

V. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 556.3:388(470)

С.Н. Елохина, И.В. Соколов

**МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СИСТЕМЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА**

Актуальность включения в систему экологического мониторинга на Среднем Урале наблюдений за состоянием поверхностных и подземных вод обусловлена особенностями местоположения старейших металлургических заводов. К этой категории можно отнести Нижне-Сергинский металлургический завод, Северский трубный завод и ряд других предприятия Среднего Урала. Промышленные площадки предприятий такого типа, а также объекты складирования промышленных отходов нередко занимают пойменные участки современных речных долин, в геологическом строении которых существенную роль играют хорошо проницаемые и практически не защищенные от поверхностного воздействия аллювиальные отложения. Наряду с определёнными техническими выгодами, приуроченность техногенных объектов к пойменным участкам долин определяет первоочередное воздействие производства на поверхностные и подземные воды, которые, в силу своей динамичности, способствуют распространению антропогенного воздействия на значительные площади, угрожая в том числе источникам хозяйственно-питьевого водоснабжения. Активная локализация и ликвидация антропогенного воздействия, если в него вовлечены подземные воды, требует выполнения дорогостоящих мероприятий, а иногда практически невозможна.

На примере одного из старейших предприятий Среднего Урала - Северского трубного завода (СТЗ) - рассмотрим методику изучения влияния производственных отходов на поверхностные и подземные воды, а также некоторые результаты, полученные в рамках выполненных исследований.

В Свердловской области к разряду особо охраняемых территорий относится бассейн р. Чусовой, являющейся источником питьевого водоснабжения г. Екатеринбурга. Техногенные объекты СТЗ расположены в среднем течении р. Северушки, левобережного притока р. Чусовой, что и определило необходимость пристального рассмотрения влияния объектов СТЗ на подземный и поверхностный стоки. При этом особенно важно было не допустить, чтобы уровень этого воздействия не превышал предельно допустимые значения, установленные для источников питьевого водоснабжения.

Северский трубный завод, расположенный на северной окраине г. Полевского в 32 км юго-западнее г. Екатеринбурга, имеет прямоточную систему очистки промышленных сточных вод. Естественный сток р. Северушки на территории СТЗ протекает в канале, проложенном на левом берегу долины на расстоянии от 100 до 500 м от естественного русла. Вода для промышленных целей забирается из Северского водохранилища и после прохождения технологического цикла и обработки на локальных очистных сооружениях сбрасывается в пруд-приемник, а затем прудки-отстойники 1 и 2 и, далее, в канал р. Северушки. На расстоянии 1,2 км выше устья канал соединяется с естественным руслом реки. Система складирования и утилизации отходов, включающая прудки-отстойники, шламонакопитель, ботанические площадки, золоотвал, шлаковый отвал, площадки для складирования твердых токсичных отходов, станцию биологической очистки хозяйственных сточных вод (САБО), как и промплощадка завода, расположены компактно, занимая пойму и южный приводораздельный склон современной долины р. Северушки (рис. 1). Рассматриваемый участок имеет характерный облик останцового низкогорья с холмисто-увалистым рельефом, где скальные породы фундамента залегают вблизи дневной поверхности под маломощной толщей образований элювиального, элювиально-делювиального либо аллювиального генезиса (рис. 2).

