Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
т. LXXX, 1980 г.

УДК 556.676

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В РАЙОНАХ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

И.А.МОИСЕЕВ, А.Н.ПАВЛОВ,
Ю.Г.ЮРОВСКИЙ, Т.Н.ЮРОВСКАЯ

Известно, что наиболее активное взаимодействие между подземными водами суши и морскими бассейнами происходит на участках выклинивания аллювиальных потоков, поскольку долины рек представляют собой мощные естественные дрены. В периоды паводков и высокого стояния уровней подземных вод "языки" морских вод, подстилающие аллювиальные потоки, оттесняются в сторону акватории, а в периоды межени они могут проникать на значительные расстояния в глубь суши. Приливы и штормовые нагоны способствуют этому явлению. В случаях, когда в прибрежной зоне аллювиальных потоков работают крупные водозаборы, проникновение морских вод может достигнуть таких размеров, что приведет к нежелательному изменению качества вод эксплуатируемого месторождения.

Исследование этих вопросов на аллювиальных потоках Черноморского побережья Кавказа и в устье р.Невы (в связи с работами по защите Ленинграда от наводнений) показало, что как разгрузка подземных вод, так и проникновение в аллювиальный поток морских вод даже в грубообломочном аллювии носит дискретный характер. Поэтому одна из первостепенных задач, стоящих перед гидротехническими изысканиями, состоит в том, чтобы обнаружить зоны наиболее активного взаимодействия морских и подземных вод. Специфичность этой задачи определяется гидродинамической обратимостью этих зон: то они ведут себя как клапаны, через которые происходит загрязнение морских вод (если загрязнен аллювиальный поток), то они служат окнами проникновения морских вод. В условиях интенсивного антропогенного влияния загрязнение аллювиальных потоков может происходить из различных источников: уличных стоков, бытовых сточных вод населенных пунктов, производственных сточных вод промышленных предприятий, дренажных стоков с сельскохозяйственных полей.

Для правильной оценки санитарного состояния аллювиальных потоков необходимо располагать сведениями о точном количестве и составе загрязнений, в них поступающих, т.е. необходим учет расхода чистой воды и

сброса сточных вод, количественных и качественных показателей конкретных источников загрязнения. При общей оценке объема загрязнений используются наиболее характерные показатели. Для крупных промышленных городов, например Ленинграда, такими показателями могут быть $БПК_5$ и содержание нефтепродуктов. В сточных водах отдельных промышленных предприятий значения $БПК_5$ достигают 500 г/л (коксевенное, гидролизное производство и т.п.), содержание нефтепродуктов до 100 мг/л. Промышленные стоки отдельных предприятий имеют повышенное содержание сульфатов, до 300–500 мг/л. Наиболее важно также учесть источники поступления наиболее токсических соединений: свинца, цинка, меди, хрома и др.

Бактериальное загрязнение, основным источником которого являются хозяйственно-фекальные воды и, в меньшей степени, промышленные стоки, учитывается с помощью регистраций величин коли-индекса (количество лактозоположительных бактерий группы кишечных палочек в 1 л воды), которые в сточных водах крупных городов могут превышать ПДК в сотни раз. Источником повышенного содержания азота и фосфора в аллювиальных потоках являются дренажные стоки с сельскохозяйственных полей за счет выноса из удобряемых почв азота и фосфора, в количествах, равных соответственно 10–25 % и 1–5 % общего их содержания в объеме вносимых удобрений.

В последнее время контролирующие организации путем стационарных наблюдений и периодического опробования накопили большой материал, характеризующий основные количественные показатели и состав загрязняющих стоков. Сейчас уже можно говорить о том, что в большинстве городов водоохранные мероприятия (механическая и биологическая очистка бытовых сточных вод и их обеззараживание, специализированная очистка промышленных сточных вод и т.п.) позволили резко снизить загрязнения вод. Однако недооценка подобных мероприятий закономерно обусловливает попадание в аллювиальные потоки стоков с высоким БПК, высоким содержанием сульфатов, фосфора, азота и солей тяжелых металлов. Естественно, что попадание даже небольшого количества столь токсичных стоков в горизонты грунтовых вод, серьезно их загрязняет.

