

шения емкостей для хранения масел, эстакаде для слива мазута и территории локомотивного депо. Для снижения негативного влияния очага загрязнения на окружающую среду необходимо упорядочить сток дождевых и талых вод с территории промышленной площадки в сторону жилой зоны поселка Краснолесный; в местах сброса дождевых и талых вод устроить нефтеловушки; ликвидировать стихийные свалки бытовых отходов на территории поселка; ограничить использования населением подземных вод среднечетвертичного водоносного горизонта; разработать и внедрить систему геоэкологического мониторинга территории промышленной площадки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по выявлению обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами / Сост. Л.В. Боревский. – М.: ГИДЭК, 2000. – 86с.
2. Дурнев Ю.Ф. Геоэкологические особенности промплощадок нефтебаз г. Воронежа // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. – 1997. – №4. – С154-158.
3. Гигиеническая основа качества почвы населенных мест. Метод указания МУ 2 1 7 730-99. – М., 1999. – 38с.
4. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества Санитарные правила и нормы СанПиН 2 1 4 559-96. – М., 1996. – 111с.
5. Меньшиков В.В. Концептуальные основы оценки экологического риска. – М., 2001. – 44с.
6. Севастьянов О.М. Особенности подземного захоронения стоков нефтегазового комплекса // Проблемы подземного захоронения протоктов – Саратов, 2000. – С.68-73.
7. Бочаров В.Л., Бугреева М.Н. Экологические проблемы малых городов России // Вторая Всеросс. научно-практ. конф. "Антропогенное воздействие и здоровье человека": Тез. докл. – Калуга, 1995. – С 11-12.
8. Смирнова А.Я., Умнякова Л.В., Гольдберг В.М. Грунтовые воды и их естественная защищенность от загрязнения на территории Воронежской области. – Воронеж, 1986. – 107с.
9. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. – Л., 1987. – 247с.
10. Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. – М., 1984. – 262с.

УДК 556.3:550.42

# ПРИРОДНАЯ СРЕДА И ЕЁ ДЕГРАДАЦИЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ ПАВЛОВСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Я. Смирнова, А.А. Валяльщикова

*Воронежский государственный университет*

Рассматриваются природные условия, их влияние на формирование подземной гидросферы. Описывается методика оценки природных сред: поверхностные, подземные воды, почвы и донные отложения. рассматривается функциональная взаимосвязь химического состава поверхностных и подземных вод, почвенных горизонтов от техногенных условий территории. Дается оценка эколого-геохимического состояния природных сред Павловского района в условиях антропогенного воздействия.

В современное время воздействие человеческого сообщества на природные среды Земли становятся всё более крупномасштабными и соизмеримыми с действием природных факторов.

Хозяйственная деятельность населения привела к формированию качественно нового экологического состояния приземного слоя атмосферы, гидросферы, литосферы. Негативное воздействие антропогенеза на природную среду происходит по нескольким направлениям: газо-дымовые выбросы предприятий и транспорта вызывает загрязнение атмосферного воздуха; загрязнение почв и грунтов сточными водами животноводческих комплексов, промышленными отходами, ядохимикатами; загрязнение поверхностных вод и донных отложений сбросами в водоемы сточных неочищенных вод, смыв с сельскохозяйственных полей удобрений, загрязнение подземных вод инфилирующимися с земной поверхности стоками, загрязненные тяже-

лыми металлами, нефтепродуктами, токсичными органическими компонентами.

Вследствие загрязнения природной среды появляются различные экологические проблемы. Выявление степени деградации и уровня токсичности существующих на территории аномальных ассоциаций химических элементов в природных средах позволяет районировать исследуемую территорию по степени экологической опасности и выявить зоны повышенного экологического риска.

Несмотря на комплекс многочисленных отечественных и международных программ, направленных на охрану окружающей среды от загрязнения, пространственно-временные особенности деградации природных сред изучены крайне слабо. Существующие подходы к экологическому мониторингу не дают объяснения причин глубокого изменения, например, подземных вод зоны гипергенеза, и не позволяют установить возможность необрати-

мости деградационных процессов, а также влияния экологических последствий на здоровье населения. Между тем, медико-биологические исследования свидетельствуют о развитии экологически зависимых форм заболеваний, которые позволяют проследить поведение экотоксикантов в цепи, идущей от источников загрязнения до возникновения различных патологий в организме человека. Поэтому на современном этапе развития общества внимание в экологических исследованиях уделяется оценке качества природной среды обитания человека. Она проводится на основе анализа и синтеза информации, характеризующей экологическое состояние компонентов природной среды.

### Природные условия Павловского района

**Физико-географический очерк.** Город Павловск находится в центральной части Воронежской области, на левом берегу р.Дон.

В экономическом отношении район г.Павловска в основном сельскохозяйственный. Промышленность представлена здесь судоремонтным заводом, маслозаводом, двумя кирпичными заводами. Местной топливно-энергетической базы г.Павловск не имеет.

В районе г.Павловска находится Шкурлатовское месторождение гранитов.

**Климат** района умеренно-континентальный, с теплым летом и умеренно-холодной зимой.

Среднемесячные величины атмосферных осадков в районе за последние несколько лет составляет 506 мм/год. Снежный покров появляется в районе в среднем 15 ноября. Рост снежного покрова приходится на ноябрь – декабрь, максимальная его величина 0,6м, минимальная 0,16м.

Город Павловск находится в пределах Окско-Донской низменности, которая имеет характерный долинно-балочный рельеф.

Маловодные реки низменностей текут в неглубоких, широких долинах. Водоразделы их плоские, однообразные, осложненные неглубокими западинами. Овражно-балочная сеть ограничивается приречными участками водоразделов.

Вся гидрографическая сеть принадлежит долине р. Дон. Основное питание рек осуществляется за счет атмосферных осадков и частично за счет грунтовых вод. Наивысший уровень воды в реках и наибольший расход наблюдается весной во время весеннего паводка.

Весенний паводок обычно короткий и бурный. За лето реки постепенно мелеют, и в сентябре наблюдается минимальный по высоте уровень воды.

Во время весенних оттепелей реки выходят из берегов и заливают значительные участки. Начало ледостава отмечается во второй половине ноября, а вскрываются в конце марта.

Река Дон представлена средним течением. Ширина 100 – 300 м. Уклон реки постоянен 0,05 м на 1 км. Река судоходна.

Река Дон имеет хорошо разработанную асимметричную долину, с поймой и четырьмя надпойменными террасами, которые развиты по левую сторону долины. Пойма шириной 2-3 км, местами до 5 км. Высота уступа поймы над урезом реки до 4-5 метров.

Площадь водосбора р. Дон в районе г. Павловска составляет 4600 км<sup>2</sup>. Средний годовой модуль стока – 3,76 л/с с 1 км<sup>2</sup> площади водосбора.

Река Осередь – левый приток Дона. В пределах исследуемого района представлена своим средним и нижним течением. Впадает в реку Дон в районе города Павловска. Уклон 0,26 м на 1 км. Река мелководная, на всем протяжении носит характер ручья глубиной 0,5 м, шириной 2-8 м. Несмотря на это, река имеет хорошо разработанную асимметричную долину с широкой поймой и тремя более или менее четко выраженными террасами. Донные отложения русла заполнены песчано-галечным, местами илистым материалом.

Долины рек Гаврило и Данило по отношению к долине реки Осередь менее разработаны. Террасы выше второй отсутствуют. Морфологически террасы совершенно не выражены. Первая и вторая террасы сливаются друг с другом и образуют собой пологую наклонную поверхность к долинам рек, которая плавно сочленяется с четвертой надпойменной террасой Дона.

Реки также мелководны, глубиной 0,3-0,6м, поросшие влаголюбивой растительностью. Дно рек песчаное или илистое.