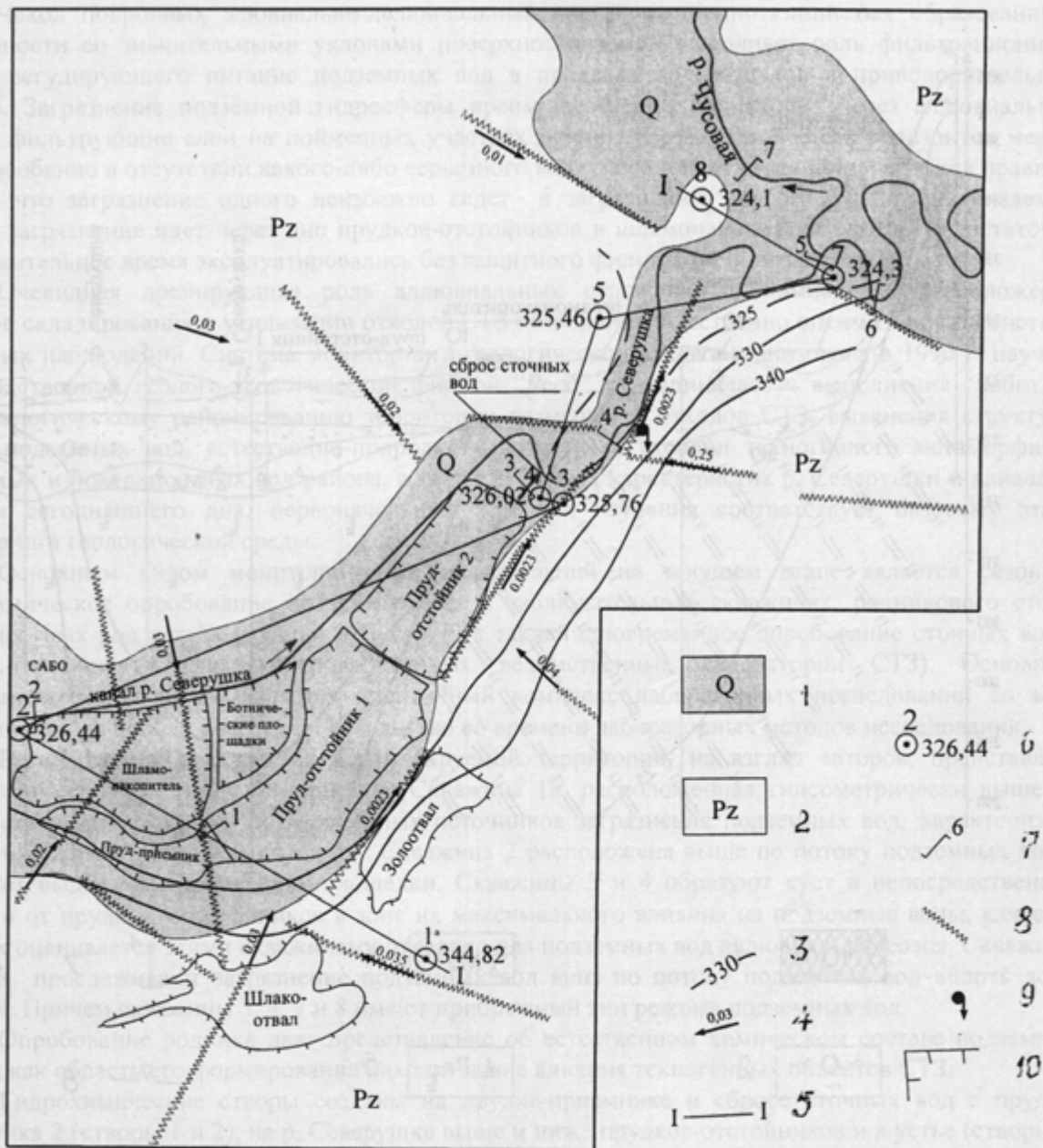


Рис. 1. Схематическая геологическая карта. Масштаб 1:20000:

1 – относительно водоносный горизонт в аллювиальных отложениях четвертичного возраста; 2 – водоносная кора корово-блоковых вод в породах палеозоя; 3 – гидроизогипса и ее значение, м; 4 – направление потока подземных вод и его уклон; 5 – линия разреза; 6 – гидрогеологическая скважина; цифра рядом: вверху – ее номер, справа (слева) – абсолютная отметка УГВ, м; 7 – гидрохимический створ и его номер; 8 – линейная зона трещиноватости; 9 – родник; 10 – граница техногенных объектов

