

ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА УРОВЕНЬ ГРУНТОВЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ)

Назаренко О.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия (344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40), e-mail: ovnazarenko@sfnu.ru

Приводятся результаты исследований влияния метеорологических факторов на формирование грунтовых вод. Установлены корреляционные связи между метеорологическими элементами и уровнем грунтовых вод. Оценено влияние метеорологических факторов на уровень грунтовых вод. В естественных, слабо нарушенных условиях доля метеорологического фактора в формировании уровня грунтовых вод составляет 60–80%, при этом ведущее значение имеет относительная влажность и испаряемость. В г. Ростове-на-Дону ведущую роль в изменчивости уровня грунтовых вод играет фактор, обусловленный техногенным воздействием, доля метеорологического влияния снижается с 80 до 20%. Динамика временных изменений грунтовых вод в городе Ростове-на-Дону носит характер многолетнего повышения уровня, что связано не столько с метеорологическими факторами, сколько с техногенным влиянием: инфильтрационная утечка технологических вод, промышленных и хозяйственно-бытовых стоков. По мере увеличения антропогенного давления на территорию роль метеорологической составляющей в формировании уровня грунтовых вод уменьшается. Использование родниковых вод в хозяйственно-питьевых целях на территории города не представляется целесообразным ввиду отсутствия мониторинга и высокой степени загрязнения.

Ключевые слова: изменение уровня грунтовых вод, показатели климата, сезонная динамика.

ESTIMATION OF REGIONAL CLIMATE CHANGE AND ITS INFLUENCE ON GROUNDWATER LEVEL (ON THE EXAMPLE OF ROSTOV ON DON)

Nazarenko O.V.

South federal university, Rostov-on-Don, Russia (344090, Rostov-on-Don, Zorge str. 40), e-mail: ovnazarenko@sfnu.ru

It is given results of estimation climate influence on formation of groundwater. Correlation between climate and groundwater level was estimated. In natural, weekly disturbed conditions, the impact of the meteorological factors in the formation of groundwater level is 60 – 80%. The leading role is belonging to the humidity and evaporation. Rostov-on-Don is a big industrial centre and here leading role belongs to anthropogenic impact. In this case, there is a reduce of meteorological impact from 80% up to 20%. Groundwater level in Rostov-on-Don is increasing constantly due to technogenic effect, such as infiltration of leakage water. With increasing anthropogenic pressures on the territory of the role of meteorological component in the formation of the groundwater level is reduced. With the increasing of anthropogenic pressure role of the meteorological factors in groundwater formation decrease. The use of spring water for drinking purposes on the territory of the city is not possible due to the lack of monitoring and the high level of contamination.

Keywords: groundwater level change, climate, seasonal change.

Проблема глобальных изменений климата является одной из актуальных проблем современности. Множество работ посвящено исследованию различных аспектов данной проблемы. Важным направлением считается оценка экологических, экономических и социальных последствий климатических изменений. В рамках данных исследований получены материалы по изменению речного стока и качества воды крупных рек [1], режима подземных вод [2; 3; 5; 6] и др.

Характеристика объекта исследований. Город Ростов-на-Дону расположен в пределах Североприазовской равнины на высоком правом берегу Дона. Рельефообразующими породами здесь являются неогеновые и четвертичные отложения. Первые представлены нижне-, средне- и верхнесарматскими песками с прослоями глин и известняками; меотическими светло-зелеными глинами, известняком ракушечником и песчаником; понтическими известняками, хапровскими песками и скифскими глинами. Четвертичные отложения выражены мощной (до 30–40 м) толщиной просадочных суглинков палево-бурого цвета. Наиболее повышенные участки расположены в юго-западной, северной и северо-восточной частях города, а пониженные – в долине реки Темерник и на левобережье Дона. Максимальная высота местности – 117,0 м (пос. Орджоникидзе), минимальная – 0,4 м (урез воды р. Дон) [5].