**Геолого-гидрогеологические условия.** Эволюция гидросферы Павловского района тесно связана с историей геологического развития территории, проявляющейся в формировании морского и континентального режима осадконакопления, которые привели к образованию большого количества переслаивания водопроницаемых и слабопроницаемых горизонтов и комплексов [1]. Гидродинамика потоков напорных и грунтовых вод зависит от структурно-тектонических условий и характера эрозионных врезов речных долин. Области максимальных напоров наблюдаются на водораздельных пространствах, области снижения напоров тяготеют к речным долинам.

На территории исследуемого района выделяется несколько водоносных горизонтов, приуроченных к отложениям четвертичной, неогеновой, меловой, девонской систем и к коре выветривания протерозойских пород. Прежде чем рассматривать экологическое состояние подземной гидросферы, были определены в ней те горизонты, которые активно эксплуатируются и подвержены хозяйственной деятельности человека. Это напорные воды мулинско-тиманского водоносного горизонта верхнего девона, безнапорные воды меловых отложений и нижневерхнечетвертичного водоносного горизонта. Последние относятся к грунтовым, гидравлически взаимосвязаны и объединяются в четвертично-меловой водоносный комплекс.

Нижне-верхнечетвертичный аллювиальный водоносный горизонт (aI-III) распространен в долинах р.р. Дон, Осередь, Гаврило и приурочен к отложениям первой и второй надпойменных террас. Водовмещающие породы представлены мелко-среднезернистыми песками с галькой, гравием, с прослоями глин и суглинков в верхней части разреза. Мощность горизонта 3.0-18.6 м. Водообильность горизонта характеризуется дебитами скважин от 1.1 до 11.0 л/сек при понижении уровня на 1.0-8.0 м., удельные дебиты – 0.42-3.30 л/сек. Коэффициенты фильтрации песков колеблются от 1.4 до 32.6 м/сутки. По химическому составу преобладают воды гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые с минерализацией 0.6-0.8 г/дм<sup>3</sup>. Общая жесткость составляет 7,5-10 мг-экв/л. Основным источником питания водоносного горизонта является инфильтрация атмосферных осадков, боковая фильтрация подземных вод коньяк-туронского и среднечетвертичного водоносных горизонтов. Разгрузка подземных вод осуществляется в долинах р.р. Дон и Осередь. Подстилающим водоупором в долинах рек служат девонские аргиллитоподобные глины. На остальной территории водоупор отсутствует, и воды горизонта гидравлически взаимосвязаны с нижележащими коньяк-туронским и сеноман-альбским водоносными горизонтами. Водоносный горизонт эксплуатируется большинством водоносных водозаборов во многих населенных пунктах района.

Турон - коньякский - водоносный комплекс (K<sub>2</sub>t-k) в районе имеет широкое распространение. Водовмещающими породами служат пясчистые трещиноватые мела. Мощность горизонта изменяется от 1 до 40 м. Глубина залегания его колеблется от 0.0 в долинах мелких рек и балок до 100 м на водоразделах. Воды имеют свободную поверхность. Водоносный комплекс имеет тесную гидравлическую связь с нижележащим сеноман-альбским и вышележащими четвертичными водоносными горизонтами. Водообильность комплекса характеризуется дебитами скважин 2.0-15.0 л/сек при понижении уровня на 5-10 м. Удельные дебиты изменяются от 0.2 до 3.0 л/сек. По химическому составу воды гидрокарбонатные сульфатные или гидрокарбонатно-сульфатные хлоридные, кальциевые, натриевые. Минерализация колеблется от 0.35 до 1,44 г/дм<sup>3</sup>, общая жесткость- 4,0-12.4 мг-экв/л; отмечается несколько повышенное содержание в воде аммиака; количество железа составляет- 0.3 мг/дм<sup>3</sup>. Физические свойства подземных вод данного водоносного горизонта удовлетворительные. Питается горизонт за счет перетока из вышележащих горизонтов четвертичного возраста и за счет атмосферных осадков. В Павловском районе коньяк - туронский водоносный комплекс используется, как источник водоснабжения промышленных объектов, колхозов.

Альб - сеноманский - водоносный горизонт (K<sub>1-2</sub>aI-s) в районе имеет повсеместное распространение, за исключением долин р.р. Дон и Осередь.

Водовмещающими породами являются мелко – среднезернистые пески мощностью от 1 – 2 м до 20,0 м. Воды горизонта безнапорные, но на отдельных участках, где в кровле залегают трещиноватые мела, они обладают небольшим напором. Глубина залегания водоносного горизонта колеблется от 0.01 м в долинах балок и ручьев до 120 м – на водоразделах. Дебиты скважин колеблются от 0.2 до 0.8 л/сек при понижении уровня на 1.5-5.0 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные сульфатные или гидрокарбонатно-сульфатные хлоридные, кальциевые, натриевые. Минерализация колеблется в пределах 0.35-1,44 г/ дм<sup>3</sup>, общая жесткость от 7,7 до 12 мг-экв/л, содержание общего железа в воде от 0.2 до 0.6 мг/ дм<sup>3</sup>. Питание водоносного горизонта осуществляется, в основном, за счет перетока вод из вышележащих отложений атмосферных осадков и весенних паводковых вод. Разгрузка подземных вод горизонта происходит в долины рек района. Описываемый водоносный горизонт в Павловском районе широко используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Муллинско-тиманский водоносный горизонт (D<sub>2-3</sub>ml-tm) имеет повсеместное распространение. Водовмещающие породы представлены переслаиванием песков, песчаников и глин. Мощность водоносного горизонта составляет 8-20 м. Глубина залегания уровня подземных вод от 16.0 до 100 м. На участках, где в кровле горизонта залегают водоупорные глины и аргиллиты, подземные воды обладают напором. Величина напора колеблется от 2.0 до 40 м. Водообильность горизонта характеризуется дебитами скважин от 0.6 до 3.0 л/сек, при понижении уровня на 2.5-12.0 м. Удельные дебиты составляют 0.1-0.9 л/сек. Воды отличаются пестротой химического состава: гидрокарбонатные кальциево-магниевые хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые с минерализацией до 1,3 г/ дм<sup>3</sup>. Общая жесткость повышена и составляет 7.0-13.0 мг-экв/л, а содержание железа 0.1-0.7 мг/ дм<sup>3</sup>.

## Методика проведения исследования

Эколого-геологические исследования подразделялись на 4 основных этапа: подготовительный этап, полевые работы, лабораторные исследования и камеральная обработка материалов.

На подготовительном этапе работ проводился сбор и анализ эколого-геохимической и эколого-геологической информации по исследуемой территории, который сформировал представление по производственным выбросам предприятий, количеству производственных предприятий, промышленных зон и площадок, сельскохозяйственных предприятий, сливам сточных вод в поверхностные водотоки, отдельным техногенным объектам, оказывающим свое влияние на экологическую обстановку.

При проведении полевых работ проводилось гидрогеохимическое и литохимическое опробование почв, донных отложений водотоков, поверхностных и подземных вод.

Широкий спектр изучаемых природно-геологических сред позволяет достаточно полно оценить эколого-геохимическую, эколого-гидрогеологическую обстановку изучаемой территории.

В ходе лабораторных исследований проводились спектральный, полуколичественный, атомно-абсорбционный, атомно-эмиссионный, спектральный, рентгено-спектральный и др. виды химического анализа для определения макрокомпонентного и микрокомпонентного состава поверхностных и подземных вод, почвенных и донных отложений [3,10].

Вся аналитическая информация по опробованным средам в виде баз данных вводилась в ПЭВМ.

В процессе камеральной обработки материалов решались несколько самостоятельных и одновременно взаимосвязанных задач:

- оценка специфики распределения химических элементов и соединений на территории исследований, выявление закономерностей формирования их зон накопления в связи с ландшафтными, природными, функциональными, техногенными и другими факторами;

- определение сложившегося уровня техногенного загрязнения природных сред по отдельным геохимическим параметрам и интегральным показателям, выявление источников загрязнения;

- комплексная оценка экологического состояния поверхностных сред и подземных вод.

В качестве основы нормативов содержания химических компонентов использовались требования СанПиН-1998 «Вода питьевая».