В гидрогеологическом отношении район размещения объектов СТЗ принадлежит к Большеуральскому сложному бассейну корово-блоковых вод, в пределах которого преимущественное развитие имеют два гидрогеологических стратона: относительно водоносный горизонт в аллювиальных отложениях четвертичного возраста и водоносная зона метаморфических и вулканогенно-осадочных образований палеозоя. **Первый** – это пластово-поровые воды в современных аллювиальных отложениях, приуроченных в рассматриваемом районе к долинам рек Северушки и Чусовой. **Второй** связан в рассматриваемых разрезах с корово-блоковыми водами в экзогенных трещинах вулканогенно-осадочных пород преимущественно девонского возраста. Глубина развития экзогенной трещиноватости составляет 25-40 м. Фоновая слабая обводненность

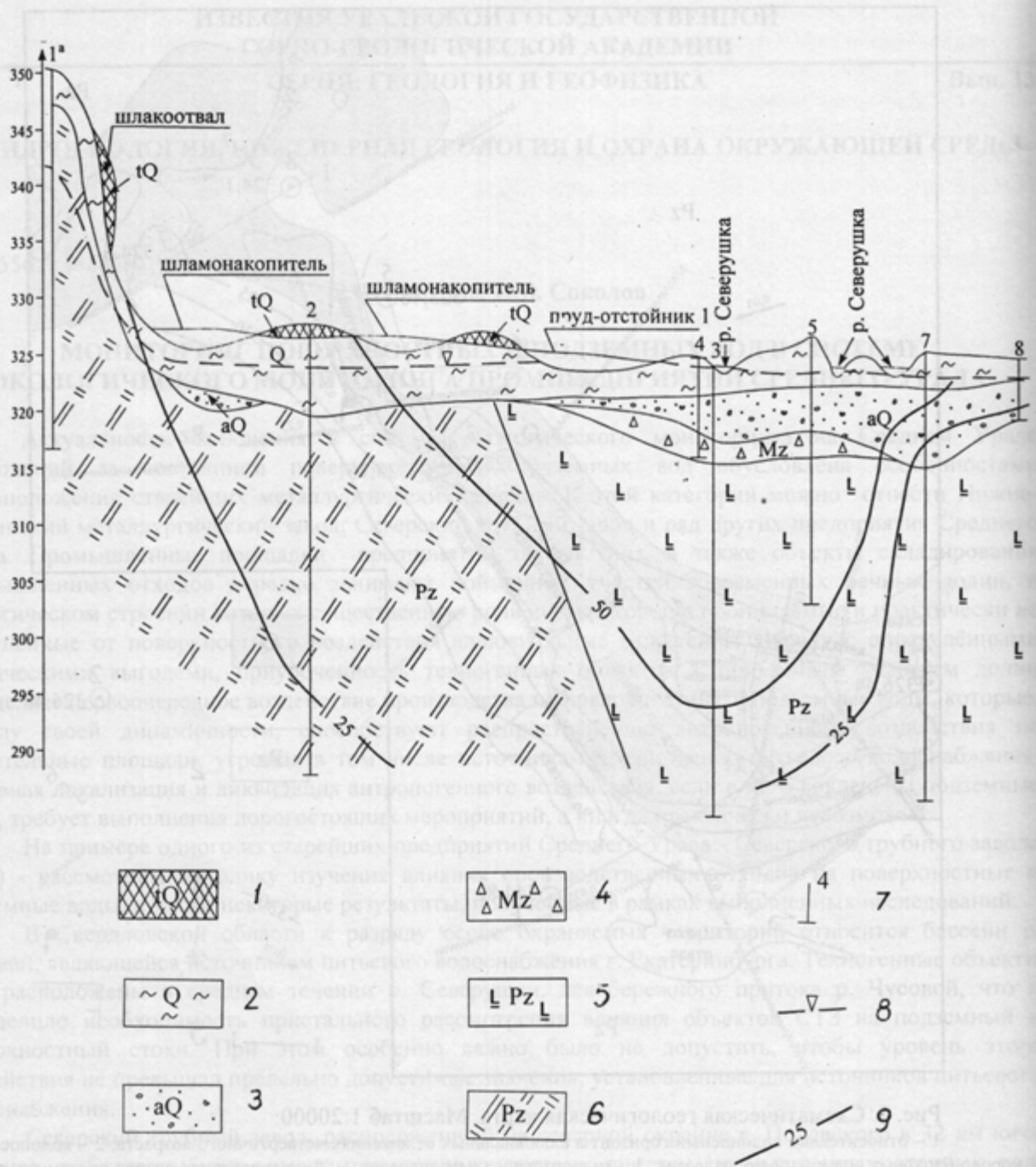


Рис. 2. Схематический гидрогеологический разрез по линии I-I. Масштаб горизонтальный 1:25000; вертикальный 1:500:

четвертичная система: 1 – техногенный грунт, 2 – суглинки покровные (элювиально-делювиальные), 3 – песчано-гравийно-галечные отложения; мезозойская эра: 4 – щебенистые отложения; палеозойская эра: 5 – туфопесчаники, туфоалевролиты, прослой сланцев, 6 – микрокристаллические зеленые сланцы, углисто-кремнистые сланцы, кварциты; 7 – наблюдательная гидрогеологическая скважина и ее номер; 8 – уровень подземных вод; 9 – изоконцентраты хлор-иона в подземных водах и их значения в мг/дм^3

разреза нарушается линейными участками трещиноватости, обусловленными локальной тектонической нарушенностью разреза или контактами пород различного генезиса. Удельная производительность скважин в таких зонах колеблется от 0,6 до 10 $\text{дм}^3/\text{с}$ и более. Гидрогеологические стратоны (аллювиальный и палеозойский) обычно гидравлически взаимосвязаны и имеют единый уровень подземных вод.

Чехол покровных элювиально-делювиальных преимущественно глинистых образований в совокупности со значительными уклонами поверхности земли выполняет роль фильтрационного экрана, регулирующего питание подземных вод в пределах водоразделов и приводораздельных склонов. Загрязнение подземной гидросферы преимущественно происходит через аллювиальные хорошо фильтрующие слои на пойменных участках долины. Связь водоносных горизонтов между собой, особенно в отсутствии какого-либо серьезного водоупора между ними, приводит, как правило, к тому, что загрязнение одного неизбежно ведет к загрязнению другого. На рассматриваемом участке загрязнение идет через дно прудков-отстойников и шламонакопителя, которые достаточно продолжительное время эксплуатировались без защитного фильтрационного экрана.

Очевидная дренирующая роль аллювиальных отложений и компактное расположение объектов складирования и утилизации отходов СТЗ позволили существенно оптимизировать систему режимных наблюдений. Система мониторинга геологической среды организована в 1990 г. научно-производственной геолого-экологической фирмой "Геос" и начиналась с выполнения работ по гидрогеологическому районированию территории размещения отходов СТЗ, выяснения структуры потока подземных вод, естественно-природного качества и степени техногенного метаморфизма подземных и поверхностных вод района, а также стоковых характеристик р. Северушки и канала. С позиции сегодняшнего дня, первоначальный период изучения соответствует базовому этапу мониторинга геологической среды.

Основным видом мониторинговых исследований на текущем этапе является сезонное гидрохимическое опробование подземных вод в наблюдательных скважинах, родникового стока, поверхностных вод рек Северушки и Чусовой, а также одновременное опробование сточных вод в прудках-отстойниках (для контроля данных ведомственных лаборатории СТЗ). Основным требованием мониторинга является идентичный комплекс лабораторных исследований во всех контролируемых пробах участка и постоянство во времени лабораторных методов исследования.

Расположение скважин на контролируемой территории, на взгляд авторов, представляет собой рациональную схему (см. рис. 1). Скважина 1а, расположенная гипсометрически выше не только остальных скважин, но и основных источников загрязнения подземных вод, характеризует фоновый режим водораздельного типа. Скважина 2 расположена выше по потоку подземных вод и позволяет выделить влияние промплощадки. Скважины 3 и 4 образуют куст в непосредственной близости от прудков - отстойников в зоне их максимального влияния на подземные воды, качество которых оценивается этими скважинами отдельно для подземных вод аллювия и палеозоя. Скважины 5, 7 и 8 прослеживают загрязнение подземных вод вниз по потоку подземных вод вплоть до р. Чусовой. Причем скважины 3, 4, 7 и 8 имеют прибрежный тип режима подземных вод.

