

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

С. П. Пасмарнова, А. Я. Смирнова, Е. Н. Кислякова

Воронежский государственный университет

Предлагается новый подход к оценке методики геоэкологического состояния подземных вод с учетом физических, физико — химических и гидродинамических факторов.

К настоящему времени достаточно разработаны и продолжают совершенствоваться принципы интегральной оценки геоэкологического состояния подземных вод по комплексу факторов. Методы оценки отдельных природных факторов, характеризующих состояние воды, предлагались еще в начале прошлого века. Прежде всего это оценка качества питьевых вод. Качество питьевых вод определяется физико-химическими, физическими и бактериологическими свойствами. Первые нормативные документы, регламентирующие химический состав воды, появились в Европе в XIX веке. К середине XX века разрабатываются нормативы качества питьевой воды в нашей стране. Количество нормируемых показателей постоянно увеличивалось. На настоящий момент оно превысило тысячу. Действующими нормативами в Российской Федерации являются: ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» [2]; Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Согласно требованиям СанПиН вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства (цветность, запах, привкус, мутность). Для оценки качества воды используют стандарты предельно-допустимых концентраций (ПДК) веществ — максимальных концентраций, при которых вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения (при воздействии на организм в течение всей жизни) и не ухудшают гигиенические условия водопользования. Следует отметить, что при разработке СанПиН 2.1.4.1074-01 были учтены критерии качества питьевых вод Всемирной Организации Здравоохра-

нения (ВОЗ), которые приняты в европейских странах в соответствии с Директивой Совета Европейского Сообщества. Тем не менее существуют различия предельно-допустимых концентраций по отдельным компонентам, установленных в директивных документах стран Европы и России. Так для России значение ПДК кремния (10 мг/дм^3) вероятно можно считать заниженным, поскольку концентрации этого элемента в подземных водах на большей части территории России обусловлены естественными природными процессами и в несколько раз превосходят предельно допустимую. В то же время требования к составу питьевых вод для разных географических зон могут отличаться в связи с тем, что вода, не соответствующая установленным нормативам, может корректировать баланс питательных веществ в пищевом рационе людей.

В последнее время в оценке качества подземных вод получило развитие медико-геоэкологическое направление. Химический состав рассматривается не только с позиции безвредности его для человеческого организма и биоты, но также и насколько он благоприятен. Влияние наличия в питьевой воде определенных компонентов (хлориды, сульфаты, кальций, магний, железо, свинец и др.) в некотором диапазоне их содержания на здоровье людей рассматривается в работах А.И. Воронова, В.М. Швеца, М.В. Максимова, Ю.А. Рахманина, С.А. Куролапа, А.Я. Смирновой [1,3,4,5] и других исследователей [2, 4, 6, 10]. В этом направлении работали ученые Санкт — Петербургского университета А.А. Шварц и А.Н. Воронов. Они предложили для каждого компонента выделять несколько категорий качества воды — оптимальная, дефицитная, избыточная и недопустимая. В первой из них концентрация компонента находится в пределах наиболее благоприятного диапазона, во второй наблюдаются пониженные, а в третьей — повышенные содержания компонента, не превышающие, однако, предельно допустимых концентраций;

и четвертая категория качества содержит недопустимые для человеческого организма концентрации компонента [1].

Большой интерес представляет классификация качества питьевой воды, разработанная Ю.А. Рахманиным в 2005 г. Он предложил выделять четыре группы качества — обычного питьевого, улучшенного питьевого, высшего (оптимального) питьевого качества и корректировочных питьевых вод. Вода первых трех групп различается количеством и концентрациями нормируемых компонентов в градациях от меньшего к большему. К четвертой категории согласно предложенной классификации относится вода с повышенным относительно ПДК содержанием отдельных компонентов. Ее рекомендуется использовать в лечебных целях или в регионах, где в почве и поверхностных водах отмечается пониженное содержание этих компонентов. Таким образом вода корректировочного качества занимает промежуточное положение между питьевыми и минеральными водами.

