

И. В. КЛИМОВСКИЙ, С. П. ГОТОВЦЕВ, П. П. ПЕРМЯКОВ

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БАСЕЙНА РЕКИ ДАЛДЫН (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)**

*Рассматривается современное экологическое состояние поверхностных гидрологических объектов и гидрогеологической среды в пределах горных работ одного из коренных месторождений алмазов. Определены и охарактеризованы источники загрязнения, дана оценка возможных аварийных ситуаций. Поставлен вопрос об организации криогидрогеологического мониторинга. Выделены первоочередные задачи и намечены мероприятия по программе природно-геокриологического мониторинга.*

*The present ecological state of surface hydrological objects and of the hydrogeological environment is examined with reference to the mining operations in one of the primary diamond deposits. Pollution sources have been identified and characterized, and an assessment is made of the eventual emergency situations. We pose the question as to setting up a cryohydrogeological monitoring. Top priority objectives have been outlined, as well as measures within the natural-geocryological monitoring program.*

Горнообогатительные предприятия алмазодобывающей промышленности в Западной Якутии занимают относительно небольшие территории, поэтому в данном случае речь идет об очаговом характере освоения. Тем не менее горнодобывающая деятельность в пределах техногенных зон наносит существенный вред природной среде и санитарно-экологическому состоянию населенных пунктов и прилегающих к ним территорий.

Техногенному воздействию прежде всего подвергаются поверхностные водные объекты, в которые дrenaруются сточные воды промышленных предприятий. В связи с освоением коренных месторождений алмазов интенсивно идет процесс загрязнения бассейна среднего и верхнего течения Вилюя, в том числе притоков первого и второго порядка. Например, в 1990 г. в бассейне р. Вилюй работала комплексная экологическая экспедиция по оценке влияния Вилюйской ГЭС и предприятий алмазодобывающей промышленности на основные компоненты окружающей среды и состояние здоровья населения. Результаты исследования показали значительное техногенное загрязнение речных экосистем Западной Якутии и ухудшение состояния здоровья населения, проживающего в бассейне этих рек [1].

Нами рассматривается современное экологическое состояние р. Далдын, в бассейне которой осуществляет свою деятельность Удачинский ГОК — один из крупных промышленных объектов алмазодобывающей промышленности Якутии (см. рисунок).

Основные водотоки рассматриваемого района — Далдын, а также ее наиболее крупные притоки р. Сытыкан и руч. Киенг-Юрях, длина которых соответственно 84 и 29 км, а площади водосборов 817 и 260 км<sup>2</sup> [2]. Ширина долины колеблется от первых сотен метров до 2,5 км, среднее превышение междуречий над поймой — около 160 м, наибольшее — 200 м. Пойма шириной от 0,1 до 2 км прослеживается то по правому, то по левому берегу, ее поверхность ровная, иногда кочковатая и в основном заболоченная.

Растительность представлена лиственничным лесом, ближе к бровкам преобладают заросли ерника и мелкой ивы, изредка встречается ель. Напочвенный покров состоит из мхов и скудной травянистой растительности. Грунты поймы сверху представлены суглинками мощностью 0,5–1,0 м, ниже которых залегают галька и гравий.

В весенний паводок пойма на короткое время на 0,2–1,0 м заливается талой водой. Ширина русел в межень изменяется от 100 м на плесах до 5 м на перекатах. Зимой водотоки местами полностью промерзают. Льдообразование начинается в конце сентября — начале октября, а вскрытие происходит в конце мая — начале июня. Некоторые морфометрические характеристики водотоков приведены в таблице [2].



Местоположение района исследований (слева вверху) и загрязняющие объекты на территории разработок Удачинского ГОКа.