Опробование родника дает представление об естественном химическом составе подземных вод, так как область его формирования находится вне влияния техногенных объектов СТЗ.

Гидрохимические створы созданы на прудке-приемнике и сбросе сточных вод с прудка-отстойника 2 (створы 1 и 2), на р. Северушке выше и ниже прудков-отстойников и в устье (створы 3-5) и на р. Чусовой выше и ниже впадения р. Северушки (створы 6 и 7).

В результате мониторинговых наблюдений установлено, что ореол загрязнения подземных вод на участке складирования и утилизации отходов СТЗ имеет полиэлементный состав, включающий нефтепродукты, марганец, алюминий, цинк, полифосфаты и кремний. Загрязнение, по В.М. Гольдбергу, имеет первую степень, кроме нефтепродуктов и марганца, содержание которых по отдельным скважинам и в отдельные периоды превышает ПДК.

Особое внимание уделено распространению в подземных и поверхностных водах концентрации хлор-иона, который содержится в сточных водах СТЗ, инертен к физико-химическим процессам и может служить индикатором влияния сточных вод на природные воды.

На рис. 3, а,б, в формате программы REGIM (автор Р.С. Штенгелов, МГУ), использованной авторами для обработки режимных данных, представлены изменения концентрации хлор-иона в точках наблюдений. Максимальные концентрации иона хлора фиксируются в сточных водах, а минимальная – в подземных водах палеозоя (скв. 1а, 7 и родник).