Шварцем А.А. предложено классифицировать воду, которая не удовлетворяет требованиям нормативных документов для питьевой воды, по степени опасности превышающих ПДК компонентов и сложности технологии требуемой очистки и в зависимости от этого выделять воду удовлетвори-

тельного и плохого качества. К водам удовлетворительного качества относятся те, где превышены ПДК по органолептическим показателям и которым требуется простая очистка. Воды плохого качества — те, где превышены ПДК по токсикологическим показателям и которым требуется комплексная, сложная реагентная очистка. Всего по классификации качества подземных вод, разработанной А.А. Шварцем, выделяется пять категорий. Помимо двух, указанных выше (удовлетворительное и плохое качество), следует выделять воду, соответствующую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 и воды первой и высшей категории. Вода первой и высшей категории не должна содержать вещества техногенного происхождения. Концентрации компонентов естественного происхождения должны соответствовать требованиям, предъявляемым СанПиНом 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества» к питьевой воде первой и высшей категории.

При характеристике качества воды рассматриваются все элементы, влияющие на общий микроэлементный баланс человека. Основные показатели состава, по которым различаются требования к качеству воды первой и высшей категории приведены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрации элементов в подземных водах централизованных систем питьевого водоснабжения, фасованной воды первой и высшей категории

Показатели	Концентрация в питьевой воде (мг/дм ³), не более		
	Централизованных систем	Первой категории	Высшей категории
1	2	3	4
Минерализация	1000	400	30—400
рН	6—9	665—865	665—865
Жесткость общая (мг—экв/дм ³)	7	7	165—7
Окисляемость перманганатная (мгО ₂ /дм ³)	5	3	2
Бикарбонаты	—	400	30—400
Хлориды	350	250	150
Сульфаты	500	250	150
Нитраты	45	20	5
Нитриты	363	065	06005
Аммоний—ион	2	061	0605
Фосфаты	365	365	365
Кальций	—	130	25—80
Магний	—	65	5—50
Натрий	200	200	20
Калий	—	20	2—20
Алюминий	0,5	0,2	0,1
Барий	0,7	0,7	0,1

Марганец	0,1	0,05	0,05
Молибден	0,25	0,07	0,07
Никель	0,1	0,02	0,02
Ртуть	0,0005	0,0005	0,0002
Серебро	0,05	0,025	0,025
Свинец	0,03	0,01	0,005
Сурьма	0,05	0,005	0,005
Хром(6 ⁺)	0,05	0,05	0,03
Цинк	5	5	3
Бор	0,5	0,5	0,3
Мышьяк	0,05	0,01	0,006
Бромид-ион	0,2	0,2	0,1
Фторид-ион	1,5	1,5	0,6—1,2
Йодид-ион	—	125	40—60

В существующих требованиях и методических рекомендациях по оценке геоэкологического состояния подземных вод гидрогеоэкологический показатель рассматривается как загрязнение питьевой воды, а критерием его оценки является степень концентрации нормируемых компонентов по отношению к ПДК с использованием градаций экологической опасности. В связи с этим выделяется допустимое, умеренно опасное, опасное и чрезвычайно опасное содержание.

Учитывая изложенные выше результаты медико-экологических исследований разных ученых, а также утверждение Минздравом России СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества», где нормируются оптимальные для человеческого организма концентрации ряда элементов в питьевой воде, автором предлагается при проведении гидрогеоэкологических исследований использовать критерии оценки качества питьевых вод, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Критерии оценки качества питьевой воды

Показатели	Содержание нормируемых компонентов в питьевой воде (по отношению к ПДК)			
	Оптимальное	Допустимое	Умеренно опасное	Опасное
1	2	3	4	5
Содержание токсичных веществ первого класса опасности (Be, Hg, Tl, P)	В пределах нормативов для вод высшей категории	В пределах ПДК	1—2	>2
Содержание токсичных веществ второго класса опасности (B, Br, Cd, Si, Li, As, Na и др.)	То же	То же	1—5	>5
Содержание токсичных веществ третьего и четвертого классов опасности (Mn, Cu, Ni, Cr ⁺⁶ , Zn и др.)	То же	То же	1—10	>10
Физико-химические свойства: pH	То же	То же	6—5	<5
Жесткость общая (мг-экв/дм ³)	То же	То же	>7	—
Окисляемость перманганатная, мгО ₂ /дм ³	То же	То же	5—15	>15
Биологическое поглощение кислорода (БПК), мгО ₂ /дм ³	То же	То же	8—10	>10

Наряду с качеством воды важным показателем при оценке геоэкологического состояния подземных вод являются условия их защищенности от загрязнения с поверхности земли. Методы оценки защищенности как грунтовых вод, так и ниже залегающих напорных водоносных горизонтов разрабатывались в нашей стране и за рубежом начиная с 60-х годов прошлого столетия. Во многих странах

мира применяется специальная методика (DRAS-ТИК), разработанная в США в 1969 году. Она учитывает шесть факторов: 1) глубина залегания подземных вод, 2) величина питания подземных вод, 3) литология водоносных пород, 4) литологический состав почв, 5) рельеф местности, 6) проницаемость пород зоны аэрации. Путем суммирования баллов оценки каждого фактора, умножения

на весовые коэффициенты факторов получается индекс потенциала защищенности (в баллах).