При разработке параметров оценки экологического состояния территории с позиций гидрохимии учитывалось содержание токсичных химических элементов и соединений, относящихся к разным классам гигиенической опасности. Приоритетными загрязнителями являлись элементы и соединения, относящиеся к I-II классу опасности. В соответствии с этим выделялись территории с допустимым, умеренно-опасным, опасным, высоко опасным и чрезвычайно опасным состоянием гидрогеологической среды.

### Формирование химического состава подземных вод Павловского района.

Факторы формирования химического состава подземных вод Павловского района можно подразделить на природные и техногенные, а также на факторы, способствующие проникновению и распространению загрязняющих веществ в подземных водах, и факторы, препятствующие этому процессу.

Формирование химического состава подземных вод в естественных условиях. Для территории исследуемого района из природных источников веществ главнейшими являются: горные породы, атмосферные осадки и органическое вещество.

С атмосферными осадками в подземные воды поступают  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ . Хотя, атмосферные осадки имеют невысокую мине-

рализацию, но насыщены различными газами:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и др. Поэтому степень их влияния возрастает при инфильтрации через почвы и породы зоны аэрации, где они обогащаются дополнительно биогенными газами, такими как  $\text{CO}_2$ . В результате атмосферные воды становятся агрессивными по отношению к вмещающим породам.

За счет выщелачивания горных пород в подземных водах формируется основная преобладающая часть компонентов. Из горных пород основными поставщиками вещества в подземные воды являются карбонатные и терригенные отложения [5,6].

Главным природным источником кальция для изучаемого участка являются карбонатные породы (мело-мергельные отложения), а также карбонатные включения в терригенных отложениях, включения гипса и ангидрита, кальциевые полевые шпаты, растворение и выщелачивание которых приводит к накоплению кальция в подземных водах. Кальций в минерализованных водах может образовывать слабо растворимые соединения ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_3$ ), выпадающие из раствора в виде твердого осадка. В связи с этим, его миграционная способность несколько ограничена.

Природными источниками хлора в подземных водах являются включения хлоридных солей (галита, сильвина, карналита) в терригенных образованиях, из которых хлор в процессе растворения, поступает в водный раствор.

Хлор очень хорошо накапливается и мигрирует в подземных водах, что связано с его высокой растворимостью (самой высокой из макроанионов) и инертностью по отношению к другим образованиям (в реакции с породами и веществом подземных вод практически не участвует и не обменивается).

Главным природным источником сульфат-иона в подземных водах исследуемой территории являются включения гипса и ангидрита в терригенных образованиях, выщелачивание которых приводит к накоплению сульфат-иона в водном растворе; а также включения сульфидных минералов и их окисление свободным кислородом.

В отличие от хлора, сульфат-ион активно участвует в химических реакциях и хорошо комплексообразуется с макрокомпонентами и ионами металлов, легко восстанавливается при взаимодействии с органическим веществом.

Основным природным фактором накопления натрия в водном растворе является выветривание натриевых полевых шпатов в терригенных отложениях. В результате гидролиза и выщелачивания полевых шпатов в водный раствор переходят, также,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{SiO}^2$ .

Растворенный натрий мигрирует в подземных водах аналогично хлору и сульфатам; перераспределение натрия между водой и основной массой породы происходит путем ионного обмена. Концентрации натрия в подземных водах исследуемого района аномально высоки. Следовательно натрий выступает как ведущий типобразующий катион.

Таблица

Химический состав подземных вод

№ скв.	РН	Жест. Об. мг-экв/л	М мг/дм <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sub>o</sub>	CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Формула по типу Курлова
				мг/л				мг/л	мг/л	мг/л				
				ммоль/дм <sup>3</sup>						ммоль/дм <sup>3</sup>				
				ммоль-%				ммоль-%						
176	7.5	12.97	1173	98	8	186	44	0.2	0.2	242	217	324	46	M <sub>1,17</sub> Cl <sup>-</sup> 39 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 30 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 26 Ca53 Na <sup>+</sup> 24 Mg21
				4.3	0.2	9.3	3.7			6.91	4.52	5.31	0.9	
				24	1	53	21			39	26	30	5	
288	7.5	10.22	1028	113	8	146	35	0.1	0.2	222	190	305	2.8	M <sub>1,02</sub> Cl <sup>-</sup> 41 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 33 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 26 Ca48 Na32
				4.9	0.2	7.3	2.9			6.34	3.96	5	0.1	
				32	1	48	19			41	26	33	0	
12	8	13.25	1348	138	10	200	39	0.1	0.3	183	378	390	4	M <sub>1,34</sub> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 40 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 33 Cl <sup>-</sup> 27 Ca <sup>2+</sup> 57 Na <sup>+</sup> 31
				6	0.3	10	3.3			5.23	7.88	6.39	0.1	
				31	1	51	17			27	40	33	0	
736	7.1	7.12	689	22	3	114	17	0.2	0.1	45	93	302	92	M <sub>0,69</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 49 Ca70
				1	0.1	5.7	1.4			1.29	1.94	4.95	1.8	
				12	1	70	17			13	19	49	18	
212	7.5	10.88	1115	140	2	146	43	0.1	0.2	257	248	215	63	M <sub>1,11</sub> Cl <sup>-</sup> 43 Ca43
				6.1	0.1	7.3	3.6			7.34	5.17	3.52	1.3	
				36	0	43	21			42	30	20	7	
8	7.3	8.43	899	73	3	137	19	0.1	0.2	17	228	395	21	M <sub>0,89</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 55 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 41 Ca59
				3.2	0.1	6.9	1.6			0.49	4.75	6.48	0.4	
				27	1	59	14			4	39	53	3	

Глинистые отложения, в результате катионного обмена и процесса десорбции, дополнительно обогащают водный раствор Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>. В процессе углекислотного выщелачивания в подземные воды может переходить Na<sup>+</sup>.

Выше перечисленные элементы являются типобразующими для исследуемого района (таблица). Для подземных вод меловых и четвертичных водоносных горизонтов характерны гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые воды с минерализацией 0,65-0,85мг/дм<sup>3</sup>. По направлению движения подземных вод, от водоразделов к долинам рек, она возрастает до 1,3-1,5мг/дм<sup>3</sup>, соответственно меняется и тип воды – возрастает доля хлоридов, уменьшается доля гидрокарбонатов, катионный состав носит смешанный характер. Увеличению минерализации способствуют процессы испарения и транспирации. Наиболее активную роль данные процессы играют в поймах рек, где подземные воды залегают близко от поверхности.

Кроме того, увеличение минерализации может быть вызвано перетоком вод из нижележащих

водоносных горизонтов. Такой процесс может иметь место в

долинах рек (например верховья реки Гаврило), где этому способствуют гидродинамические условия. Повышенное содержание титана в ряде водопунктов, также объясняется этой причиной.

Общая жесткость вод четвертично-мелового комплекса меняется от 3,5мг-экв/л на водоразделах до 16,1мг-экв/л в долинах рек. рН-среда характеризуется как нейтральная или слабощелочная. Содержание железа варьирует от 0 до 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

По данным спектрального анализа в водах присутствуют марганец, хром, цирконий, молибден, медь, цинк, никель но их концентрации незначительны или обусловлены техногенным фактором.

Воды мулинско-тиманского водоносного горизонта по химическому составу, также, гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые или кальциево-натриево-магниевые. Минерализация возрастает от 0,7 до 1,35 мг/дм<sup>3</sup> в направлении погружения водовмещающих слоев. Химический тип воды меняется на хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатный, катионный состав носит смешанный характер. Общая жесткость колеблется от 7 до

14 мг-экв/л рН-среда меняется от 7,12 до 8,00. Содержание железа по ряду скважин достигает 0,5-0,7 мг/дм<sup>3</sup>.

По данным спектрального анализа практически во всех пробах выявлено содержание титана от 0,014 до 0,195 мг/дм<sup>3</sup>. Его присутствие объясняется наличием в верхнедевонских отложениях туфов со значительным содержанием ильменита. Содержание других тяжелых металлов незначительно или вообще не обнаружено.