**Морфометрические характеристики основных притоков р. Далдын, по [2]**

Река	Берег впадения	Расстояние от устья до места впадения, км	Длина, км	Площади водосборов, км <sup>2</sup>	Общий перепад, м
Кирилиэстээх	Левый	109,3	27	163	117
Сытыкан	Правый	77,6	84	817	386
Алыы Сээнэ	Левый	77,2	28	127	212
Улахан-Бысыттаах	»	63,0	30	290	164
Киенг-Юрях	Правый	45,0	29	260	202
Орто-Бысыттаах	Левый	27,8	33	249	160

Минерализация воды в ручьях и речках изменяется в диапазоне 81–744 мг/л [3]. Максимальные значения ее характерны для периода закрытого русла и обусловлены подземным питанием рек. В период паводков и в теплые сезоны года минерализация значительно понижается за счет поступления талых вод и атмосферных осадков. Подобное изменение претерпевает и жесткость воды — от 0,87 мг·экв/л во время паводков до 9,4 мг·экв/л в период зимней межени. Мутность воды большую часть года относительно низкая, в среднем до 10 г/м<sup>3</sup>, и лишь в половодье она возрастает до 150 г/м<sup>3</sup>. Химический ионный состав воды Далдына до начала техногенного воздействия приведен в работах [2, 3].

Один из крупных водных объектов района (кроме р. Далдын) — водохранилище на руч. Сытыкан, созданное для питьевого водоснабжения в конце 1960-х гг. Ширина долины ручья на участке створа около 400 м, русла — 20 м. Общий объем воды в водохранилище ориентировочно составляет 25 млн м<sup>3</sup>. В настоящее время на производственные нужды потребляется примерно 2,1 млн м<sup>3</sup> в год, на бытовые — 9,9 млн м<sup>3</sup> в год.

#### ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Экологически опасными источниками загрязнения для объектов водной среды района являются дренажные воды (рассолы), выкачиваемые из карьера трубки Удачной, жидкая часть пульпы хвостохранилища, радиоактивное загрязнение от подземного ядерного взрыва (ПЯВ) «Кристалл», а также хозяйственно-бытовые стоки [4–7]. Наибольшую экологическую опасность представляют дренажные воды карьера, которые могут попасть в речную сеть при несоблюдении технологии их закачки в подземные коллекторы и при повреждении водоводов. Содержание в них ряда компонентов многократно превышает предельно допустимые концентрации.

Положение усугубляется еще и тем, что полигон подземного захоронения рассолов расположен на водоразделе. По мнению технологов, осуществляющих осушение карьера, трапповая дайка, пролегающая западнее полигона, должна препятствовать миграции рассолов из техногенных горизонтов в сторону Сытыканского водохранилища. Тем не менее, при общем юго-западном стратиграфическом уклоне пластов миграция рассолов в сторону водохранилища вполне вероятна. По предварительным данным [6, 7] активная фильтрация рассолов в сторону водохранилища начнется уже в 2008 г.

Загрязняющим фактором р. Далдын являются также последствия ПЯВ «Кристалл» мощностью 1,7 кг, произведенного на глубине 98 м 2 октября 1974 г. на левом берегу руч. Улахан-Бысыттаах с целью создания плотины хвостохранилища. До 1990 г. на этом месте сохранялась заполненная водой воронка диаметром 60 м и глубиной 6 м [8]. В 1992 г. на месте взрыва сооружен могильник в виде усеченного конуса радиусом более 100 м в основании и высотой 7–10 м (саркофаг). В настоящее время у южного и северного его подножия появились ручейки, стекающие со склона и впадающие в руч. Улахан-Бысыттаах.

По результатам дозиметрических наблюдений и радиометрических съемок установлено, что общий фон гамма-излучения на объекте варьирует в пределах 6–12 мкР/ч; максимальное значение гамма-составляющей (20–25 мкР/ч) отмечается у подошвы саркофага. Как показал анализ проб почв и ягеля, взятых вблизи саркофага, а также из донных отложений руч. Улахан-Бысыттаах и ложбин стока, максимальная удельная активность цезия-137, плутония-239 и 240 соответственно составляет 11 200 Бк/кг ( $3 \times 10^{-7}$  Ки/кг) и 21 600 Бк/кг ( $58,4 \times 10^{-8}$  Ки/кг) [8], что превышает фоновый уровень содержания цезия-137 в 211 раз, а плутония-239 и 240 — в 21 600 раз.

