

А.Ф. АКУЛЕВИЧ, О.В. ШЕРШНЁВ, А.И. ПАВЛОВСКИЙ

**ОЦЕНКА СВЯЗИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД
САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ
ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»
С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ**

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
aakulevich@gsu.by, gomelgeo@yandex.ru, aipavlovsky@mail.ru*

Выяснение связи грунтовых вод с атмосферными осадками довольно сложная задача, решение которой зависит от многих факторов: величины и интенсивности осадков, мощности и литологического строения зоны аэрации, климатических условий, температуры и дефицита влажности воздуха, рельефа местности, растительного покрова. Наиболее достоверно эта связь изучается прямыми методами, с помощью лизиметрических установок [1, с. 174-175].

Просачивание атмосферных осадков через зону аэрации сказывается на уровнях и химическом составе подземных вод. Изменение их во времени называется режимом подземных вод, наиболее общие черты которого определяются климатом.

На территории Республики Беларусь гидрогеодинамический режим проявляется в сезонном весенне-осеннем питании в зоне зимнего промерзания с предвесенним и летне-осенним минимумом, с максимумами весной и частично осенью.

Гидрогеохимический режим территории Беларуси характеризуется весенним разбавлением грунтовых вод талыми, летним испарением грунтовых вод и выщелачиванием ими солей с увеличением минерализации вод в летне-зимнее время и уменьшением в весенний период [2, с. 149]. В естественных, ненарушенных техногенным загрязнением, условиях максимальная минерализация грунтовых вод на территории Беларуси наблюдается в предвесеннее и летнее время и, как правило, совпадает с их минимальными уровнями. Минимальные значения общей минерализации грунтовых вод, наоборот, совпадают с максимальными уровнями, что также связано с разбавлением вод талыми снеговыми или дождевыми водами. При наличии техногенного загрязнения грунтовых вод эти соотношения могут измениться на противоположные.

Принимая во внимание рабочую гипотезу, что в районе отвала фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод» (ГХЗ) и на периферии его санитарно-защитной зоны, загрязнение грунтовых вод при просачивании атмосферных осадков должно проявиться по-разному, нами проанализированы связи между глубиной до воды и содержанием основных компонентов-загрязнителей в грунтовом водоносном горизонте. Анализ проведен по скважинам локального мониторинга подземных вод, расположенных на отвале фосфогипса (скважины 7, 19, 51) вблизи отвала фосфогипса (скважины 3, 13 и 156) и на периферии санитарно-защитной зоны (скважины 4, 25, 35-1, 150) за период с ноября 2007 по май 2018 гг., по которым имеется наибольшее количество данных. Схема расположения скважин приводится на рисунке 1.

В условиях многофакторной среды, наиболее информативным является корреляционный анализ, с использованием коэффициента корреляции Пирсона [3, с. 108]:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

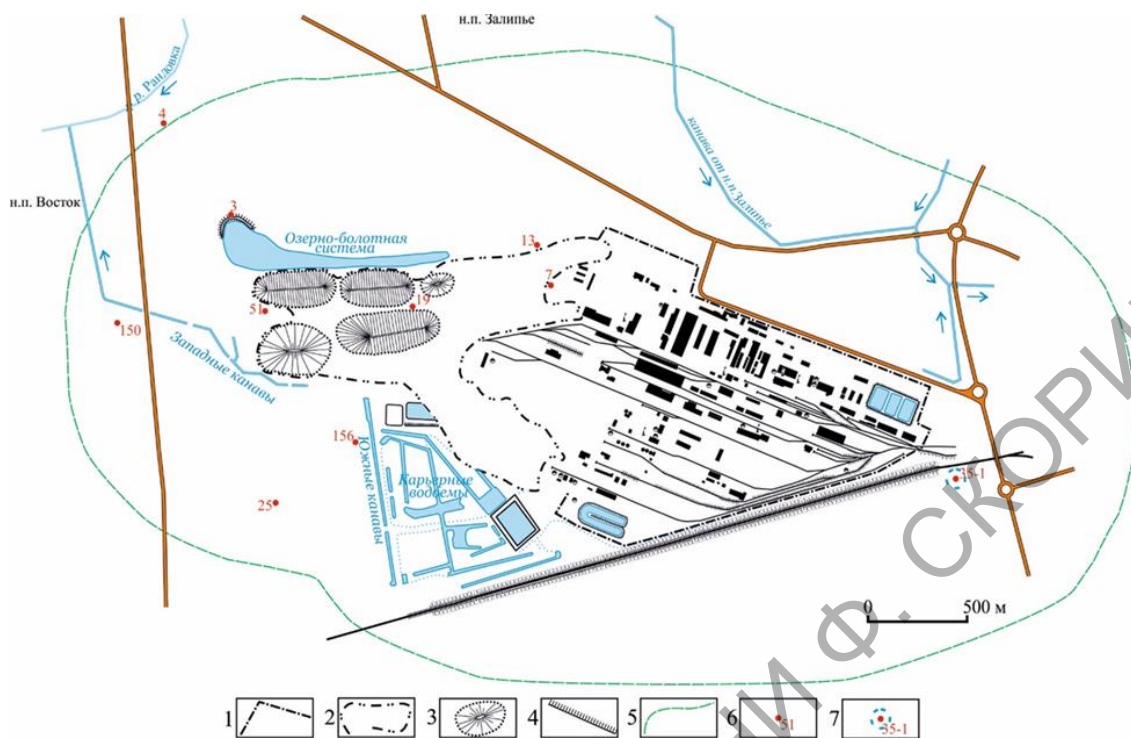
где x_i – значения, принимаемые переменной X (в нашем случае, это глубина до воды); y_i – значения, принимаемые переменной Y (в нашем случае, это содержание химических компонент); \bar{x} – среднее по x; \bar{y} – среднее по y.