Долина Дона в пределах города террасирована. В рельефе хорошо выражены пойма и первая надпойменная терраса, получившая наибольшее развитие на левобережье реки. На правом берегу эта терраса прослеживается на отдельных участках ниже устья Темерника. Территория города расчленена крупными овражно-балочными системами, приуроченными к долине Темерника (балки Змеевая, Камышвахская, Безымянная, Мокрая, Черепяхина, Генеральная) и правобережью Дона (балки Рябикина, Кульбакина, Кизитеринка и др.).

Естественный рельеф территории города почти не сохранился. В результате планации рельефа территории города в корне изменился ход развития природных рельефообразующих процессов. Закрепление склонов ослабило их денудацию; нивелировка оврагов и балок, частичная их засыпка способствовали затуханию процессов размыва. Но город вызвал к жизни ряд нежелательных антропогенных явлений. К таковым, в первую очередь, следует отнести деформацию грунтов под действием нерегулируемого поверхностного стока вод, динамической и статической нагрузок, что приводит к деформации зданий и сооружений, образованию провалов и др. Повышение уровня грунтовых вод вызвало в ряде мест города подтопление [6; 9].

Ростов-на-Дону расположен в пределах континентальной Европейской области умеренного климатического пояса. Среднегодовые температуры воздуха в городе составляют 8,7 °С. Самый холодный месяц – январь, а самый теплый – июль. Географическое положение на юге умеренных широт обуславливает недостаточное увлажнение, со среднегодовым количеством атмосферных осадков 555 мм. Зима в городе мягкая, неустойчивая, с большой повторяемостью оттепелей и гололедно-изморозевых явлений, для лета характерны высокие температуры воздуха, повышенная вероятность засухи, а также град и ливни [7].

В исследуемый период среднегодовое количество осадков составляло 605 мм при среднегодовой температуре 9,9 °С, что превышает средние многолетние данные. Таким образом, в исследуемый период отмечались повышенные значения температуры и осадков.

За период с 1986 по 2010 г. наблюдались колебания среднегодовых температур, наибольшие значения температур отмечались в 1989, 1995, 1999, 2007 гг. График, отображающий средние годовые колебания температуры воздуха по метеорологической станции Ростов-на-Дону, приведен на рис. 1

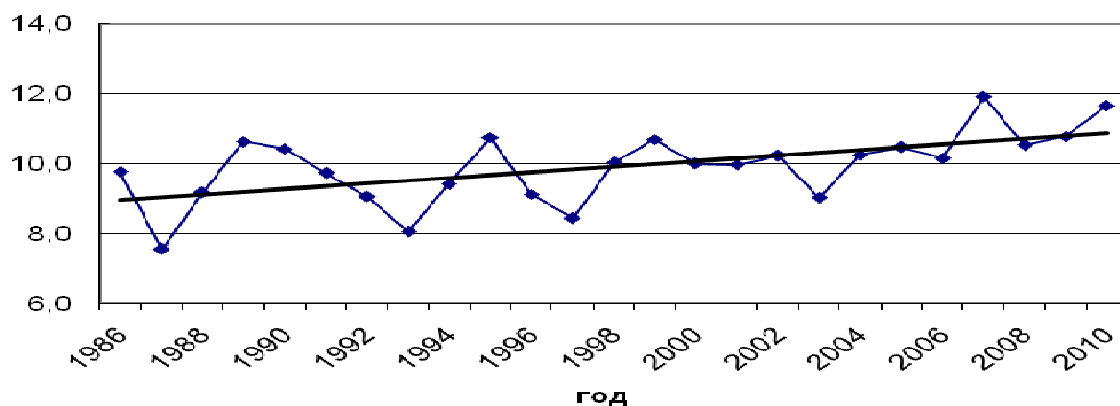


Рис. 1. Средние годовые значения температуры воздуха г. Ростов-на-Дону (1986–2010)

Отмечается положительный тренд среднегодовых температур воздуха для города, составляющий 1,9 °С. За наблюдаемый период отмечается положительный тренд в изменении температуры и отрицательный в изменении осадков. Следует отметить, что на фоне отрицательной тенденции в изменении количества выпадающих осадков произошло уменьшение глубины залегания грунтовых вод на территории города. Данное явление связано с антропогенным воздействием.