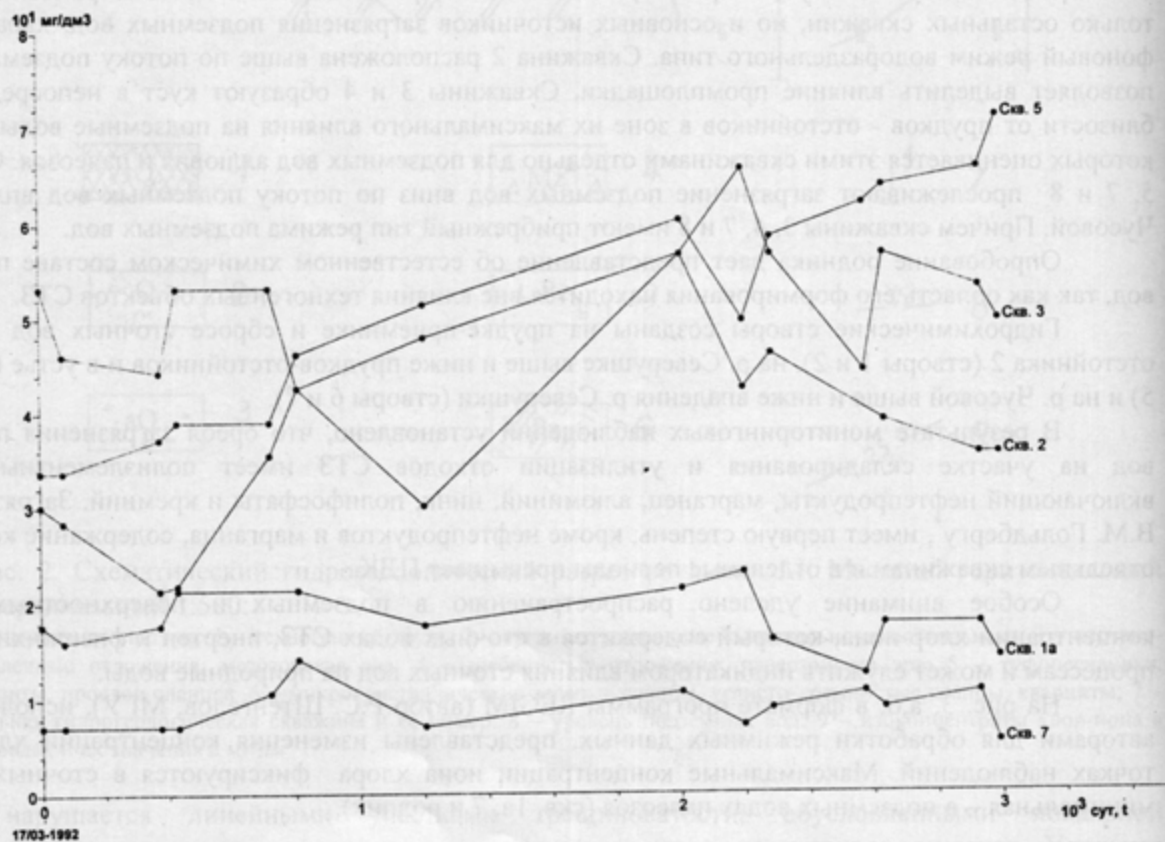
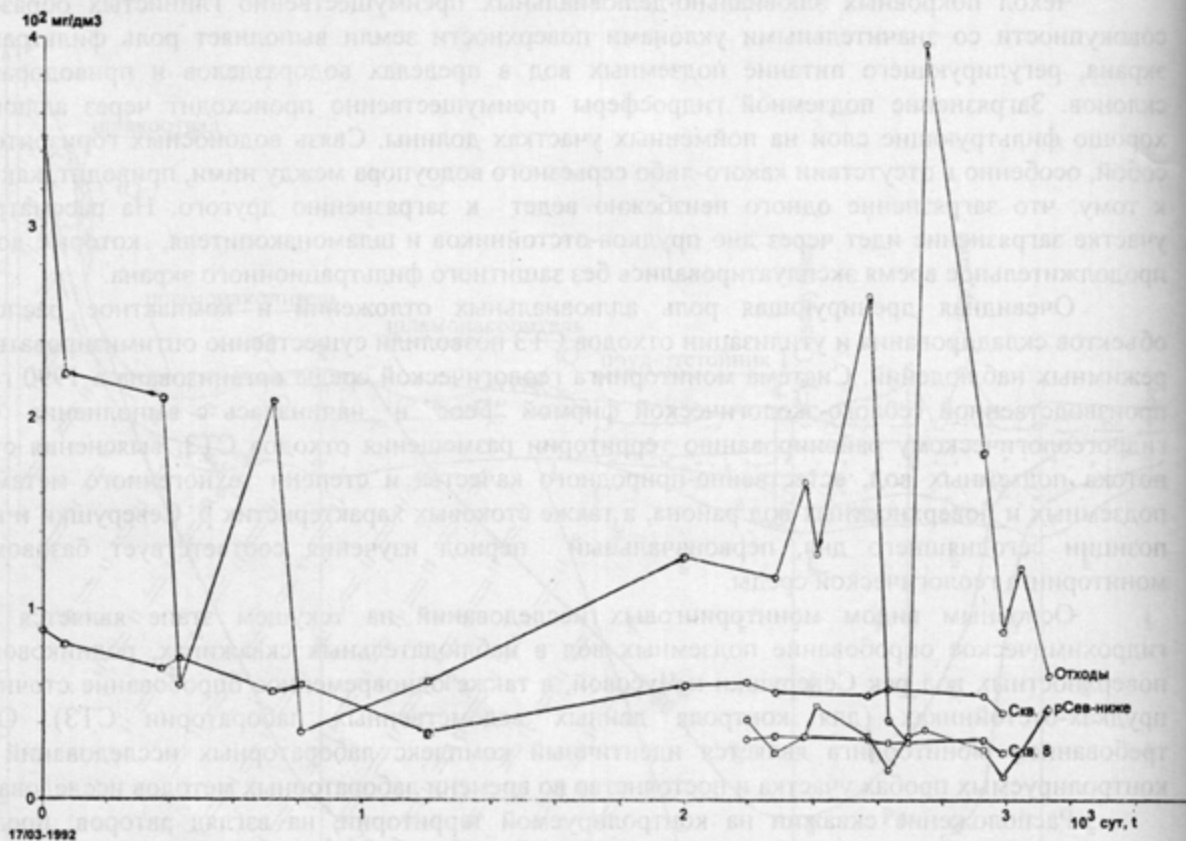