Дополнительными источниками компонентного состава вод являются отложения биогенного происхождения (торф, торфяники, илы), развитые в пределах заболоченных участков поймы рек. В результате биогеохимических процессов в окислительной обстановке обогащаются подземные воды  $C_{орг}$  и  $CO_2$ .

**Техногенные условия территории и источники загрязнения.** Изменение геологической среды в результате хозяйственной деятельности человека вызывает необходимость детального изучения техногенных условий.

На исследуемой территории доминирующим типом техногенных систем является сельскохозяйственный. На большей части района распределены сельхозугодья, животноводческие комплексы, агрофабрики.

Площадь, на которой применяются удобрения и ядохимикаты, занимает более половины всей исследуемой территории. Органические удобрения вносятся на каждое поле один раз в десять лет в количестве – 6 т/га.

Количество минеральных удобрений в среднем составляет 200 кг на 1 га пашни (ежегодно), из них азотных – 35 кг, фосфорных – 65 кг, калийных – 50 кг.

Из всех групп соединений, используемых в качестве удобрений, особое значение имеют азотные. Нитратная часть азотных соединений не связывается почвой, остается свободной и может мигрировать в зоне аэрации до уровня грунтовых вод.

Фосфорные удобрения вымываются из почвы незначительно, они расходуются на питание корней растений, поэтому опасность загрязнения фосфорной кислотой, находящейся в почве, практически отсутствует.

Калийные удобрения хорошо растворяются в воде, и в случае их применения осуществляется активный вынос анионов, калий же хорошо сорбируется почвой.

Особенно активный вынос в грунтовые воды из почвенного горизонта через зону аэрации и слив с территории в поверхностные водоемы имеет место на участках орошения. В настоящее время такие участки действуют восточнее с. Александровка и северо-восточнее с. Гавриловка.

Небольшое увеличение концентраций загрязняющих компонентов может быть вызвано нарушением технологии применения ядохимикатов, условиями их хранения. Во всех сельхозпредприятиях

имеется по несколько складов удобрений и ядохимикатов, очень часто, находящихся в неудовлетворительном состоянии.

Существенную роль в техногенном факторе играют отходы животноводческих комплексов, ферм. Подсчитано, что стадо в 100 голов крупного рогатого скота загрязняет окружающую среду так же, как город с миллионным населением. Объекты животноводства расположены практически во всех населенных пунктах. Их площадь варьирует в довольно широких пределах: от 1,5 до 5,0 га. Количество отходов также существенно изменяется от 1,5-2,0 до 30 т/сут. Отходы складываются на территории ферм или на прилегающих участках. Имеющиеся хранилища отходов, как правило, не экранированы.

Основными химическими компонентами отходов этих комплексов являются азот, фосфор, калий – питательные вещества для растений. Азотные соединения и, прежде всего нитраты являются главными загрязняющими компонентами животноводства.

Селитебный тип техногенных систем является исторически первичным. Его распространение определяется жизненно необходимым пространством, т. е. территорией необходимой для удовлетворения нужд человека.

В пределах крупных населенных пунктов наблюдается выравнивание рельефа, загрязнение поверхности и подземных вод коммунальными стоками. В сельских населенных пунктах, как правило, отсутствует централизованная канализация, и бытовые стоки сбрасываются в копаные не экранированные канализационные колодцы, которые, таким образом, становятся источником поступления в подземную гидросферу загрязняющих компонентов.

В г. Павловске сточные воды сбрасываются в городскую канализацию, далее они поступают на очистные сооружения. Ливневой канализации в городе нет.

Дополнительным источником загрязнения являются свалки бытовых отходов, которые, как правило, возникают стихийно, и расположены в пониженных формах рельефа (овраги, балки, склоны речных долин и др).

Транспортный тип техногенных систем в исследуемом районе пространственно совпадает с наиболее значимыми автомобильными и железными дорогами. Крупнейшей, из которых является автодорога «Дон-1», вдоль которой сформировалась устойчивая зона загрязнения шириной более 100 м.

Применение высокооктановых форм бензина способствует выделению в окружающую среду Pb, Zn, Mn, Co, бенз(а)пирен. Так как выхлопы автотранспорта тяжелее воздуха, то они скапливаются в приземном слое атмосферы или осаждаются на поверхности, затем вместе с атмосферными осадками смываются в поверхностные водоемы или инфильтруются в водоносные горизонты. Загрязнение подземных вод может быть вызвано функционировани-

ем АЗС и СТО, с площадок которых дождевыми водами смываются нефтепродукты.

Большой урон окружающей среде наносит загрязнение и захламление обочин и откосов автодорог мусором. В ходе наблюдательных маршрутов была обнаружена замусоренность всех основных трасс. Кроме того, в зимний период для предотвращения гололедицы дороги посылаются смесью песка и солей, которые могут проникать в подземные воды.

Узкоколейная железная дорога в последнее время практически не функционирует, следовательно, ее воздействие на природную среду сведено к минимуму.

К промышленному типу ТС относятся территории производственных предприятий. Они сосредоточены в г. Павловск и представлены предприятиями перерабатывающей промышленности и ремонтно-строительными предприятиями. На ряде из них есть примитивные очистные сооружения (жироловки, нейтрализаторы, нефтеловушки), но они свои функции в большинстве случаев не выполняют. На территории всех промышленных предприятий имеют место разливы нефтепродуктов. Нарушаются условия хранения поваренной соли на молочном заводе, заводе комбикормов. Соль хранится под открытым небом на площадках, покрытие которых повреждено.

Из производственных отходов наиболее распространены следующие: металлическая стружка, перегоревшие люминисцентные лампы, отработанное масло, авторезина, электролит аккумуляторов, донные осадки при очистке резервуаров. При длительном хранении таких отходов в ливневые сточные воды попадают тяжелые металлы (Fe, Pb, Hg) и нефтепродукты, загрязняя поверхностные и подземные воды, почвы.

Кроме вышеописанных типов ТС на исследуемой территории можно выделить горнодобывающий тип – карьер ОАО «Павловскгранит», где в результате добычи гранита открытым способом сформировался типично техногенный ландшафт (площадь карьера и отвалов – более 14 км<sup>2</sup>). Кроме того по периферии карьера пробурены скважины, целью которых является его защита от подтопления подземными водами. Дренажные воды сбрасываются в р. Гаврило.

В итоге можно констатировать, что исследуемая территория подвергается многофакторному влиянию хозяйственной деятельности человека.

**Формирование химического состава подземных вод в нарушенных техногенезом условиях.** Процесс развития загрязнения подземных вод условно можно представить в три стадии [7,8].

Первой стадии отвечает процесс инфильтрации сточных вод и загрязненных атмосферных осадков через толщу пород зоны аэрации. Она характеризуется изменением (метаморфизацией) состава стоков и осадков. Метаморфизация происходит в результате растворения соединений, выщела-

чивания почв, сорбции загрязняющих компонентов породами зоны аэрации. Период метаморфизации продолжается от начала инфильтрации до равновесия инфильтрата с породами.

Второй стадии отвечает процесс смешения метаморфизованных сточных вод и загрязненных атмосферных осадков с подземными водами с момента их смыкания. В этот период под источниками загрязнения формируются стабильные концентрационные поля основных компонентов-загрязнителей. Продолжительность стадии зависит от скорости инфильтрации техногенных вод.

Быстрому распространению ареала загрязнения подземных вод в Павловском районе способствует низкая степень защищенности водоносных горизонтов, хорошая проницаемость пород водоносного пласта, наличие гидравлической связи между горизонтами.

Широкому распространению загрязнения может способствовать и химические свойства самих загрязняющих компонентов. Например, по отношению к породам зоны аэрации и водонасыщения нитрат-ион является инертным ингредиентом, чем обусловлено активное его накопление в подземных водах.

Загрязнение нижележащих водоносных горизонтов происходит за счет процессов гравитационной дифференциации и диффузии.