В условиях аллювиальных потоков, коллекторы которых обладают большой проницаемостью, токсичные компоненты весьма быстро достигают зоны разгрузки в районах конусов выноса рек. Вследствие особенностей водовмещающих пород их сорбция минимальна, процессы самоочищения ввиду малой аэрации незначительны, и концентрации токсичных компонентов определяются, в основном, параметрами разбавления.

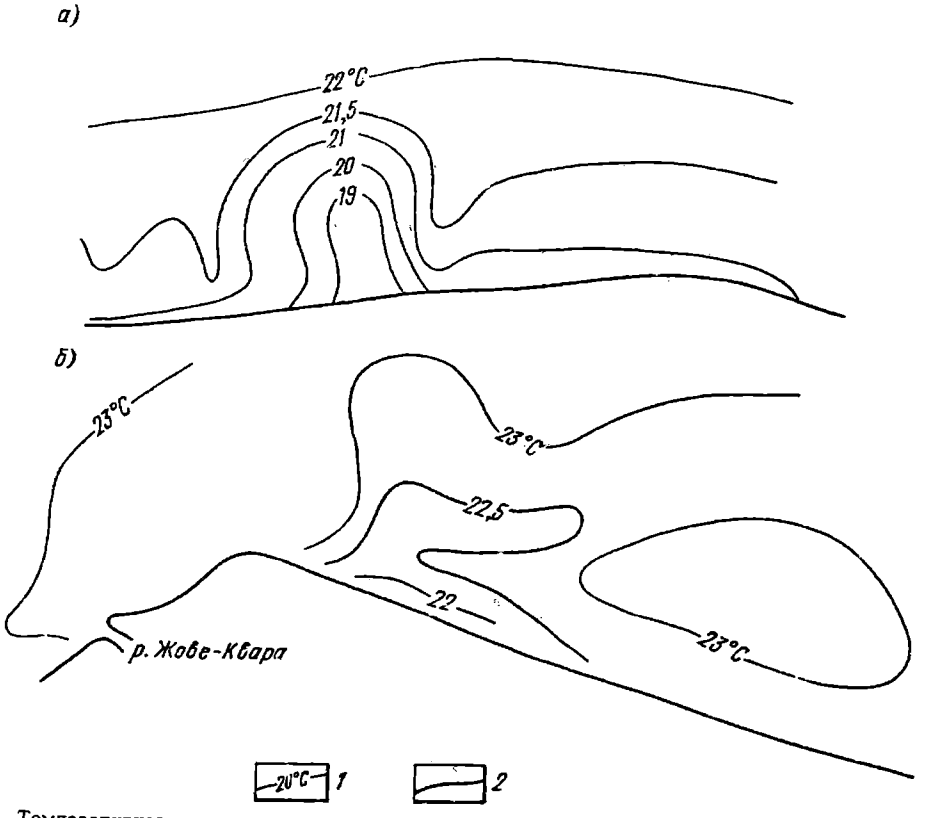
Поэтому особого внимания заслуживают методы выявления путей и направлений ускоренного движения загрязнений по наиболее проницаемым слоям в областях их проникновения и разгрузки. Если аллювиальные потоки служат источником загрязнения прибрежных морских вод, возможно решение обратной задачи: по субмаринной разгрузке оценить характер и степень загрязнения самого аллювиального потока.

Положение таких зон разгрузки и механизм их функционирования определяются в значительной степени геологическим строением конуса выноса реки, а также литодинамическими условиями данного района. Интенсивное

движение наносов в прибрежной зоне может приводить к периодическому перекрытию слабопроницаемыми грунтами одних зон и к открытию других. При исследовании этого процесса возникают следующие проблемы: I) поиск участков активной фильтрации; 2) оценка их гидродинамических параметров; 3) выявление компонентов и степени загрязнения. В качестве дополнительной может быть поставлена задача по оценке величины предельно допустимой экологической нагрузки (ПДЭК).