Результаты корреляционного анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рассчитанные по формуле 1 значения коэффициента корреляции r_{xy} между глубиной до воды и содержанием химических компонент

№ скважины	Объем выборки	Достоверное значение коэфф. корреляции, уровень значимости $p = 0,05$	Изучаемые компоненты	Коэффициент корреляции, r_{xy}	Теснота связи
3	12	0,58	SO ₄ ²⁻	0,080	–
			Cl ⁻	0,352	–
			Сухой остаток	0,289	–
4	24	0,41	SO ₄ ²⁻	0,044	–
			Cl ⁻	0,330	–
			Сухой остаток	0,250	–
7	11	0,61	SO ₄ ²⁻	0,086	–
			Cl ⁻	0,453	–
			PO ₄ ³⁻ (по P)	0,190	–
13	24	0,41	SO ₄ ²⁻	0,266	–
			Cl ⁻	0,287	–
			Сухой остаток	0,517	заметная
19	11	0,61	SO ₄ ²⁻	-0,055	–
			Cl ⁻	0,228	–
			PO ₄ ³⁻ (по P)	0,075	–
25	24	0,41	SO ₄ ²⁻	-0,246	–
			Cl ⁻	0,415	умеренная
			Сухой остаток	-0,100	–
35-1	17	0,48	SO ₄ ²⁻	-0,658	заметная
			Cl ⁻	-0,337	–
			Сухой остаток	-0,510	заметная
51	22	0,44	SO ₄ ²⁻	-0,728	высокая
			Cl ⁻	-0,003	–
			PO ₄ ³⁻ (по P)	-0,555	заметная
150	13	0,56	SO ₄ ²⁻	0,570	заметная
			Cl ⁻	0,745	высокая
			Сухой остаток	0,078	–
156	12	0,58	SO ₄ ²⁻	-0,369	–
			Cl ⁻	0,510	–
			Сухой остаток	0,201	–

В таблице 1 курсивом выделены достоверные значения коэффициента корреляции r_{xy} .



1 – контур промышленной площадки ГХЗ, 2 – контур отвалов фосфогипса, 3 – терриконы, 4 – насыпи и дамбы, 5 – зона санитарной охраны ГХЗ, 6 – скважины на грунтовые воды, по которым изучалось влияние осадков на химический состав подземных вод, 7 – резервная скважина локальной сети мониторинга подземных вод.