Процесс диффузии ведет к перемешиванию вещества и направлен в сторону выравнивания концентраций по всему объему водоносного горизонта. Импульс движению ионов в поровом растворе дают градиенты концентраций вещества в четвертичном и верхнемеловом водоносных горизонтах, которые с возрастанием техногенной нагрузки и метаморфизации химсостава вод четвертичного горизонта становятся все значительнее.

Вторым процессом, способствующим загрязнению нижележащего мулинско-тиманского водоносного горизонта, является процесс гравитационной дифференциации (плотностного осаждения) вещества. Суть процесса в плотностном расслоении растворенного вещества по глубине, при котором воды с большей плотностью, осаждаясь, вытесняют по глубине воды с меньшей плотностью. Данный процесс может проходить и без смешения вод различной плотности (без конвекционного перемешивания). Таким образом, высокоминерализованные воды четвертично-мелового водоносного комплекса, обладающие большей плотностью, перемещаются в мулинско-тиманский водоносный горизонт, вызывая при этом активное загрязнение последнего.

Источником загрязняющих веществ являются различные техногенные объекты, а также природные среды, загрязненные в результате деятельности человека.

Хозяйственные объекты и населенные пункты являются первичными источниками, а подверженные их воздействию поверхностные среды – вторичными источниками загрязнения, вторичными

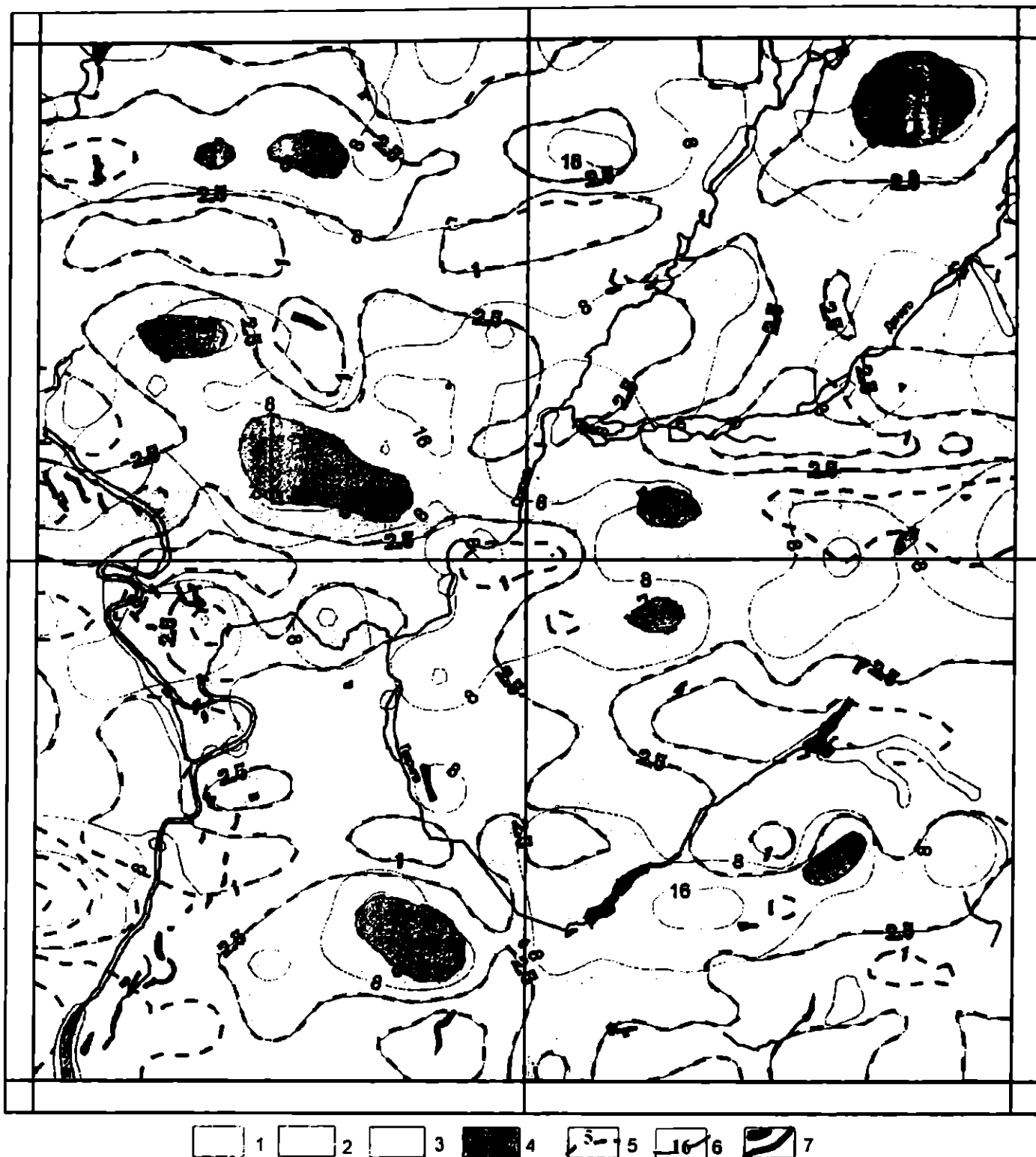


Рис.1. Карта экологического состояния поверхностных сред: 1- удовлетворительная экологическая обстановка, 2- напряженная экологическая обстановка, 3- критическая экологическая обстановка, 4- кризисная экологическая обстановка, 5-изолинии равных значений СПЗ, 6- изолинии равных значений СПК, 7- гидросеть

в том смысле, что если даже будут ликвидированы техногенные объекты, выбрасывающие загрязненные вещества, внешние среды с накопленными в них веществами могут в течение определенного времени оставаться источником загрязнения подземных вод.

### Анализ и структура загрязнения территории Павловского района

Эколого-геохимическая характеристика поверхностных сред. Интенсивность загрязнения природных сред определялась в трех поверхностных средах: почвах, донных отложениях и поверхностных водах (рис.1).

*Состояние почвенного покрова.* Из всех компонентов ландшафта почвы занимают особое место

в биосфере. Выполняя ряд важнейших глобальных функций, имеющих непосредственное экологическое значение, почвы подвергаются наибольшему антропогенному воздействию [9].

В Павловском районе основным источником загрязнения почвогрунтов являются отходы предприятий и коммунального хозяйства, выбросы автотранспорта, осадки сточных вод, ядохимикаты, применяемые в сельском хозяйстве.

Основным показателем химического загрязнения почв является содержание в них тяжелых металлов [11].

На основании анализа геохимических параметров (СПК, СПЗ) были выделены территории с напряженной экологической обстановкой площадью около 813 км<sup>2</sup> (60% изученной территории). Основ-



ными элементами-загрязнителями являются: Zn, Cr, Ni. Кроме перечисленных элементов в исследованном районе отмечены Co, Mo, Ti, Ga, содержания которых незначительно превышают допустимые концентрации.

Территории с кризисной экологической обстановкой оконтурены по контрастным аномалиям Zn, Cr, Ni.

Три участка расположены в северо-западном углу рассматриваемой площади, в районе г.Павловск, с.Белогорье и с.Крицкий. Содержание Zn составляет 1.6-2.8 ПДК, Ni – 4-5 ПДК, Cr – 2,2-4,2ПДК.

Территории с опасным и умеренно опасным содержанием химических элементов оконтуривают участки с более высоким уровнем загрязнения, сохраняя при этом неизменный элементный состав.

Помимо геохимических аномалий, приуроченных к речным долинам, четко прослеживаются аномалии широтного направления, вероятно, связанные с широтными зонами повышенной проницаемости пород осадочного чехла. Примером подобных аномалий может служить зона, вытянутая с запада на восток по линии сел Александровка-Донская, Шувалов.

Источником аномалиеобразующих химических элементов, по-видимому, являются геологические образования докембрия, которые можно рассматривать как поставщика Zn, Cr, Ni, Co, Mo, Ti, Ga (по зонам повышенной трещиноватости) в породе осадочного чехла.