Методы решения первых двух задач достаточно подробно изложены в работе [I], но без учета особенностей этих задач для конусов выноса рек. Для решения третьей - достаточно определить наиболее токсичные компоненты и концентрации их в зоне выхода. При решении дополнительной задачи следует руководствоваться положением о мониторинге окружающей среды [3].

В качестве примера приведем оценку величины разгрузки подруслового потока р.Псезуапсе (Черноморское побережье Кавказа). Летне-осенняя межень р.Псезуапсе в 1979 г. была необычной. Длительное отсутствие осадков привело к пересыханию реки. Однако подрусловой поток продолжал функционировать и его разгрузка в море была зафиксирована съемками температуры и электропроводности. Оценка величины субмаринной разгрузки подруслового потока реки по данным этих съемок была проведена с помощью метода теплового баланса [I]. Метод был модифицирован применительно к условиям при-



Температурная аномалия, вызванная разгрузкой аллювиального потока в районе выноса р.Псезуапсе (а) и устья р.Жове-Квара (б)
1 - изотермы; 2 - линия берега

устьевого участка р.Поезуапое. Зона активной фильтрации (см.рисунок,а) вытянута вдоль уреза на расстоянии 128 м и прослеживается до глубины 0,3–0,5 м. Пресные воды аномальной температуры тонким слоем (3–4 см) распространяются по поверхности более плотной морской воды. Таким образом, можно воспользоваться решением задачи о действии линейного источника пониженной температуры, генерирующего аномалию поверхностного типа. Будем считать условия разгрузки стационарными в момент измерений, а параметры аномалии стабилизировавшимися. Уравнение теплового баланса для подобного случая можно записать в виде [2]

$$c\gamma q(t_2-t_1)=S'_{\text{св.п}}F_{\text{п}}-S_{\text{бок}}F_{\text{бок}}+S_{\text{гр}}F_{\text{вых}}-S_{\text{н.п}}F_{\text{н.п}}, \qquad (1)$$

где c и γ – соответственно удельная теплоемкость и плотность воды; q – начальный расход потока подземных вод; t_1 и t_2 – температура соответственно окружающей морской воды и разгружающегося источника; $S_{\text{св.п}}$, $S_{\text{бок}}$ и $S_{\text{н.п}}$ – теплообмен соответственно со свободной поверхности, с боковой поверхности аномалии и на нижней ее границе; $F_{\text{св.п}}$, $F_{\text{бок}}$ и $F_{\text{н.п}}$ – площадь соответственно свободной, боковой и нижней поверхности аномалии; $S_{\text{гр}}$ – теплообмен с грунтом.

В свою очередь

$$S_{\text{св.п}}=S_{\text{и}}-S_R-S_{\text{к}} \qquad (2)$$

где $S_{\text{и}}$ и S_R – соответственно затраты тепла на испарение и радиационный теплообмен с единицы площади; $S_{\text{к}}$ – теплообмен с атмосферой за счет конвекции.

Удельное значение членов уравнения (I) неодинаково. Учитывая толщину слоя аномальных вод на морской поверхности, можно считать величину $F_{\text{бок}}$ весьма малой и, следовательно, произведением $S_{\text{бок}}F_{\text{бок}}$ можно пренебречь. Величину $S_{\text{гр}}$ в практике подобных расчетов также можно не учитывать.

Теплообмен за счет турбулентной диффузии с окружающей аномалию водной средой

$$Q_{\text{теп}}=\frac{\pi\lambda\Delta t}{0{,}5\lambda\ln D_0/D_R} \qquad (3)$$

где Δt – разность температур в центре аномалии и на расстоянии R от него, $\Delta t = t_R - t_\theta$; λ – коэффициент теплопроводности воды; D_0 и D_R – диаметры выделенных расчетных объемов.