Таблица 1

Градиенты трендов среднегодовых температур воздуха и атмосферных осадков

| Период наблюдений, годы | Длина ряда, год | Градиент тренда | | Изменение уровня |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|----------------|------------------|
| | | Температура, град/год | Осадки, мм/год | |
| 1986-1989 | 4 | 0,93 | -62,7 | 0.57 |
| 1990-1999 | 10 | -0,04 | 8 | 0.28 |
| 2000-2010 | 11 | 0,17 | -8,9 | 0.03 |

Наибольшее количество осадков отмечалось в 1987, 1997, 2001, 2004 гг. (931 мм). График, отображающий колебания среднегодового количества осадков с 1987 по 2000 г., приведен на рис. 2.

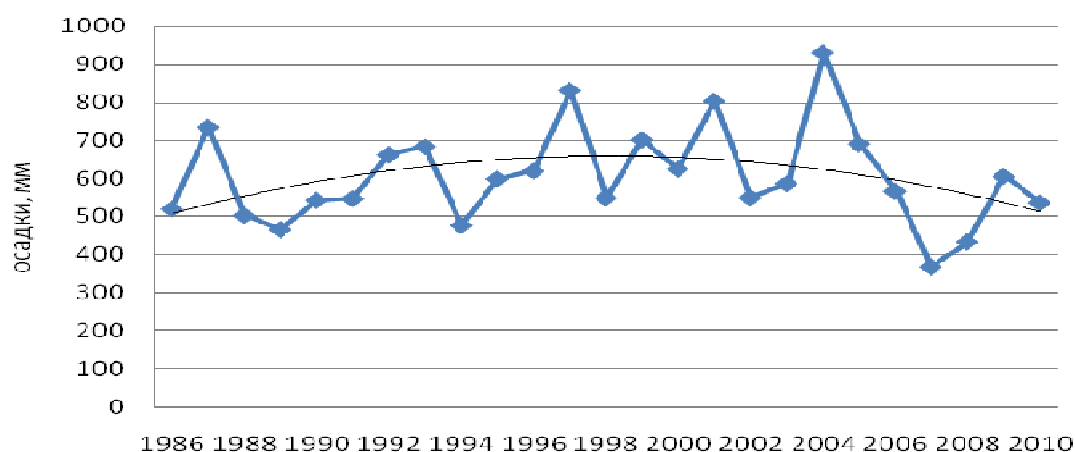


Рис. 2. Среднегодовое количество осадков на метеостанции Ростов-на-Дону

С целью определения влияния осадков на уровень грунтовых вод был проведен анализ изменения уровней грунтовых вод с параллельным анализом изменения количества выпадающих осадков по ряду пунктов. Для изучения многолетних колебаний использованы средние годовые суммы осадков, годовые значения температуры воздуха, испаряемость и относительная влажность по опорным метеорологическим станциям с длинными рядами наблюдений на территории Ростовской области. Проведенный анализ колебания средних годовых значений температуры воздуха по метеостанциям области показал, что они синхронны.

Наиболее полные ряды средних месячных глубин залегания уровня грунтовых вод был отмечен на наблюдательных скважинах 17, 22, 24, которые были обработаны с помощью статистических программ (табл. 2). Данные о корреляционных связях элементов, влияющих на уровень грунтовых вод, в течение года, приведены в табл. 3.

Таблица 2

Описание исследуемых скважин

| № | Абс. высота, м | Место положение | Геол. индекс | Литологический состав водовмещающих пород | Период наблюдений | Глубина залегания подземных вод, м | |
|----|----------------|-----------------------|-------------------|---|-------------------|------------------------------------|-------|
| | | | | | | начало | конец |
| 17 | 48 | Северный жилой массив | aQ _{III} | известняки | 1986-2000 | 17,81 | 16,83 |
| 22 | 42 | Нахичевань | aQ _{IV} | известняки | 1986-2000 | 3,79 | 3,38 |
| 24 | 81 | Нахичевань | aQ _{IV} | известняки | 1987-2000 | 10,86 | 9,72 |