Затем, в результате гипергенных процессов происходит разрушение пород осадочного чехла с последующим переносом и накоплением Zn, Cr, Ni в пойменных отложениях речных долин. Для перечисленных элементов отмечается явная тенденция к сорбции илистой фракции пойменных отложений.

Экологическое состояние почвенного покрова площади 20,3% (257 км<sup>2</sup>) – допустимое, остальная территория по экологическому состоянию относится: 0,8% (13 км<sup>2</sup>) – чрезвычайно опасное; 8,7% (113 км<sup>2</sup>) – высоко опасное; 21,2% (270 км<sup>2</sup>) – опасное и 60% (819 км<sup>2</sup>) – умеренно опасное.

Большинство населенных пунктов расположено в пределах территорий умеренно опасного и опасного уровня загрязнения.

Учитывая преимущественно литогенный характер выделенных аномалий можно предположить, что накопление токсичных химических элементов происходило в течение длительного периода времени, т.е. в процессе длительной эволюции содержания химических элементов стремились к биологически оптимальным.

При отклонении содержаний химических элементов от биологически оптимальных в большую или меньшую сторону создаются вредные для живых организмов последствия: при малых величинах отклонений они компенсируются защитными системами организмов и заболевания протекают скрыто; при больших величинах отклонений, пре-

вышающих компенсационные защитные биологические барьеры, происходит заболевание организмов. Проведенных исследований недостаточно для однозначной экологической оценки почвенного покрова, необходимо дополнительное изучение природы геохимических аномалий и влияния повышенных концентраций химических элементов на здоровье населения.

*Донные отложения.* В рассматриваемом районе выявлено несколько участков с неудовлетворительным экологическим состоянием донных отложений. Основными элементами-загрязнителями донных отложений являются: Zn (1 класс гигиенической опасности); Cr, Co, Mo (2 класс); Mn (3 класс). Вышеперечисленные химические элементы присутствуют практически во всех выделенных геохимических аномалиях, превышая фоновые значения в 2-5 раз. Следует отметить, что максимальные концентрации химических элементов, соответствующие высоко опасной и опасной категориям загрязнения, характерны для группы химических элементов с неустановленной степенью токсичности (Zr, Y, Sc, Ag).

Чрезвычайно опасное состояние донных осадков не установлено ни в одной из проб. Высоко опасное загрязнение донных отложений отмечено в верховьях р.Гаврило, в районе д.Преображенка и п.Шкурлат, где величина СПК=43 усл.ед, коэффициент концентрации циркония – 15, иттрия – 10. Опасный уровень загрязнения зафиксирован в русловых отложениях р.Дон, в районе Павловска и с.Басовка, Тихий Дон. Суммарный показатель концентрации варьирует от 19-32 усл.ед. Химическим элементом, определяющим высокие значения СПК, является цирконий, содержание которого превышает фоновое значение в 8-12 раз.

Источниками геохимических аномалий, выделенных по повышенным концентрациям Zr, Y, Sc, Nb (~50% от общего числа аномалий), предположительно являются геологические образования докембрия, выходящие на уровень эрозионного вреза либо связанные с дневной поверхностью посредством зон повышенной проницаемости.

Очаги загрязнения, выявленные по мало контрастным аномалиям Mo, Cu, Pb, Hg, P, связаны с хозяйственным освоением рассматриваемой площади (населенные пункты, автомобильные дороги, газо- и нефтепроводы). В целом, превышение содержания рассматриваемых химических элементов над их фоновыми значениями невелико, что позволяет оценить экологическое состояние донных отложений, как допустимое, не представляющее непосредственной опасности для окружающей среды.

*Поверхностные воды.* Поверхностные воды района представляют собой р.Дон с левобережными притоками (р.Осередь, р.Гаврило, р.Данило), а также множество мелких прудов и озер.

Река Дон. По химическому составу воды реки относятся к гидрокарбонатно-сульфатным. Минерализация колеблется от 0,5 до 1,7. Значение рН варьирует от 7,4 до 8,3.

Уровень загрязнения поверхностных вод токсичными химическими элементами и соединениями оценивался по суммарному показателю загрязнения – СПЗ.

На протяжении 20 км от с. Лосево вниз по течению СПЗ постепенно растет с 3,2 до 5,1 у г. Павловск, а затем вновь понижается до 2,6 и у х. Ярцев снижается до нуля. Повышение СПЗ у г. Павловск связано с подтоком загрязненных вод реки Осередь, также сам город является источником загрязнения. Поверхностный смыв приводит к увеличению содержания  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ . Повышенное содержание  $NO_3^-$  от  $70 \text{ мг/дм}^3$  до  $120 \text{ мг/дм}^3$  отмечается в ряде водопунктов.

Анализ вод р. Дон на содержание тяжелых металлов выявил наличие высоких концентраций Ti. Рассматривая содержание Ti в водах мулинско-тиманского водоносного горизонта можно сделать вывод, что насыщение поверхностных вод данным элементом объясняется фактором подземного стока.

Высокое содержание Zn в воде единичной пробы у г. Павловск связано с функционированием судоремонтного завода.

Левобережные притоки относятся к малым рекам. Вдоль берегов достаточно плотно расположены населенные пункты вытягиваясь застройками вдоль рек. Нередко постройки располагаются непосредственно в пойме, подступая к руслу вплотную. Местами распашка поймы проводится и не только под огороды, но и под сельхозугодья крупных хозяйств. Луговая пойма используется также под выпас скота, участками занята животноводческими комплексами.

Воды в данных реках гидрокарбонатно-сульфатные. Их минерализация колеблется в широких пределах от 0,8 до  $1,4 \text{ г/дм}^3$ .

Значение pH варьирует от 7,2 до 8,2. По степени общей жесткости воды классифицируются как жесткие, реже умеренно жесткие.

Микрокомпонентный состав исследуемых вод показывает присутствие выше ПДК во всех пробах - Ti, а также в ряде проб Mn, Cr, Zn, Sr и Ni. Следует выделить пробу участок, где содержание Mn в воде выше ПДК в 49 раз, Ti - в 7,4 раза. Загрязнение носит явно техногенный характер.

В целом для поверхностных водоёмов данного района СПЗ для элементов 1 и 2 класса опасности меньше нуля, за исключением нескольких проб. СПЗ для элементов 3-4 класса опасности варьирует от 1 до 10, что позволяет оценить ситуацию как умеренно опасную. На изученной территории основными загрязнителями поверхностных вод являются: Na (2 класс гигиенической опасности); Ti, Fe (3 класс); минерализация (4 класс), жесткость и окисляемость. Суммарная площадь участков с неудовлетворительным экологическим состоянием составляет около  $23 \text{ км}^2$  (~7% территории).

Опасное экологическое состояние поверхностных вод выявлено в четырех очагах загрязнения,

содержание натрия в которых изменяется от 2,6 до 3,4 ПДК.

Источниками токсичных химических элементов и соединений могут быть: геологические образования докембрия, моренные отложения, обломки «северных» пород в аллювиальных, делювиальных и пролювиальных образованиях; породы осадочного чехла, дренируемые гидросетью и содержащие в своем составе минералы, при разрушении структуры которых высвобождаются натрий и титан.

Помимо литогенных факторов, формирующих повышенные концентрации химических элементов и соединений вблизи населенных пунктов, возрастает роль техногенного загрязнения – фермы, машинно-тракторные мастерские, склады горюче-смазочных материалов, свалки бытовых и промышленных отходов, хранилища ядохимикатов).

Таким образом, экологическое состояние поверхностных вод рассматриваемой территории можно признать умеренно опасным.

*Общая оценка экологического состояния поверхностных сред.* В результате эколого-геохимических исследований дана оценка экологического состояния трех компонентов природной среды – почв, донных отложений и поверхностных вод.

Принимая во внимание литогенные и антропогенные факторы, влияющие на поверхностные природные среды, общее экологическое состояние описываемой территории оценивается: 0,2% ( $13 \text{ км}^2$ ) – катастрофическая обстановка; 17 ( $243 \text{ км}^2$ ) – кризисная обстановка; 22% ( $273 \text{ км}^2$ ) – критическая обстановка; 60,8% ( $801 \text{ км}^2$ ) – напряженная обстановка.

