

**Расчетная оценка вероятности загрязнения подземных вод  
в результате эксплуатации полей фильтрации**

Музыкин В. П., Заяц Ю. И.

РУП «Центральный научно-исследовательский институт  
комплексного использования водных ресурсов»

Минск, Беларусь

*В статье приводятся данные о негативном влиянии действующих полей фильтрации репрезентативных предприятий на подземные воды. Авторами предлагается расчетный параметрический критерий оценки воздействия для прогнозирования воздействия полей фильтрации на подземные воды.*

Очистные сооружения сточных вод с использованием полей фильтрации (далее – ПФ) до настоящего времени являются одним из основных способов биологической очистки сточных вод в естественных условиях.

В РУП «ЦНИИКИВР» выполнены специальные работы по оценке воздействия на подземные воды ПФ коммунальных и промышленных предприятий по репрезентативным объектам, которые показали [1]:

а) воздействие ПФ вызывает на прилегающих территориях в грунтовых водах ореолы загрязнения по следующим компонентам: минерализация (в концентрации до 3,2 ПДК), аммоний-ион (до 63,5 ПДК), нефтепродукты (до 59 ПДК), общее железо (до 136,6 ПДК), марганец (до 71,7 ПДК), СПАВ<sub>анион</sub> (до 1,3 ПДК) и некоторые тяжелые металлы (кадмий и никель до 1,4 ПДК);

б) ореолы загрязнения имеют овальную форму, вытянутую в направлении потока грунтовых вод, удаление границ ореолов загрязнения по изолиниям относительной концентрации  $C/C_{ПДК}=1$  от контуров ПФ составляет от 175 до 575 м; максимальное расстояние рассеивания загрязняющих веществ по потоку подземных вод до значений, соответствующим фоновым значениям показателей загрязнения в грунтовых водах, составляет от 342 до 770 м; величина бокового рассеивания загрязняющих веществ в направлении перпендикулярному потоку подземных вод составляет 200–250 м.

Всё это является следствием системных ошибок, допускаемых на стадии проектирования, в том числе и в связи с недоучетом гидрогеологических условий и прогнозирования. Гидрогеологическое прогнозирование предоставляет возможность избежать необоснованного увеличения площадей ПФ и оценить вероятность формирования ореолов загрязнения уже на стадии проектирования.

Для приближенной прогнозной оценки воздействия ПФ на подземные воды авторами предлагается использовать параметрический критерий воздействия ( $K_n$ ), рассчитываемый по формуле:

$$K_n = P/q, \quad (1)$$

где  $P$  – проектная (фактическая) нагрузка сточных вод на ПФ ( $\text{м}^3/(\text{сут}\cdot\text{га})$ ),  $q_r$  – величина естественных ресурсов (питания) подземных вод, которые должны учитываться в расчетах на участке ПФ в качестве разбавляющего фактора ( $\text{м}^3/(\text{сут}\cdot\text{га})$ ).

Такая способность потока подземных вод в уравнении баланса вещества в расчетном створе потока от участка ПФ выражается следующим равенством:

$$q_t C_t = q_e C_e + q_\phi C_\phi + (q_w C_w - q_n C_n)(x - x_0), \quad (2)$$

где,  $q_t$  и  $C_t$  – удельный расход потока подземных вод и концентрация искомого загрязняющего вещества в нем в расчетном створе ниже ПФ;  $q_e$  и  $C_e$  – удельный расход потока подземных вод и исходная концентрация загрязняющего вещества в нем на участке ПФ;  $q_\phi$  и  $C_\phi$  – удельный расход и исходная концентрация загрязняющего вещества в фильтрующих сточных водах;  $q_w$  и  $C_w$  – интенсивность инфильтрации атмосферных осадков и исходная концентрация загрязняющего вещества в них;  $q_n$  и  $C_n$  – интенсивность и концентрация загрязняющего вещества, поступающего в нижележащий водоносный горизонт путем перетекания (разгрузки);  $x$  – расстояние до контрольного створа (расчетного сечения) в потоке подземных вод от участка сброса сточных вод;  $x_0$  – начальный створ (сечение) потока подземных вод в выбранной системе координат.

В уравнении (2), соответственно:

$$q_t = q_\phi + [q_e + (q_w - q_n)(x - x_0)], \quad (3)$$

где величина  $q_t = q_e + (q_w - q_n)(x - x_0)$  и есть величина располагаемых ресурсов подземных вод, равных величине их естественных ресурсов, которые следует учитывать в расчетах как разбавляющий фактор.

За многолетний период естественные ресурсы (питание) подземных вод характеризуются значением модуля подземного стока. Для оценки воздействия ПФ достаточно рассматривать первые от поверхности водоносные горизонты, в совокупности находящиеся в области речного дренирования. Тогда для определения  $q_r$  достаточно использовать значение модуля подземного стока в реки ( $M_n$ ), также выраженное в  $\text{м}^3/(\text{сут}\cdot\text{га})$ . Подземный сток в реки для территории республики картирован, имеются соответствующие карты  $M_n$  [2]. Следовательно, расчет параметрического критерия воздействия может быть осуществлен для любых участков ПФ. Чем больше критерий  $K_n$  по величине превышает единицу, тем существеннее воздействие на подземные воды. Если же  $K_n < 1$ , то ореол загрязнения на участке ПФ не

образуется. Соответственно, *параметрический критерий воздействия* может характеризоваться как величина, значение которой являются мерой интенсивности изменения какого-либо процесса от внешнего воздействия, в нашем случае, ресурсов подземных вод от воздействия техногенной инфильтрации.