Для получения количественной оценки связи многолетней динамики уровня грунтовых вод с метеорологическими элементами были рассчитаны коэффициенты корреляции, которые приведены в табл. 3, для характеристики совместного влияния температуры воздуха, атмосферных осадков, относительной влажности на показатели баланса грунтовых вод применен множественный регрессионный анализ. С учетом приведенных результатов

парной корреляции такой анализ был выполнен как для сезонных величин, так и для многолетних данных. Множественные r были вычислены с использованием программы «Шаговая регрессия».

При изучении влияния различных факторов на грунтовые воды установлена наиболее тесная связь между изменением уровня грунтовых вод, осадками и относительной влажностью.

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа

(Н - уровень грунтовых вод, м, W – осадки, мм, I – испаряемость, мм, T – температура, °C
B - относительная влажность, %)

| № | Корреляция | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| | W - H | T - H | B - H | H - I | H - W - T | H - W - B | H - T - B | H - I - W | H - B - I | H - B - I - W |
| Внутригодовой тренд | | | | | | | | | | |
| 17 | -0,07 | -0,39 | 0,33 | -0,33 | 0,59 | 0,37 | 0,56 | 0,34 | 0,33 | 0,37 |
| 24 | 0,2 | -0,05 | 0,35 | 0,06 | 0,2 | 0,1 | 0,7 | 0,11 | 0,08 | 0,1 |
| 22 | 0,04 | - 0,7 | 0,74 | - 0,7 | 0,62 | 0,77 | 0,6 | 0,74 | 0,75 | 0,77 |
| Многолетний тренд | | | | | | | | | | |
| 17 | -0,2 | 0,04 | 0,04 | -0,03 | 0,3 | 0,3 | 0,06 | 0,3 | 0,04 | 0,35 |
| 24 | -0,2 | -0,02 | 0,3 | -0,25 | 0,29 | 0,45 | 0,33 | 0,49 | 0,34 | 0,49 |
| 22 | -0,11 | -0,36 | 0,13 | -0,01 | 0,49 | 0,26 | 0,39 | 0,22 | 0,37 | 0,4 |

Проведенный анализ показал, что наибольший коэффициент корреляции отмечается при анализе уровня грунтовых вод, осадков и влажности. В целом расчеты показали незначительное влияние климатических факторов в формировании уровня грунтовых вод. Низкая теснота связей уровня грунтовых вод с метеорологическими элементами не означает отсутствия этих связей, а свидетельствует о большом значении антропогенного фактора в формировании грунтовых вод.

Результаты проведенного анализа показали, что коэффициенты множественной корреляции изменяются от 0,01 до 0,77. Следует отметить, что коэффициенты отличаются более высокими значениями по сравнению с парными, а сезонные по сравнению с многолетними.

Анализ степени тесноты корреляционных связей уровней грунтовых вод с метеорологическими элементами выявил, что как прямые, так и обратные связи за один и тот же промежуток времени встречаются на всех участках. Низкая теснота связей уровня грунтовых вод с метеорологическими данными не означает отсутствия этих связей, а

свидетельствует о том, что нельзя пытаться объяснить все изменения, наблюдаемые в режиме грунтовых вод, влиянием метеорологических факторов. Весовое значение перечисленных факторов от 10,5 до 63,31%.

Сезонная динамика уровня грунтовых вод не носит ярко выраженный циклический характер с высоким положением уровня в начале теплого периода и низким – в холодный, в отличие от ст. Вешенской или г. Морозовска [5; 6].

В целом минимальная глубина залегания уровня грунтовых вод отмечается в мае - июле, максимальная – в ноябре. Амплитуда колебаний составляет 0,64-1,09 м. Год начинается с низкого стояния грунтовых вод (рис. 3). В апреле достигается минимум, после небольшого спада в мае наблюдается минимальная глубина залегания грунтовых вод в июне - июле, после чего происходит постепенный спад с максимальной глубиной залегания в ноябре - январе. В среднем сезонное колебание уровня грунтовых вод составляет около 1 м.