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация в районе работ сложилась с почвами, загрязнение которых зафиксировано во многих точках опробования. Основными элементами-загрязнителями являются Zn, Cr, Ni, но встречаются также Pb, Co, Cu, Mo, Mn, Ti, Ga, Sn, Zr.

Донные отложения и поверхностные воды загрязнены значительно в меньшей степени. Загрязняющими элементами и соединениями для донных отложений являются – Zn, Cr, Co, Mo, Mn, Zr, Y, Sc, Ag; поверхностных вод – Na, Ti, Fe, минерализация, жесткость, окисляемость.

Учитывая, что на данной территории в наиболее загрязненном и экологически опасном состоянии находятся почвы, которые являются депонирующей средой, общую экологическую обстановку поверхностных сред следует оценить как неудовлетворительную, представляющую опасность для подземных вод.

**Характеристика экологического состояния подземных вод Павловского района.** Для подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения населения, обязательна характеристика содержания микро- и макроэлементов, ограниченных требованиями СанПиНа.:  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ , Fe, Mn, Ti и др [12]. Все они в том или ином количестве присутствуют в подземных водах Павловского района.

Сравнение концентраций микро- и макроэлементов в водах Павловского района с требованиями СанПиНа показывает, что основными элементами-загрязнителями являются  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ti$ ,  $Zn$ .

Хлоридное загрязнение. Техногенным источником хлора служат промышленные и бытовые сточные воды, а также сырьевые твердые продукты и минеральные удобрения, растворение которых ведет к накоплению хлора в подземных водах.

Такие процессы имеют место в районе н.п. Каменск, где по ряду скважин отмечается повышенное содержание хлора до  $315 \text{ мг/дм}^3$ ; в с.Петровка и с.Б.Деревня, также концентрация хлор-иона превышает ПДК – 463 и  $426 \text{ мг/дм}^3$ .

Намечается тенденция к сульфатному загрязнению подземных вод по ряду скважин и колодцев, где содержание сульфат-иона значительно выше фонового, но не превышает ПДК.

Техногенным источником сульфатов в Павловском районе являются отходы животноводства.

Превышение ПДК по натрию до 108 и  $175 \text{ мг/дм}^3$  наблюдается в ряде колодцев. Техногенным источником натрия являются бытовые и сточные воды, сюда же следует отнести засоленные породы зоны аэрации.

Загрязнение кальцием и магнием проявляется в увеличении общей жесткости воды. Помимо аномально высокой природной жесткости в районе, дополнительную роль играет техногенный фактор (бытовые сточные воды, твердые техногенные отходы - мел, известь), а также техногенно засоленные породы зоны аэрации.

Данный вид загрязнения характерен для всех водоносных горизонтов изучаемого района.

Азотное загрязнение представлено тремя формами: нитратным, нитритным и аммонийным. Очаги загрязнения данными соединениями носят локальный характер.

Основным источниками поступления нитратов являются склады удобрений и ядохимикатов, бытовые сточные воды, животноводческие фермы в с.Воронцовка, Александровка, Михайловка.

Нитраты являются главнейшим загрязнителем подземных вод четвертично-мелового водоносного комплекса.

В водах мулинско-тиманского водоносного горизонта повышенное содержание нитратов отмечается в ряде водопунктов и достигает  $63,0 \text{ мг/дм}^3$ .

Условия поступления и накопления нитритов такие же, как и для нитратов. Однако нитриты, в отличие от нитратов, очень неустойчивы и, в зависимости от среды, либо восстанавливаются до аммония и свободного азота, либо окисляются до нитратов. Активную роль при этом играют микроорганизмы.

В условиях интенсивной техногенной нагрузки активность микроорганизмов падает. Поэтому наряду с нитратами и аммонием, в водах могут присутствовать и нитриты.

Превышение ПДК для нитритов до  $3,5 \text{ мг/дм}^3$  отмечено по ряду скважин, что свидетельствует об активном загрязнении подземных вод в настоящее время.

Источниками поступления аммония служат жидкие и твердые удобрения, отходы животноводческих комплексов. Данный вид загрязнения, также, имеет широкое распространение для четвертично-мелового водоносного комплекса. Превышение ПДК отмечается по пяти скважинам, максимальное содержание –  $2,12 \text{ мг/дм}^3$ .

Характерной особенностью исследуемого района является повышенное содержание в подземных водах железа, которое увеличивается в восточном направлении и в верховьях рек Гаврило и Осередь выделяются зоны с недопустимым для питьевых вод содержанием.

В отходах различных производств, выбросах автотранспорта содержатся тяжелые металлы: свинец, кобальт, цинк, медь, олово и др. Эти же металлы и соединения часто встречаются в подземных водах.

В подземных водах Павловского района выявлены многие из них, но их содержание как правило незначительно и скорее всего обусловлено природным фактором.

Заслуживает внимания лишь аномально высокое содержание цинка ( $19,5 \text{ мг/дм}^3$ ) в одной из проб, вызванное однозначно техногенным фактором. Неподалеку от места расположения скважины находится необорудованная свалка ТБО, которая судя по всему и является источником цинка.

Экологическая оценка состояния подземных вод. Для экологической оценки подземных вод производился анализ и систематизация имеющегося материала.

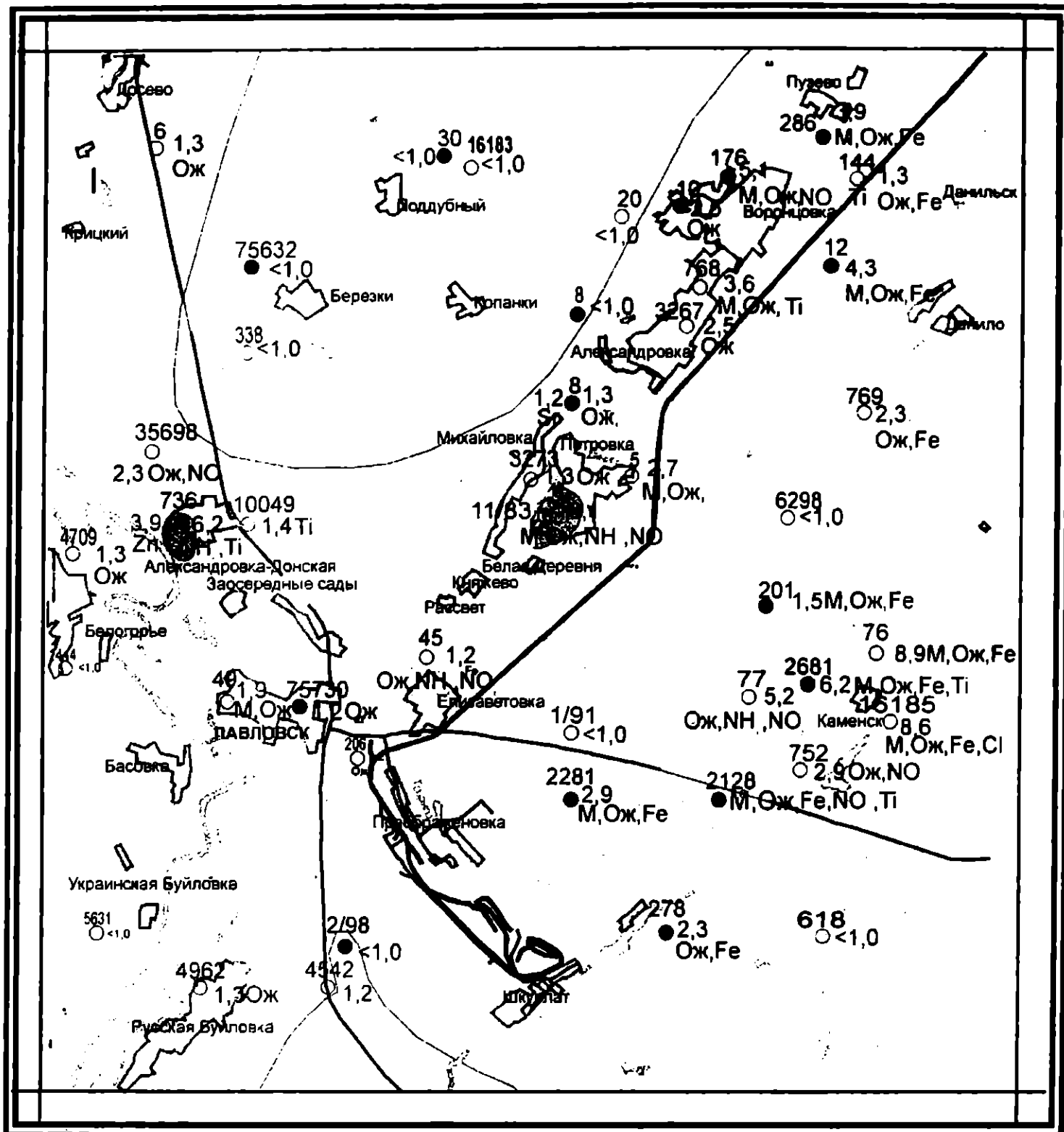
Уровень загрязнения подземных вод оценивался по СПЗ отдельно для элементов и свойств 1-2 и 3-4 класса опасности.