Так как градиенты температуры на границах аномалии сравнительно невелики, а условия смешения на нижней границе исключают активный турбулентный обмен, вычисленная величина $Q_{\text{теп}}$ лежит в пределах точности измерений.

Таким образом, уравнение теплового баланса для нашего случая можно свести к виду

$$c\gamma q(t_2-t_1)=(S_{\text{и}}-S_R-S_{\text{к}})F_{\text{пов}} \qquad (4)$$

В уравнении (4) радиационный теплообмен с единицы площади

$$S_R=(Q+q_0)[1-(1-K)n](1-a)-I(1-\varepsilon n^2)-3{,}6\sigma T_\theta^3(T_{\text{пов}}-T_{\text{ср}}), \qquad (5)$$

где $Q + q_0$ – суммарная солнечная радиация на уровне моря при альбедо, равном нулю, определяемая по таблицам в зависимости от месяца года и широты местности; K и C – коэффициенты, зависящие от широты местности; n – облачность в момент наблюдений, баллы; a – среднесуточное альбедо поверхности воды, определяемое по таблице в зависимости от облачности, месяца года и широты местности; I – эффективное излучение при безоблачном небе; σ – постоянная Стефана – Больцмана, $\sigma = 5{,}66961 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м^2·К^4); $T_в$, $T_{пов}$ и $T_{ср}$ – температура соответственно воздуха, поверхности воды и средняя температура воды, К.

Затраты тепла на испарение с единицы площади

$$S_и = 3{,}5\,(l_0 - l_{200})\,[\,1 + 0{,}8 W_{200}\,]\,, \qquad (6)$$

где l_0 и l_{200} – упругость водяного пара на поверхности воды и высоте 200 см соответственно; W_{200} – скорость ветра на высоте 200 см.

Конвективный теплообмен с единицы площади

$$S_к = 2{,}28\,(t_в - t_п)\,[\,1 + 0{,}8 W_{200}\,]\,, \qquad (7)$$

где $t_в$ и $t_п$ – температура воздуха и поверхности воды в центре аномалии соответственно, °С.

Используя полученные в результате натурных наблюдений данные и изложенную схему расчета, получим величину расхода, генерирующего аномалию (см.рисунок,а) Для нашего случая она равна $0{,}21 \pm 0{,}05$ м^3/с. При решении уравнения (I) для субмаринных источников истинный расход определяется с учетом соотношения начальной скорости разгружающегося источника v_0 и скорости источника на выходе в море v_z [I]. Однако в данном случае, учитывая, что v_0 практически равно v_z, так как фильтрация подземных вод зафиксирована на линии уреза, полученная величина расхода является искомой.

Аналогичные исследования и расчеты были проведены для устьевого участка р.Жове-Квара. В районе наблюдается значительная температурная аномалия, вызванная разгрузкой аллювиальных вод (см.рисунок,б). Найденный расход равен $0{,}78 \pm 0{,}18$ м^3/с. Отбор проб на химический анализ на поверхности в центре аномалии позволяет рассчитать начальную концентрацию любого агента загрязнений в аллювиальном потоке и оценить ареал его распространения в прибрежной зоне моря [I].

Оценка разгрузки аллювиальных потоков в зонах наиболее активного взаимодействия морских и подземных вод может быть не только мерой существующего загрязнения прибрежных вод и самого водоносного горизонта, но и может служить исходным материалом для определения интенсивности процесса загрязнения аллювиальных потоков со стороны моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коротков А.И., Павлов А.Н., Юровский Ю.Г. Гидрогеология шельфовых областей. Л., Недра, 1980, 219 с.

2. Методические рекомендации к расчету водохранилищ-охладителей ГЭС / Под ред. А.Г.Аверкиева. Л., изд. ВНИИГ, 1976. 55 с.

3. Мониторинг состояния окружающей природной среды. Труды I-го сов.-англ.симпозиума. Л., Гидрометеоиздат, 1977, 261 с.