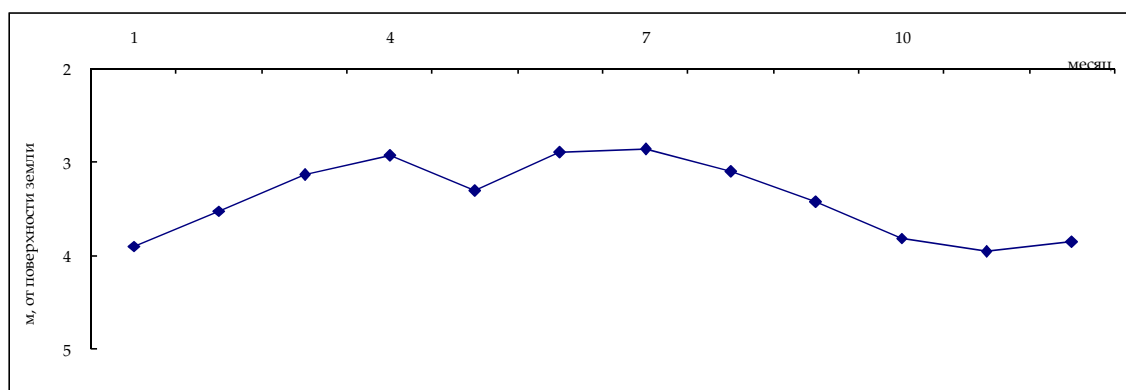


Рис. 3. Изменение уровня грунтовых вод по данным скв. 17

Для выявления особенностей многолетней изменчивости режима грунтовых вод целесообразно укрупнить масштаб представления данных – перейти от месячной к годовой дискретизации рядов. При таком масштабе рассмотрения значительно уменьшается влияние флуктуаций, продолжительность циклов которых не превышает года.

Наблюдения за уровнями грунтовых вод в городе ведутся с 1986 по 2000 г. (рис. 4). Наименьшее значение уровня грунтовых вод составляет 18,2 м в 1986 г., а наибольшее – 16,83 м в 2000 г. Следует отметить поступательный характер повышения уровня грунтовых вод. Отмечаются некоторые периоды стабилизации уровня грунтовых вод в 1988–1990, 1994–1996 гг. [5; 6].

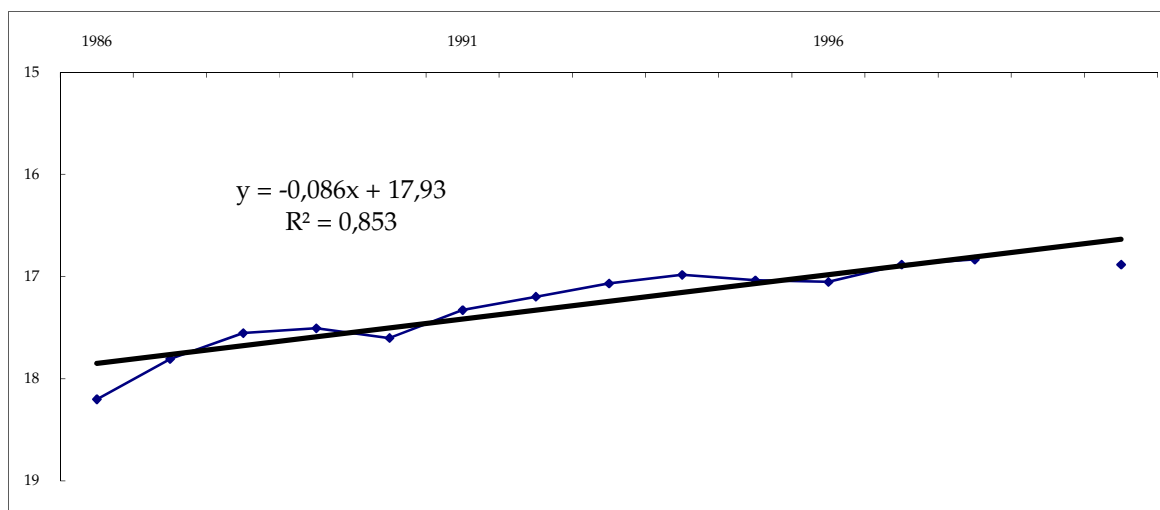


Рис. 4. Динамика изменения уровня грунтовых вод в г. Ростове-на-Дону, скв. 17

Данная ситуация объясняется ведущим влиянием техногенных факторов в повышении уровня грунтовых вод.