Оценка экологического состояния по значениям СПЗ отражены на картографической модели (рис.2). В пределах исследуемого района можно выделить следующие территории, отличающиеся по экологическим параметрам:

- с относительно удовлетворительной обстановкой,
- напряженной обстановкой,
- критической экологической обстановкой.

Участки с критической обстановкой имеют локальное распространение. Первый связан с повышенным содержанием в водах мулинско-тиманского водоносного горизонта цинка ( $19,5 \text{ мг/дм}^3$ ) и нитратов ( $92 \text{ мг/дм}^3$ ). Второй участок находится на территории с.Петровка. Здесь фиксируется СПЗ для элементов 3-4 класса опасности равный 10,1; обусловленный повышенным содержанием нитрат-аммония ( $2,12 \text{ мг/дм}^3$ ), нитратов ( $104 \text{ мг/дм}^3$ ), а также повышенной минерализацией и общей жесткостью.

Территория с напряженной экологической ситуацией охватывает большую часть района и при-



**Рис.2.** Карта оценки экологического состояния подземных вод Павловского района: 1- критическое состояние подземной гидросферы; 2- напряженное состояние подземной гидросферы; 3- состояние подземной гидросферы удовлетворительное; 4- автомобильные и железные дороги; 5- гидрогеология; 6- населенные пункты; 7- эксплуатационные скважины, слева - значение СПЗ для элементов 1-2 класса опасности, справа - значение СПЗ для элементов 3-4 класса опасности, внизу - элементы загрязнители

урочена к долинам рек. Повышенный СПЗ как для четвертично-мелового водоносного комплекса, так и мулинско-тиманского водоносного горизонта формируется за счет элементов и свойств, относящихся к 3-4 классу опасности.

Участки с относительно удовлетворительным состоянием подземных вод выделены в северной части карты на водоразделе Дон-Осередь (Шипов лес), в южной части – на водоразделе Дон-Гаврило. Удовлетворительное состояние подземных вод данных территорий объясняется незначительной техно-

генной нагрузкой и относительно высокой естественной защищенностью подземных вод.

Учитывая, что большая часть Павловского района относится к территории с умеренно опасным состоянием гидрогеологической среды, то общее экологическое состояние подземных вод следует оценивать как напряженное.

### Заключение

1. Проведенные исследования позволили определить закономерности формирования химиче-

ского состава подземных вод. Установлены гидрогеохимические типы вод для исследуемых гидрогеологических подразделений. Для подземных вод меловых и четвертичных водоносных горизонтов характерны гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые воды с минерализацией 0,65-0,85 мг/дм<sup>3</sup>. По направлению движения подземных вод, от водоразделов к долинам рек, минерализация возрастает до 1,3-1,5 мг/дм<sup>3</sup>, соответственно меняется и тип воды – возрастает доля хлоридов, уменьшается доля гидрокарбонатов, катионный состав носит смешанный характер. Воды мулинско-тиманского водоносного горизонта по химическому составу, также, гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые или кальциево-натриево-магние-вые. Минерализация возрастает в направлении погружения водовмещающих слоев от 0,7 до 1,35 мг/дм<sup>3</sup>. Химический тип воды меняется на хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатный, катионный состав носит смешанный характер.

2. Рассмотрены техногенные условия Павловского района. Доминирующим типом техногенных систем является сельскохозяйственный. На большей части района распределены сельхозугодья, животноводческие комплексы, агрофабрики.

На незначительных площадях были, также, выделены промышленный, транспортный, селитебный и горнодобывающий тип техногенных систем.

3. Установлены две генетические ветви, по которым происходит миграция компонентов-загрязнителей в природных средах – косвенная и прямая. Косвенная связана с активизацией физико-химических процессов выноса из пород загрязняющих компонентов в результате работы водозаборных сооружений: прямая – непосредственным влиянием сточных вод на природную среду.

4. Произведена эколого-геохимическая оценка поверхностных сред. Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация в районе сложилась в почвенном горизонте, загрязнение которых зафиксировано во многих точках опробования. Основными элементами-загрязнителями являются Zn, Cr, Ni.

Донные отложения и поверхностные воды загрязнены значительно в меньшей степени. Загрязняющими элементами и соединениями для донных

отложений являются – Zn, Cr, Co, Mo, Mn, Zr, Y, Sc, Ag; поверхностных вод – Na, Ti, Fe, минерализация, жесткость, окисляемость.

Учитывая, что на данной территории в наиболее загрязненном и экологически опасном состоянии находятся почвы, общая экологическая обстановка поверхностных сред признана неудовлетворительной.

5. Рассмотрены основные виды загрязнения и проведено гидрогеоэкологическое районирование исследуемой территории. В пределах исследуемого района выделены следующие территории с относительно удовлетворительной, напряженной, критической экологической обстановкой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов Б.Н. Гидрогеология СССР. Т. IV. -М., 1972. – С. 108-285.
2. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л., Лукьянов В.Ф. Минеральные воды Воронежской области. Воронеж, 1995. – С. 48-120.
3. Бочаров В.Л., Зилюков Ю.М., Смоляницкий Л.А. Мониторинг природно-технических экосистем. -Воронеж, 2000. –С. 3-9.
4. Низамзаде Теймур Низам Оглы Окружающая среда аграрного региона и её деграляция в условиях техногенеза. -М. 2000. –198 с.
5. Питьева К.Е. Гидрогеохимия. -М., 1988. -316с.
6. Посохов Е.В. Общая гидрогеохимия. -М., 1975. -208с.
7. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. -Л., 1987. –247с.
8. Валильщикова А.А. Окружающая среда аграрного региона (на примере Павловского района Воронежской области).-«Геологи XXI века». -Саратов, 2002. –С. 358-359.
9. Доклад о состоянии окружающей природной среды Воронежской области в 2000 году. -Воронеж, 2000. 56с.
10. Соколова Т.А. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах // Рациональное природопользование в условиях техногенеза. –М., 2000. –49с.
11. Смирнова А.Я., Умнякова Л.В., Гольдберг В.М. Грунтовые воды и их естественная защищенность от загрязнения на территории Воронежской области. - Воронеж, 1982. -105с.

УДК 504.064:628.55

## ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ, ПЕРЕНОС И РАССЕИВАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОМПОНЕНТАХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛИПЕЦКОГО ПРОМРАЙОНА

И.И. Косинова, В.П. Закусилов, Д.В. Корчагин

Воронежский государственный университет

Впервые для Липецкого промышленного района проведен анализ динамики метеорологических условий. Они рассмотрены как ведущий фактор накопления, переноса и рассеивания вредных веществ в геоэкологических системах. Обозначена роль Новолипецкого металлургического комбината в загрязнении всех компонентов системы. Представлены ре-