Почва в месте отбора проб по нормам радиационной безопасности [9] относится к радиоактивным отходам, а по критериям оценки [10] сам участок — к зоне экологического бедствия. В некоторых пробах обнаружен америций-241 (2800 Бк/кг) и сурьма-125 (210 Бк/кг). В пробе, взятой в 150 м от места взрыва по азимуту 30°, удельная активность плутония-239 и 240 превысила глобальный уровень в 53 раза.

В пробах донных отложений из устьев ручьев, стекающих с саркофага, концентрация плутония-239 и 240 в 4–16 раз превышает фоновое значение. При этом в ручье, стекающем в северного склона саркофага, его концентрация в четыре раза выше, чем с южного. Аналогична ситуация и с содержанием цезия-137 в донных отложениях этих ручьев.

Со временем техногенные радионуклиды вступают в биохимические циклы и постепенно переходят в поровый раствор, механизмом переноса которых выступает диффузионно-конвективный (фильтрационный) процесс. Часть радионуклидов остается в почвенно-растительном слое, и объем поглощения зависит от сорбционных свойств грунта. Анализ проб донных отложений руч. Улахан-Бысыттаах показал, что удельная активность цезия-137 на расстоянии 600–700 м от места взрыва вниз по течению ручья уменьшается с 8,7 до 2,9 Бк/кг.

Таким образом, полной изоляции зараженного участка после сооружения могильника не произошло, поэтому на данном объекте должны продолжаться реабилитационные работы, а также исследования радиоактивного загрязнения водной системы с целью разработки мер, исключающих смыв радионуклидов ручьями в речную систему. При этом основным принципом уменьшения негативного воздействия на природную среду должно стать сохранение мерзлого состояния грунтов, для чего прежде всего необходимо избегать разрушения или удаления растительного и напочвенного покровов.

К числу вероятных источников загрязнения природной среды следует отнести также хвостохранилища обогатительных фабрик, которые, по существу, представляют отстойники отходов обогащения руды. При извлечении алмазов из рудного концентрата применяются различные реагенты, в том числе входящие в разряд токсикантов, которые из-за несовершенства технологии или по субъективным причинам могут попасть в ложе хвостохранилища.

Хвостохранилище на руч. Новом создано путем сооружения дамбы, находящейся всего в 1,3 км от р. Далдын. Крупнообломочный состав пород, слагающих тело плотины, не препятствует фильтрации воды сквозь отсыпку и ее транзиту к базису реки. Процесс этот продолжается уже почти 15 лет. В зимнее время ручей, вытекающий из-под дамбы, образует наледь на поверхности первой надпойменной террасы. Минерализация его воды в истоке зимой достигает 7–8 г/л, а летом снижается до 4–5 г/л [11].

Определенную роль в загрязнении водотоков могут играть отвалы вскрышных пород, занимающие обширные площади. Их высота достигает 100 м. Разрез отвалов представлен крупноглыбовым материалом, состоящим из известняков, мергелей и доломитов. В основании отвалов отмечена тенденция повышения температуры многолетнемерзлых пород, что обуславливает возможность образования под ними таликовых зон. Инфильтрация атмосферных осадков сквозь отвалы в летнее время сопровождается выщелачиванием легкорастворимых соединений, в результате в их основании формируются минерализованные таликовые воды. Зимой накопление легкорастворимых солей в жидкой фазе усиливается процессом криогенной концентрации. Например, минерализация воды впадающего в р. Далдын ручья изменяется от 1 до 3,5 г/л. В ее составе преобладают хлориды магния и кальция, содержание брома достигает 30 мг/л [11].

Таким образом, в рассматриваемом районе находятся серьезные источники загрязнения водной среды. Результаты техногенного воздействия на поверхностную гидросферу обычно выявляются по изменению гидрохимического режима рек. Установлено, что основной показатель загрязнения поверхностных водотоков в рассматриваемом районе — наличие в речной воде солей хлора и брома. Следовательно, эти элементы служат индикаторами загрязнения поверхностных вод района. Летом концентрация хлора и брома в речной воде составляла соответственно 30–40 и 0,5–1,5 мг/л при средней минерализации 250–280 мг/л. Зимой содержание этих компонентов возрастает соответственно до 180–190 и 3–4 мг/л [11].