С целью практического применения параметрического критерия воздействия, выполнена графоаналитическая оценка (рис.) его связи с объемами отведения сточных вод на ПФ ( $Q$ , м<sup>3</sup>/сут). Для чего использованы результаты обобщения статистической отчетности водопользователей по форме 1-вода (Минприроды). Для ПФ рассчитаны параметрические критерии воздействия и построен сводный график их точечного распределения. На рисунке связь выражена средней кривой зависимости критерия  $K_n$  от логарифма объемов отведения сточных вод ( $K_n = f(\lg Q)$ ), имевшихся в 2016 г.

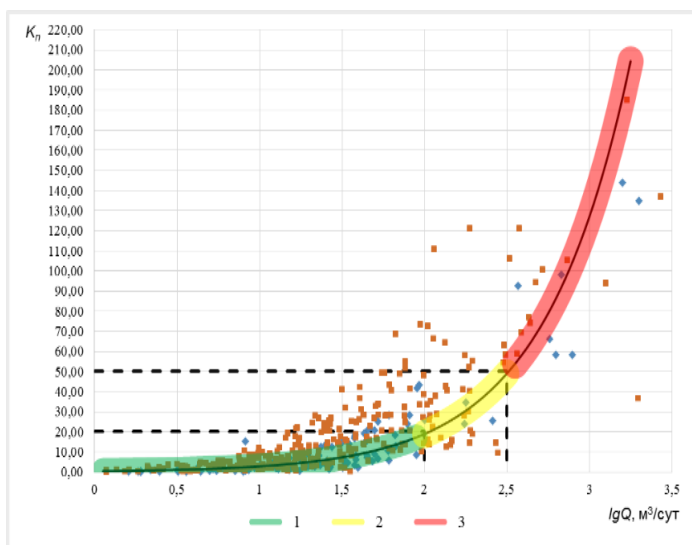


Рис. График зависимости параметрического критерия оценки воздействия от объемов подачи сточных вод на поля фильтрации и расчетные интервалы воздействия полей фильтрации на водные ресурсы:

1 – нейтральное до слабого, 2 – умеренное, 3 – негативное

Используя параметрический критерий воздействия  $K_n$ , можно классифицировать ПФ по степени воздействия следующим образом: 1)  $K_n \leq 20$  - воздействие от нейтрального, до слабого, при котором ореолы загрязнения локализуются непосредственно на участке ПФ; 2)  $20 < K_n < 50$  – умеренное

воздействие, при котором ореолы загрязнения имеют ограниченное распространение на прилегающих территориях; 3)  $K_n \geq 50$  – негативное воздействие, при котором на прилегающих к ПФ территориях формируются значительные по площади ореолы загрязнения. Как показали расчеты, все репрезентативные ПФ относятся к 3 классу негативного воздействия, с  $K_n \geq 50$ .

Из анализа связи  $K_n = f(lgQ)$  вытекает ряд важных следствий.

Во-первых, использование  $K_n$  позволяет осуществить гидрогеологическое прогнозирование воздействия ПФ на стадии проектирования. Рассчитав  $K_n$  и используя приведенные признаки воздействия ПФ, можно получить оценку степени воздействия проектируемых ПФ на подземные воды.

Во-вторых, имея по прогнозу негативную оценку степени воздействия ПФ, необходимо, в соответствии с природоохранными требованиями, предусмотреть мероприятия по предупреждению негативного воздействия на водные объекты. Для вновь проектируемых объектов таким мероприятием должен быть отказ от использования ПФ для очистки сточных вод, если проектируемое сооружение попадает в группу 3. Для эксплуатируемых объектов возможно изменение установившейся практики эксплуатации ПФ. Например, применение на всех ПФ группы 3 очистные сооружения искусственной биологической или физико-химической очистки и использование ПФ только для доочистки сточных вод. Для ПФ промышленных предприятий группы 2 также следует использовать очистные сооружения искусственной очистки с последующей доочисткой на ПФ. Для ПФ группы 1 может применяться текущая схема очистки сточных вод.

Найденное решение позволяет осуществлять гидрогеологическое прогнозирование, на основе минимального количества исходных параметров, которые надежно характеризуют как изучаемый объект, так и связанный с ним участок подземной гидросферы.

### Литература

1. Музыкин, В. П., Мальцева О. А., Валькович А. А., Шепелева Н. М., Ховрин Ю. В. Оценка влияния полей фильтрации населенных пунктов и промышленных предприятий на подземные воды // М-лы 7-й Межд. н.-т. конф. «Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века, 17–18 мая 2007 г. – Мн.: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2007 г. – С. 69–70.
2. Дрозд, В. В. Подземная составляющая речного стока Белоруссии / В. В. Дрозд // Проблемы использования водных ресурсов. – Мн.: Наука и техника, 1971 г. – С. 49–56.