

ДИНАМИКА УРОВНЕВОГО РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД, ЗАЛЕГАЮЩИХ В ПРЕДЕЛАХ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

О. В. Котович

Дніпропетровський національний університет

**ДИНАМІКА РІВНЕВОГО РЕЖИМУ ҐРУНТОВИХ ВОД, ЯКІ ЗАЛЯГАЮТЬ
У МЕЖАХ ТЕРИТОРІЙ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ, ЩО ПІДРОБЛЯЮТЬСЯ**

Розглянуто рівневий режим ґрунтових вод і його зв'язок з кліматичними факторами. Проведено статистичний аналіз даних. Запропоновано шляхи подальших досліджень.

Ключові слова: рівень ґрунтових вод, просадка, кліматичні ознаки, випаровування, конденсація.

A. V. Kotovich

Dnipropetrovsk National University

**DYNAMICS OF THE GROUNDWATER LEVEL IN CASE OF THE ANTHROPOGENIC SOILS
OF WESTERN DONBASS**

The mode of ground waters and its correlation with climatic factors are considered. The statistical analysis of the data is carried. The paths of further researches are offered.

Key words: a groundwater level, climatic factors, evaporation, condensation.

Как известно, безлесье степей является характерным признаком степного ландшафта. Однако и здесь встречаются отдельные местообитания, характеризующиеся повышенной лесоспособностью и дающие приют естественным лесным сообществам (Бельгард, 1971).

Подобные островки лесной растительности в степной зоне в основном приурочены к долинам рек и балкам. Одним из самых южных лесных массивов степной зоны Украины является Новомосковский бор, на восточной оконечности которого, близ города Павлограда, расположено урочище «Павлоградские пески».

Здесь благодаря дополнительным источникам увлажнения формируются лесорастительные условия, при которых недостаток влаги восполняется ґрунтовыми водами. В результате этого корнеобитаемый слой почвы увлажняется на столько, что этого хватает для надежного возобновления древесной растительности.

Высокие темпы подработки угольных пластов, залегающих в Западном Донбассе, сопровождаются такими негативными процессами, как оседание дневной поверхности. Подобные явления могут нарушить сложившийся здесь режим ґрунтовых вод, вследствие чего наблюдается выход на поверхность ґрунтовых и высокоминерализованных шахтных вод. Вместе с тем отмечаются противоположные процессы, связанные с падением уровня ґрунтовых вод ниже корнеобитаемой зоны. Все это предопределяет значительные изменения гидробиогеоценологического комплекса и, как следствие, деградацию лесных экосистем.

В сложившихся условиях наиболее информативным показателем состояния гидрологических условий региона является режим ґрунтовых вод, который отражает порядок изменения во времени количества и качества этих вод в конкретной природной и водохозяйственной обстановке, а также их баланс, который, в свою очередь количественно выражает комплексный процесс формирования ґрунтовых вод (Лебедев, 1989).

УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Гидрогеологический комплекс Западного Донбасса характеризуется чередованием гидравлически связанных водоносных горизонтов и комплексов со слабопроницаемыми слоями в отложениях от четвертичного до каменноугольного возраста (Пасечный, 1977).

Грунтовые воды (ГВ), залегающие в пределах лесного массива «Павлоградские пески», относятся к зоне свободного водообмена и находятся под влиянием эрозионного вреза местной гидрографической сети, где региональным базисом стока грунтовых вод является русло р. Самары. Глубина залегания грунтовых вод составляет 2–4 м.

Водоносный горизонт приурочен к аллювиальным отложениям р. Самары, представленных кварцевыми, мелко- и тонкозернистыми песками. Мощность обводненной части аллювия составляет 3–8 м. Отложения залегают на породах палеогена. Водоносный горизонт – безнапорный, гидравлически взаимосвязан с русловыми водами и водами нижележащих горизонтов.

В геоморфологическом отношении описываемый участок находится в пределах второй песчаной террасы, которая возвышается над р. Самарой на 8–10 м.

Метеорологические условия предшествующего года являются одним из основных факторов, которые влияют на формирование режима грунтовых вод и состояние ресурсов подземных вод в целом.