Таким образом, динамика временных изменений грунтовых вод в восточной части города носит характер многолетнего повышения уровня, что связано не столько с метеорологическими факторами, сколько с техногенным влиянием: нарушенные условия формирования поверхностного стока; инфильтрационная утечка технологических вод, промышленных и хозяйственно-бытовых стоков; полив зеленых насаждений; барражный эффект.

Территории северных и восточных районов города относятся к подтопленным. Здесь наблюдается постепенный подъем уровня грунтовых вод под действием искусственных и естественных факторов. Вследствие господства факторов, благоприятствующих развитию подтопления, на выделенных территориях сформировался купол подземных вод на региональном водоупоре, и, следовательно, с этим и связано формирование техногенного горизонта грунтовых вод. Это приводит к просадке грунтов и возможной деформации и разрушению зданий, что и наблюдается в этих районах.

Выводы. В естественных, слабо нарушенных условиях доля метеорологического фактора в формировании уровня грунтовых вод составляет 60–80%, при этом ведущее значение имеет относительная влажность и испаряемость. В г. Ростове-на-Дону ведущую роль в изменчивости уровня грунтовых вод играет фактор, обусловленный техногенным воздействием, доля метеорологического влияния снижается с 80 до 20%.

Динамика временных изменений грунтовых вод в городе Ростове-на-Дону носит характер многолетнего повышения уровня, что связано не столько с метеорологическими факторами, сколько с техногенным влиянием: инфильтрационной утечкой технологических вод,

промышленных и хозяйственно-бытовых стоков; поливом зеленых насаждений; барражным эффектом.

По мере увеличения антропогенного давления на территорию роль метеорологической составляющей в формировании уровня грунтовых вод уменьшается.

Использование родниковых вод в хозяйственно-питьевых целях на территории города не представляется целесообразным ввиду отсутствия мониторинга и высокой степени загрязнения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-00420, НШ-5658.2012.5, Г/К № 14.А18.21.0641, 213.01-24/2013-88.

Список литературы

1. Долгов С.В. Влияние метеорологических факторов на многолетнюю изменчивость подземного стока в реки бассейна Волги // Известия АН. Серия географическая. – 1998. - № 1. - С. 102 – 110.
2. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Географо-гидрологическое изучение зоны аэрации // Известия АН. Серия географическая. - 1999. - № 2. - С. 17-30.
3. Ковалевский В.С., Клиге Р.К. Изменения гидрогеологических условий под влиянием глобального потепления // Вестник Московского университета. - Сер. 5. География. - 2003. - № 3. - С. 10 – 17.
4. Назаренко О.В. Геоэкологическое состояние родников Ростова-на-Дону // Геоэкология. - 2002. - № 4. - С. 347 – 352.
5. Назаренко О.В. Анализ временных рядов уровней грунтовых вод в Ростовской области // Школа экологической геологии и рационального недропользования. – СПб., 2004. - С. 256-258.
6. Назаренко О.В. К вопросу о влиянии климатических факторов на грунтовые воды Доно-Донецкого бассейна во второй половине XX столетия // Водные ресурсы. – 2006. - Т. 33, № 4. – С. 327 – 337.
7. Природа Ростова-на-Дону. – Ростов н/Д. : РГУ, 1999. – 264 с.

Рецензенты:

Сианисян Э.С., д.г.-м.н., профессор, директор НИИ проблем углеводородного сырья, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.

Беспалова Л.А., д.г.н., профессор ЮНЦ РАН, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.