гаретова Л.А., Шестеркина Н.М., Левшина С.И. Изменение состояния экосистемы реки Амур под воздействием трансграничного загрязнения // Регионы нового освоения: состояние, потенциал, перспективы в начале третьего тысячелетия: материалы Междунар. науч. конф. Хабаровск, 25–27 сент. 2002 г. Т. 2.

- Владивосток ; Хабаровск: ДВО РАН, 2002. С. 170–174.
2. Юрьев Д.Н., Шестеркин В.П., Неудачин А.П., Гаретова Л.А., Левшина С.И. Причина бедственного состояния экосистемы р. Амур – трансграничное загрязнение // Сб: материалов 5-го Междунар. конгр. «ЭКВАТЭК-2002». Экология и технология. Москва, 4–7 мая 2002 г. М.: Наука, 2002. С. 128–129
 3. Махинов А.Н., Ким В.И., Неудачин. А.П., Левшина С.И., Макаров А.В. Влияние крупных городов Амурской области и Хабаровского края на качество воды // Тр. I Всерос. конгр. работников водного хоз-ва. М., 2003. С. 284–285.
 4. Левшина С.И., Жуков А.Г. Содержание органических веществ в воде р. Амур и проблемы водоподготовки // Регионы нового освоения: стратегия развития: материалы Междунар. науч. конф., 15–17 сент. 2004 г., Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2004. С. 130–132
 5. Левшина С. И. Гуминовые и фульвокислоты в речных водах Приамурья / / Биогеохим. и геоэкол. процессы в экосистемах. Владивосток: Дальнаука, 2005а. Вып. 15. С. 226–231.
 6. Левшина С. И. Динамика органического вещества в водах Амура в районе крупных городов // География и природные ресурсы. 2005б. №4. С. 42–47.
 7. Левшина С. И. Органическое вещество в поверхностных водах бассейна р. Амур // Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах. Владивосток: Дальнаука, 2005в. Вып. 15. С. 218–225.
 8. Левшина С. И., Матюшкина Л.А. Влияние геохимической подвижности органического вещества почв на состав речных вод в бассейне Амура // Гуминовые вещества в биосфере: тез. докл. 3-й Всерос. конфер. СПб: Изд-во Санкт-Петербург ун-та, 2005. С. 334.
 9. Матюшкина Л.А., Левшина С. И. О влиянии геохимической подвижности органического вещества почв на состав речных вод в бассейне Среднего и Нижнего Амура // Биогеохим. и геоэкол. процессы в экосистемах. Владивосток: Дальнаука, 2005. Вып. 15. С. 208–217.
 10. Левшина С. И. Гумусовые кислоты в речных водах Приамурья // География и природные ресурсы. 2006. №2. С. 101–105.



Левшина Светлана Ивановна

**СОДЕРЖАНИЕ И ДИНАМИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА р. АМУР
И ЕГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

(на примере Среднеамурской низменности)

Автореферат

Лицензия №15-0054 от 28.12.2001 г.

Подписано к печати 29.09.2006 г. Формат 60x84/16

Усл. печ. л. 1,44. Уч-изд. л. 1,1.

Тираж 100 экз. Заказ 475.

Отпечатано в типографии ИВЭП ДВО РАН
680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65