Годовая сумма осадков в 2006 году в пределах описываемой территории была близка к норме и составила 478 мм (P=58 %). Среднегодовая температура воздуха была выше нормы на 0,23–0,43 °С (P=30–47 %). Количество осадков осенне-зимнего периода 2006 года и января 2007 года на описываемой территории было близко или незначительно меньше нормы (P=51–83 %). В разрезе месяцев более всего осадков – 69,5–49,5 мм выпало в летние месяцы 2006 года (май, июнь, август) и в январе, июне 2007 года – 54,34–61,9 мм соответственно.

Средняя температура осенне-зимнего периода была значительно выше нормы и практически во многих случаях равнялась многолетнему максимуму (P=5–31 %, +1,4 °С +14,3 °С). Наиболее высокая температура наблюдалась в июле и августе +20,8 °С +22,2 °С, наименее низкая – в январе и феврале 2006 года –6,8 °С –8,8 °С.

Согласно метеорологическим данным 2006 год с учетом января 2007 года в пределах описываемой территории характеризовался как год средней водности в сторону низкой. Погодные условия осенне-зимнего периода 2006 года и января 2007 года были неблагоприятные для пополнения запасов грунтовых вод (Савицкий, 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

До периода соответствующего начала подработки угольных пластов (2004 г.), согласно данным по уровневому режиму грунтовых вод в районе скважин № 310 и 309а за 1994–1997 гг., тип режима грунтовых вод характеризовался как установившийся, компенсированный – циклический (рис. 1), при этом суммарный ежегодный приток грунтовых вод компенсировался суммарным ежегодным расходом и описывался равенством

$$I = Q. \quad (1)$$

Детализируя приходные и расходные статьи в общем балансе грунтовых вод, можно выделить подтип, компенсированный подземным стоком ($Q_1=Q_2$), физической и физиологической транспирацией. Однако, как отмечает ряд исследователей (Молчанов, 1952; Островский, 1979), на песчаных грунтах физическое испарение прекращается с глубины 1,2 м. Кроме того, в случае увеличения общей минерализации грунтовых вод до 3 мг/дм³ потребление растительностью влаги может значительно снизиться, что повлечет за собой изменения видового состава растительности.

Процессы, способные привести к существенному увеличению общей минерализации грунтовых вод, вполне допустимы, если засоленные воды солонцово-солончакового комплекса (8–12 г/дм³) в результате его просадки изменят свой поток в сторону второй песчаной террасы. Ниже приведены усредненные показатели химического состава грунтовых вод второй террасы в районе описываемого участка (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что грунтовые воды по ионному составу характеризуются гидрокарбонатным классом, кальциево-магниевого первого типа, по степени минерализации относятся к категории пресных вод (классификация О. А. Алекина, 1954). В целом отмечаемые показатели, изменяясь количественно, соотношение ос-

новных ионов не меняют и не превышают аналогичные показатели в грунтовых водах арены в районах, где подработки угольных пластов не ведутся (с. Кочережки, Павлоградский р-н, с. Андреевка, Новомосковский р-н). Данный факт свидетельствует об отсутствии на момент проведения исследований притока грунтовых вод со стороны солонцово-солончакового комплекса.

Таблица 1

Содержание основных ионов в грунтовых водах второй террасы р. Самары (мг/дм³)

Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Жесткость общая, мг-экв дм ³	Сухой остаток
16,03	3,24	28,1	52,8	6,6	19,0	0,7	119

Исходя из вышесказанного, можно допустить участие в водном питании древесной растительности грунтовых вод, при этом равенство (1) принимает вид

$$I = Q_{gw} + Q_t \quad (2)$$

Исследования уровня режима грунтовых вод в течение ряда лет, предшествующих периоду подработки угольных пластов, показали, что осредненный годовой ход уровня грунтовых вод (УГВ) в пределах отмечаемых скважин имел плавный характер (рис.1), наблюдаемая при этом сезонная динамика УГВ была обусловлена различиями метеорологических условий. Максимальных значений УГВ достигал в марте–апреле, минимальных – в октябре, при этом амплитуда колебаний УГВ составляла 0,77–0,94 м (скважины № 310, 309а).