В России применяется подход не только исследования геологической защищенности подземных вод эксплуатационных водоносных горизонтов от поверхностного загрязнения, но и картографической модели в разных масштабах. Проблема геологической защищенности подземных вод рассматривается в работах Э.Р. Чабан, Н.В. Роговской, А.Е. Орадовской, А.Я. Смирновой [3, 9, 10] и других исследователей. Предлагалась качественная и количественная оценка условий защищенности. Качественная оценка выполняется на основе природных факторов (глубины залегания подземных вод, мощности и литологии слабопроницаемых отложений зоны аэрации) в масштабах 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, количественная — на основе природных и техногенных факторов в масштабах 1:25 000, 1:10 000 и крупнее. Показателем количественной оценки является время фильтрации загрязняющего вещества до кровли водоносного горизонта. В связи с этим вызывают интерес результаты работ сотрудников фирмы Геолинк по определению времени миграции через почву и зону аэрации следующих загрязнителей: нефтепродуктов, радионуклидов, тяжелых металлов. Шварц А.А. предложил через условное время фильтрации загрязнения через вышележащие отложения оценивать защищенность подземных вод на участках расположения водозаборов как в естественных условиях, так и в условиях эксплуатации, при этом задавая разную величину понижения. Для данной методики необходимы только данные по эксплуатационным или разведочно-эксплуатационным скважинам. Наиболее приемлемой для региональной оценки условий защищенности подземных вод, когда неизвестно конкретное загрязняющее вещество, является методика, предложенная В.М. Гольдбергом [3]. Оценка защищенности от загрязнения напорных вод производится на основе двух показателей: соотношения уровней напорного и вышезалегающего безнапорного горизонтов и мощности разделяющего их водоупора. Для грунтовых вод в качестве критериев оценки защищенности их от загрязнения приняты: глубина залегания кровли водоносного горизонта, мощность и литологический состав слабопроницаемых пород зоны аэрации, их фильтрационные свойства. Л.А. Островский и А.А. Островский 1978 г. считают необходимым учитывать не только эти критерии, но также защитную роль почв и интенсивность питания подземных вод. Они предложили при оценке защищенности безнапорных вод с поверхности земли использо-

вать следующие факторы: типы почв и содержание в них гумуса, содержание глинистой фракции в породах зоны аэрации, литологический состав, фильтрационные свойства и фациальную изменчивость пород зоны аэрации, величину коэффициента увлажнения. В случае возможности проникновения загрязнения из нижезалегающего водоносного горизонта необходимо учитывать предусмотренные методикой В.М. Гольдберга соотношение уровней напорного и субнапорного горизонтов и мощность разделяющего их водоупора. Каждый фактор защищенности оценивается с помощью системы баллов. Интегральная оценка производится по среднему баллу с выделением следующих категорий: защищенные (при среднем балле от 1 до 3), относительно защищенные (3—5), слабо защищенные (5—7) и незащищенные (>7).

Помимо качества подземных вод и условий защищенности их от загрязнения при оценке геоэкологического состояния необходимо учитывать и гидрогеодинамическую обстановку. В качестве критерия ее оценки В.А. Гайнцева и Н.С. Лачинова 2001 г. («Геоцентр-Москва») предложили использовать положение уровня подземных вод. Для грунтовых вод — это величина изменения глубины залегания уровня в результате осушения или подтопления. Изменение рассматривается в процентах относительно мощности водоносного горизонта в естественном состоянии (среднемноголетнее значение в межливневый период). Для напорных и субнапорных вод — величина снижения высоты напора над кровлей рассматриваемого гидрогеологического подразделения в процентах от значения высоты напора в естественном состоянии (до антропогенного вмешательства). В зависимости от этих показателей авторами было предложено оценивать состояние подземной гидросферы следующим образом: допустимое (высота напора или УГВ находятся в естественных условиях либо изменены менее чем на 20 %), умеренно — опасное (снижение высоты напора или изменение УГВ на 20—60 %), опасное (снижение высоты напора или изменение УГВ на 60—100 %), высоко опасное (частичное или полное осушение водосодержащих пород). Следует отметить, что снижение высоты напора может привести к значительной сработке запасов воды в водоносном пласте, иногда — к его истощению, а также к изменению условий естественной защищенности его от загрязнения.