Рис. 3. Изменение концентрации хлор-иона в сточных, поверхностных и грунтовых водах (а) и в подземных (б) водах палеозойской водоносной зоны (Северский трубный завод)

Ореол загрязнения подземной гидросферы выделяется авторами по изоконцентрате хлор-иона, равной 25 мг/дм^3 (при фоновых концентрациях $7-10 \text{ мг/дм}^3$), и в профильном варианте обозначен на рис. 2. Вверх по потоку ореол загрязнения выходит на территорию промплощадки, вниз по потоку, по аллювиальному водоносному горизонту, – до р. Чусовой, по водоносной зоне палеозоя – ниже скв. 5. Вкрест речной долины ореол загрязнения выходит по контуру прудков-отстойников на границу развития аллювиального водоносного горизонта.

Исследование корреляционных связей между динамикой изменения концентрации хлор-иона по наблюдаемым точкам выявило следующее. Достаточно плотная связь, коэффициент парной корреляции r равен $0,7$, существует между скважинами 4 и 8, значительно удаленными друг от друга, но вскрывающими верхний аллювиальный водоносный горизонт. Коэффициент парной корреляции по концентрации иона хлора в скв. 3 и 4, расположенных в непосредственной близости, но вскрывающих разные водоносные зоны, составляет всего $0,3$. При этом уреченный режим подземных вод в обеих скважинах взаимозависим и характеризуется коэффициентом парной корреляции на уровне $0,8$. Зависимость концентрации иона хлора в аллювиальном водоносном горизонте (скв. 4) и в поверхностных водах (р. Северушка, створ 4) удовлетворительная ($r = 0,5$).

Следовательно, загрязнение аллювиального водоносного горизонта на наблюдаемом участке имеет более тесную связь с поверхностными водами, нежели с загрязнением подземных вод палеозойской зоны, несмотря на отсутствие разделяющих прослоев между ними. Хорошая связь между скв. 4 и 8, достаточно стабильная концентрация в них иона хлора в течение последних 3-4 лет позволяют предположить, что процесс загрязнения аллювиального водоносного горизонта под влиянием сточных вод СТЗ достиг квазистационарного уровня: установилось некоторое равновесное состояние в распределении загрязнения между сточными водами и компонентами природной среды. Возможно, что гидрохимическая стабилизация носит временный характер. По уровню концентрации хлор-иона ореол загрязнения подземных вод достиг долины р. Чусовой, но в силу малой контрастности заметного влияния на качество воды в р. Чусовой не оказывает.

Учитывая накопленную информацию, методика гидрохимического опробования в ходе мониторинговых наблюдений неоднократно упрощалась. Из наблюдения исключались ингредиенты, поступающие с отходами СТЗ на объекты складирования, но имеющие в подземных водах по всем скважинам устойчиво низкие или весьма низкие содержания. Опробование подземных вод, с учетом климатических особенностей района, переведено с посезонного на двухразовое (зимняя межень и весенний паводок) при сохранении четырехкратного опробования поверхностного стока как более обновляемой компоненты.

Полученная информация в процессе режимных наблюдений позволит в перспективе создавать математические модели геофильтрации и геомиграции, которые целесообразно разрабатывать в целом на тот или иной речной бассейн с включением в их структуру систем объектного мониторинга окружающей природной среды различных промпредприятий.

Таким образом, система экологического мониторинга промпредприятия на Среднем Урале, при определенных гидрогеологических, водохозяйственных и технологических условиях, должна включать систему регулярных наблюдений за поверхностным и подземным стоками. Независимость, регулярность и сопоставимость данных мониторинга являются обязательными элементами, обеспечивающими надежность контроля за объектами загрязнения, и предупреждения неконтролируемого воздействия на питьевые водоисточники. На примере объектов Северского трубного завода продемонстрирована эффективная методика мониторинга поверхностных и подземных вод, которая может быть использована и на других промышленных объектах Среднего Урала.