Рисунок 1 – Расположение скважин на грунтовые воды, по которым изучалось влияние осадков на химический состав подземных вод

Анализируя таблицу 1 можно отметить, что вблизи отвала фосфогипса более четко проявляется связь величины загрязнения с глубиной залегания грунтовых вод, по сравнению с периферией, причем, эта связь проявляется по-разному для скважины 13 и для скважины 51. Так для скважины 13 наблюдается достоверная или близкая к достоверной прямой связи глубины залегания уровня и величины загрязнения подземных вод. Это подтверждает наше предположение, что загрязнение к скважине поступает со стороны отвала подземным путем (возможно диффузией), а за счет атмосферных осадков и стока с сельскохозяйственных полей происходит уменьшение минерализации. В скважине 51 и по сульфатам и по фосфору фосфатному отмечается заметная обратная связь концентрации компонентов-загрязнителей с глубиной залегания грунтовых вод, что подтверждает поверхностное поступление загрязнения в грунтовый горизонт в этом месте, наблюдаемое по растеканию поверхностных вод вблизи скважины 51.

В скважине 4 находящейся на периферии санитарно-защитной зоны (рисунок 1) нет корреляции содержания компонент с глубиной до воды. Возможно, это связано с несколькими источниками поступления ионов в скважину: сверху за счет просачивания, сбоку за счет бокового притока и снизу за счет перетекания через днепровскую морену.

В скважине 25 дальней периферии отмечается рассогласованное поведение компонент. Хотя, если судить по хлорид-иону, то поведение его соответствует естественному режиму грунтового горизонта.

Наиболее понятно поведение химических компонент в скважине 35-1. Рост загрязнения в скважине при уменьшении глубины залегания грунтовых вод связан с тем, что скважина определенное время (2010 – 2012 гг.) находилась в контуре поверхностного загрязнения через зону аэрации.

Анализируя таблицу 1 можно отметить, что малая выборка (скважины 3, 7, 19, 150, 156) затрудняет анализ тесноты связи между расположением скважин относительно отвала, глубиной до воды и концентрацией контролируемого компонента в подземных водах. На отвале расположены скважины 7 и 19, а на удалении от отвала – скважины 150 и 156. Независимо от удаленности от отвала фосфогипса наибольшая корреляция с глубиной до грунтовых вод отмечается у хлорид-иона, которая имеет достоверную (в скважинах 25, 150) или близкую к достоверной (в скважинах 7, 156) прямо пропорциональную связь (таблица 1). Для большинства скважин, чем больше глубина до воды от поверхности земли, тем выше концентрация хлорид-иона в подземных водах, что соответствует естественному режиму природных вод Республики Беларусь и только скважины 35-1 и 51, отличаются от этой закономерности.

Оценивая тесноту связи величины загрязнения с глубиной до воды, можно констатировать, что только по сульфат-иону в скважинах 51 и 150 наблюдается высокая связь с глубиной до воды (таблица 1). Заметная связь между глубиной до воды и содержанием компонентов отмечается для фосфора фосфатного в скважине 51, для сухого остатка в скважинах 13 и 35-1, для хлорид-иона в скважине 25 и для сульфат-иона в скважине 35-1. Умеренная прямая связь с глубиной до воды для хлорид-иона наблюдается в скважине 25.

Наиболее тесную обратную связь загрязнения с глубиной до воды имеют скважины 35-1 и 51, наиболее тесную прямую связь – скважины 13 и 150.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1) Анализ связи химического загрязнения грунтового водоносного горизонта с атмосферными осадками по наиболее изученным скважинам локального мониторинга показал, что эта связь проявляется сложным образом и на каждом участке по-своему.

2) Наиболее четко связь загрязнения грунтовых вод с атмосферными осадками проявляется по скважинам 13 и 51 вблизи отвала фосфогипса и на дальней периферии по скважине 150. На остальной территории влияние атмосферных осадков проявляется – опосредованно и затухает местными факторами.

3) Вблизи скважины 13 атмосферные осадки уменьшают загрязнение, а вблизи скважины 51 – увеличивают (проявляется влияние рельефа местности). Вблизи скважины 150 атмосферные осадки уменьшают загрязнение в силу удаленности от отвала фосфогипса.

4) Для большинства скважин, чем больше глубина до воды от поверхности земли, тем выше концентрация хлорид-иона в подземных водах, что соответствует естественному режиму природных вод Беларуси и только скважины 35-1 и 51, выпадают из этой закономерности.

Список литературы

1 Климентов, П.П. Методика гидрогеологических исследований / П.П. Климентов, В.М. Кононов. – М. : Высшая школа, 1989. – 448 с.

2 Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика / И.К. Гавич, В.С. Ковалевский, Л.С. Язвин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1983. – 241 с.

3 Комаров, И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях / И.С. Комаров. – М. : Недра, 1972. – 295 с.