Наблюдения, проведенные на р. Марха, в верховье которой расположены месторождения Удачная и Айхал, позволили проследить изменения, связанные с поступлением загрязняющих стоков в основную дренажную систему района [3]. В створе гидропоста Малыкай, находящегося в 700 м ниже по течению от этих месторождений, загрязнение уже ослаблено. Долина р. Марха на этом участке практически безлюдна, а сама река принимает много притоков. При постоянной в целом величине минерализации воды (150–400 мг/л) содержание в ней хлора в холодный период года вдвое превысило фоновое значение и составило 10–12 мг/л. Отмечены также следы брома.

Рост содержания этих компонентов, особенно брома, в воде реки, вероятнее всего, связан с техногенным воздействием на поверхностную гидросферу. Как показали расчеты, допустимый сброс стоков в реку должен составлять 1,5–2,0 % прогнозного объема притоков рассолов в карьер трубки Удачная. Поступление в гидросеть рассолов с расходом 32 м<sup>3</sup>/ч (8,9 л/с) при минерализации 320 г/л сделает невозможным водопользование на Мархе.

Так, в 1984 г. на правом берегу р. Далдын из скважины более одного месяца проводилась откачка рассолов [11]. Минерализация воды на изливе составляла 340 г/л. При анализе проб речной воды, отобранных в 500 м ниже по течению, установлено, что к моменту завершения гидрогеологических работ минерализация воды повысилась до 1,7 г/л (фоновые значения 0,2–0,3 г/л), а гидрокарбонатный состав сменился хлоридным. При этом содержание брома в 50 раз превысило допустимую концентрацию, составляющую по нормативным документам 0,2 мг/л.

### **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Преимущество способа утилизации вредных промышленных стоков путем их сброса в недра Земли состоит в том, что он экономически более эффективен по сравнению с другими, к тому же вероятность попадания загрязняющих веществ в речную сеть в этом случае минимальна. К числу основных недостатков этого способа утилизации жидких отходов относятся ограниченность объемов поглощающих подземных коллекторов и невозможность достоверного слежения за распространением загрязняющих стоков.

Одним из главных условий надежности системы подземного захоронения дренажных рассолов должна быть достаточная глубина расположения поглощающих структур. В этом отношении полигон захоронения не вполне отвечает необходимым требованиям, поскольку хорошо поглощающие горизонты залегают здесь на небольшой глубине. Так, если превышение верхней точки полигона от уреза воды р. Далдын составляет 150–160 м, то проектируемые для использования поглощающие горизонты должны находиться ниже этих отметок (экологически безопасный уровень). В противном случае высока вероятность непредусмотренного попадания дренажных вод в речную сеть. Следовательно, подземные коллекторы, расположенные выше 280–290 м абс. выс., не могут использоваться как приемники техногенных и природных рассолов.

Кроме того, при использовании подземных коллекторов, расположенных в толще многолетнемерзлых пород, гидродинамические свойства массива из-за диффузионного и термического разрушения льда могут резко измениться, и рассолы из техногенных водоносных горизонтов могут попасть в речную сеть. Поэтому необходим постоянный контроль за уровнем и температурным режимом формируемых техногенных водоносных горизонтов.

В связи с изложенным вызывает сомнение принятое решение захоронить рассолы в так называемые короткие скважины, поскольку в условиях распространения многолетнемерзлых пород возможные выходы закачиваемых рассолов на дневную поверхность (на склоны) могут иметь залповый характер, а высокая минерализация воды затруднит изоляцию таких участков и оперативную приостановку растекания рассолов по поверхности.

Определенную опасность представляют аварийные прорывы рассолов из магистральных и распределительных водоотводов. Наличие множества деллевых ложбин на склонах может стать причиной их быстрого попадания в речную сеть.

### **ОРГАНИЗАЦИЯ КРИОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Как известно, захоронение жидких стоков в земные недра вызывает нарушение естественной гидрохимической зональности гидрогеологической среды и значительное искажение гравитационного, температурного, электрического, магнитного и других физических полей Земли. Несмотря на сравнительно невысокую стоимость подземного захоронения вредных промышленных стоков по сравнению с обычными методами их очистки и обезвреживания, основную трудность представляет сложность организации надежного контроля за распространением в пласте загрязняющих веществ.