Таким образом, учитывая приведенные выше разработки некоторых исследователей по оценке как отдельных факторов, так и интегральной оценки геоэкологического состояния подземных вод, в

данной работе предлагается комплексная оценка геоэкологического состояния подземной гидросферы на основе следующих факторов: 1) геологические условия защищенности подземных вод от загрязнения; 2) качество подземных вод; 3) изменение гидродинамической обстановки. Критерии оценки перечисленных факторов были рассмотрены выше. Каждый фактор оценивается с помощью системы баллов, комплексная геоэкологическая

оценка осуществляется по среднему баллу. В результате предлагается выделять четыре категории геоэкологического состояния гидросферы: благоприятное, условно благоприятное, неблагоприятное и весьма неблагоприятное. Критерии оценки экологического состояния подземной гидросферы и их оценочные баллы, определяемые значимостью каждого из перечисленных факторов, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Критерии оценки геоэкологического состояния гидросферы

Частные критерии		Оценочные баллы	
		Грунтовые воды	Напорные воды
Качество подземных вод	Оптимальное	1	1
	Допустимое	4	4
	Умеренно опасное	7	7
	Опасное	10	10
Условия геологической защищенности	Защищенные	1	1
	Относительно защищенные	3	3
	Слабо защищенные	5	5
	Незащищенные	7	7
Гидрогеодинамическая обстановка	Допустимое	1	1
	Умеренно опасное	4	4
	Опасное	7	7
	Весьма опасное	10	10
Интегральные критерии геоэкологического состояния		Средний оценочный балл	
Благоприятное		1,0—2,0	
Условно благоприятное		2,1—3,5	
Неблагоприятное		3,6—5,0	
Весьма неблагоприятное		>5,0	

На основе учета рассмотренных выше факторов проведена комплексная оценка геоэкологического состояния подземной гидросферы центральной части Тамбовской области. Она показала, что 70% исследуемой территории занято грунтовыми водами с геоэкологической оценкой допустимого качества. Эти площади характерны для водоразделов рек и их склонов. В речных долинах на поймах и надпойменных террасах разместились грунтовые воды с оценкой умеренно-опасного качества, что составляет 30% исследуемой территории, последнее объясняется повышенной жесткостью воды и окисляемостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов А.Н. Принципы совершенствования оценки качества пресных подземных вод / А.Н. Воронов, А.А. Шварц // Геология. № 2, 1995. — С. 125—129.
2. Временные методические рекомендации по геолого-экологическим работам в пределах горно-промышленных районах // Донецк, 1992. — С. 92—98

3. Гольдберг В.М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В.М. Гольдберг. — Москва: Недра, 1982. — 235 с.
4. Келлер А.А. Медицинская экология / А.А. Келлер, В.И. Кувакин. — СибМ, 1998 — 180 с.
5. Максимов В.М. Справочное руководство гидрогеолога / В.М. Максимов. — Москва, 1967. — 165 с.
6. Питьева К.Е. Гидрогеохимия / К.Е. Питьева. — Москва: Недра, 1975. — 208 с.
7. Смирнова А.Я. Грунтовые воды и их естественная защищенность от загрязнения на территории Воронежской области / А.Я. Смирнова, Л.В. Умнякова, В.М. Гольдберг. — Воронеж, 1982. — 106 с.
8. Смирнова А.Я. Экология подземных вод бассейна Верхнего Дона / А.Я. Смирнова, А.И. Бородин 2-е изд., доп. — Воронеж: ВГУ, 2007. — 180 с.
9. Соколов Д.С. Гидрогеология СССР / Д.С. Соколов. — Москва: Недра, 1972. — Т. 4. — 206 с.
10. Тютюнова Ф.И. Физико — химические процессы в подземных водах: взаимодействие с антропогенным фактором / Ф.И. Тютюнова. — Москва: Недра, 1976. — 127 с.

Поступила в редакцию 12.12.06 г.