Для достоверной оценки последствий, вызываемых изменениями криогеологических условий, необходимо разработать модель управления и оптимизации использования многолетнемерзлых пород как поглощающей среды. Подобная модель должна учитывать основные закономерности взаимодействия рассолов с мерзлыми породами. Прежде всего следует осуществить наблюдение за динамикой температурного поля мерзлой толщи, значение которого не должно превышать 0 °С. Для этой цели следует разработать проект мероприятий, регулирующих сброс рассолов определенной температуры, не вызывающих «растепления» толщи мерзлых пород. В связи с этим в проекте необходимо предусмотреть режимные геотермические наблюдения (не реже одного раза в квартал) во всех скважинах, включая эксплуатационные.

Отмечаемое ухудшение качества поверхностных вод района свидетельствует о необходимости разработки программы экологического мониторинга загрязняющих компонентов водной среды. Учитывая геолого-структурную обстановку в зоне полигона захоронения дренажных рассолов, необходи-

мо увеличить наблюдательную сеть скважин в северо-западном секторе, где сток (дренаж) происходит достаточно интенсивно. Здесь подземные коллекторы залегают намного выше отметок местного базиса эрозии, а наличие крутых склонов и близость русла Далдына делают его одним из опасных участков миграции рассолов. Наблюдательные скважины следует расположить по всему склону на одной высоте, примерно 350–380 м. Глубина скважин должна быть не менее 150 м, а расстояние между ними — 300–500 м.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С учетом сложности и слабой изученности рассматриваемой проблемы, а также серьезной ее опасности для окружающей среды, в пределах техногенных объектов Удачинского ГОКа необходимы следующие дополнительные научно-исследовательские работы:

1) осуществить комплекс криогидрогеологических исследований для уточнения фильтрационных свойств пород, мощности экранирующих криогенных и литологических водоупоров, направления и скорости миграции подземных вод в водопоглощающих горизонтах;

2) организовать мониторинг радионуклидов, включающий слежение за характером и динамикой их миграции, процессами распада и накопления в криогенной среде, в водоносных горизонтах и поверхностных объектах гидросферы;

3) провести геокриологические исследования для получения достоверной информации об основных параметрах (температура, льдистость, трещиноватость, проницаемость, неоднородность и характер распространения) криолитозоны в границах техногенных объектов;

4) осуществить крупномасштабную мерзлотную, гидро- и геохимическую съемку зоны деятельности Удачинского ГОКа и создать режимную сеть мониторинга за состоянием мерзлотной и водной среды с организацией нескольких стационарных площадок, особое внимание при этом следует уделить тепловому режиму толщ зоны водохранилища;

5) определить технологию подготовки дренажных вод перед их закачкой в подземные коллекторы с целью разработки рекомендаций по минимизации температурных изменений в толще многолетнемерзлых пород;

6) организовать постоянную службу мерзлотно-технического контроля за работой полигона, его сооружений и технологического оборудования, а также для изучения характера перемещения рассолов в пласте-коллекторе и сбора информации о процессах, происходящих в поглощающих горизонтах;

7) используя фактические данные и методику математического моделирования техногенного загрязнения [8], составить долгосрочный прогноз тепломассообменного режима грунтов оснований различных заградительных сооружений.

Для решения поставленных задач необходимо определить организационные формы, найти источники финансирования и специализированные научно-исследовательские организации, способные комплексно на базе научной кооперации провести исследования и получить кондиционную информацию.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савинов Д. Д., Тяптиргянов М. М., Маршинцев В. К. и др. Экология бассейна р. Вилюй: промышленное загрязнение. — Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1992.
2. Чистяков Г. Е. Река Далдын (краткий географический очерк) // Вопросы географии Якутии. — Якутск, 1961. — Вып. 1.
3. Роль рассолов в гидрохимическом режиме рек. Западная Якутия / Дзюба А. А., Шпейзер Г. М., Борисов В. Н. и др. — Новосибирск: Наука, 1987.
4. Готовцев С. П. Температура многолетнемерзлых горных пород Сытыкан-Далдынского междуречья // Криолитозона и подземные воды Сибири. — Якутск, 1996.
5. Климовский И. В., Готовцев С. П. Криолитозона Якутской алмазонасной провинции. — Новосибирск: Наука, 1994.
6. Пермяков П. П., Попов Г. Г., Шадрин А. П. и др. Миграция радиоактивного загрязнения при протаивании мерзлого грунта // Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. — Красноярск, 1999.
7. Пермяков П. П., Готовцев С. П., Климовский И. В., Михайлов В. А. Прогноз деградации многолетней мерзлоты при подземном захоронении высокоминерализованных вод // Рациональное природопользование в криолитозоне. — М.: Наука, 1990.
8. Бурцев И. С., Колодезникова Е. Н. Радиационная обстановка в алмазонасных районах Якутии. — Якутск, 1997.

9. **Нормы** радиационной безопасности НРБ-76/87 и основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
10. **Критерии** оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. — М., 1992.
11. **Алексеев С. В.** Криогенез подземных вод и горных пород (на примере Далдыно-Алакитского района Западной Якутии). — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000.

*Институт мерзлотоведения СО РАН,  
Институт физико-технических проблем Севера  
СО РАН, Якутск*

*Поступила в редакцию  
5 марта 2004 г.*

УДК 547.992

**С. И. ЛЕВШИНА**

## **ГУМУСОВЫЕ КИСЛОТЫ В РЕЧНЫХ ВОДАХ ПРИАМУРЬЯ**

*Представлены данные по содержанию гумусовых веществ в речных водах бассейна среднего и нижнего Амура (результаты исследования 2003–2004 гг.). Максимальное содержание гуминовых и фульвокислот приходится на периоды летне-осенних паводков, минимум — на зимнюю межень. Концентрации фульвокислот на порядок выше, чем гуминовых. Вклад гумусовых веществ в общую органическую составляющую речных вод оценивается в пределах 25–55 % от общего содержания органического углерода.*

*Presented are the data on concentration of humus substances in the river waters of the Middle and lower Amur basin (based on research findings for the 2003–2004 period). Maximum and minimum concentrations of humic and fulvic acids correspond to periods of summer-autumn floods, and to a low water period in winter, respectively. Concentrations of fulvic acids are an order of magnitude higher compared to humic acids. The contribution of humic acids to total organic content of the river waters varies from 25 to 55 % of total content of organic carbon.*

Гумусовые вещества (ГВ) — самый распространенный класс природных органических соединений в гидросфере [1] — представляют собой сложные смеси биологически устойчивых высокомолекулярных полифункциональных соединений (сложные макромолекулярные фенольные карбоксикислоты). Гумусовые кислоты — гуминовые и фульвокислоты (ГФК) — активно участвуют в процессах миграции и концентрации элементов в природных водах. Они содержатся не только в водах, но и в почвах, донных осадках — всюду, где происходят процессы биотрансформации органических остатков. Почвы — важнейший источник ГВ для природных вод, куда они поступают в зависимости от интенсивности их водной миграции [2].

Дополнительным источником водного гумуса могут служить продукты сточных вод, очень сходные с почвенными ГВ по элементному составу, наличию кислородсодержащих групп и другим параметрам [3]. Для рек, проходящих через крупные промышленные центры, их вклад в общую сумму речных органических веществ (ОВ) может быть значительным. Соотношение гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) в речных водах, их количественные и качественные характеристики отличаются от таковых в почвах [1, 4].

Сведения о генезисе и закономерностях распределения ГК и ФК в водах важны при решении многих гидрохимических и ландшафтно-геохимических задач, а также при разработке методов водоподготовки на очистных станциях городских водоканалов. Особенно остро эта проблема стоит в Хабаровске и других крупных городах, расположенных вдоль Амура, воды которого с высоким показателем цветности (в паводки — до 200 град. по Со-Рт шкале) богаты органическими веществами [5, 6], в частности ГК и ФК. При относительно хорошей изученности химического состава и динамики вод главных рек Приамурья их органическая составляющая исследована значительно слабее, и сведения о содержании в них этих кислот практически отсутствуют. Известны лишь результаты определения отдельных фракций гумусовых соединений кислого характера [7], а также содержания ГК и ФК в воде Петропавловского озера [8].

© 2006 Левшина С. И.