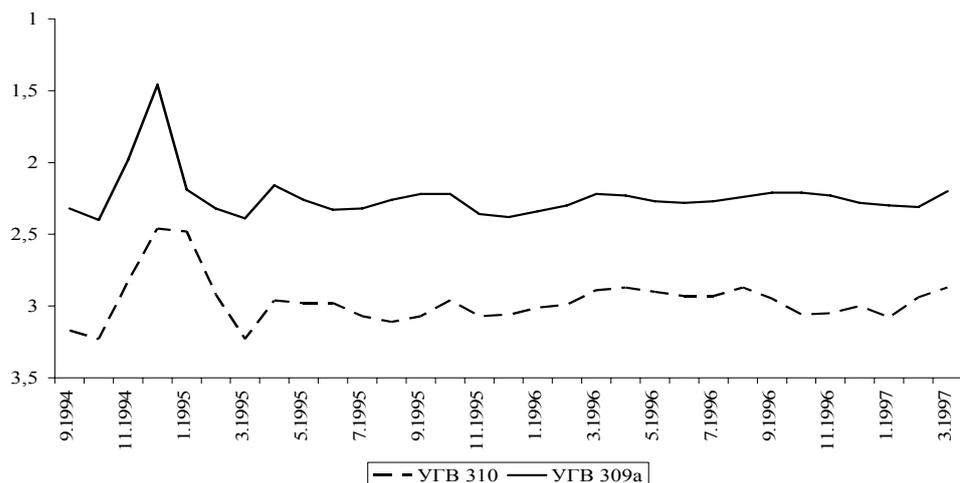


Рис. 1. Изменения уровня грунтовых вод в скважинах до начала подработки

В марте 2007 года наметилась тенденция к устойчивому снижению УГВ (рис. 2). Анализируя изменения УГВ в скважинах № 309а, 309б и 310 – находящихся над лавами № 409, 410, 412, следует отметить, что уровень грунтовых вод в рассматриваемый период находился в постоянной динамике при общем снижении. Интенсивный спад уровня, начавшийся в апреле, продолжался до июля, после чего наступила относительная его стабилизация с тенденцией к постепенному понижению, которая продолжалась до ноября. С начала третьей декады ноября начался медленный подъем УГВ, что было вызвано уменьшением расходов влаги из зоны аэрации на суммарное испарение.

Изменение уровня режима грунтовых вод, наблюдаемое в условиях ненарушенных природных биоценозов, со схожими почвенно-грунтовыми условиями близ села Кочережки Павлоградского района (скважина № 216 – аQ), в целом имеет схожий характер, (рис. 2), однако при этом спад УГВ, в отличие от аналогичных процессов в скважинах № 309а, 309б и 310, имел несколько запоздалый характер и был приурочен к третьей декаде апреля, отставая при этом более чем на месяц.

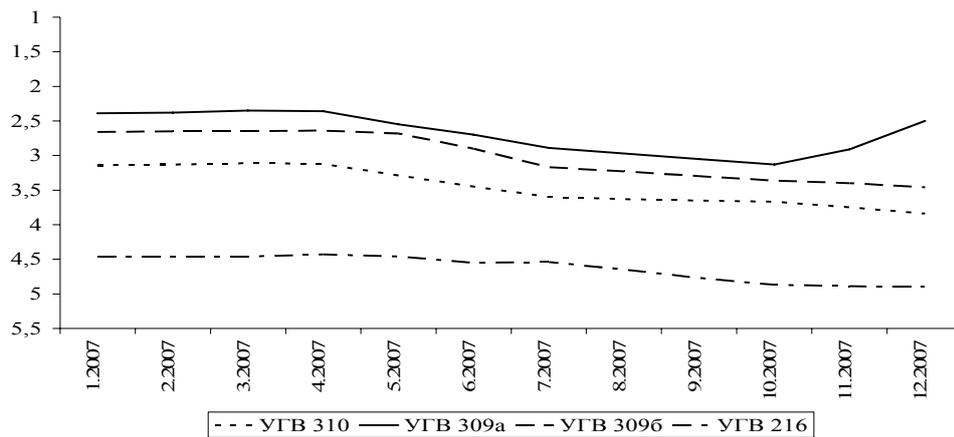


Рис. 2. Динамика УГВ в скважинах в 2007 г.

Следует отметить, что лесистость территории в районе расположения скважины № 216 составляет 65 %, это более чем в 1,9 раза превышает аналогичный показатель территории в районе расположения скважин № 309а, 309б и 310. В этом случае расходы на транспирацию могут существенно отличаться от аналогичных показателей в районе урочища «Павлоградские пески».

Так как скважины, в которых проводились замеры УГВ, находились не в параллельном створе потока, а в перпендикулярном, то для характеристики величины восполнения запасов грунтовых вод мы использовали приближенный метод оценки элементов баланса ГВ для неограниченного потока по режимным данным в одиночных скважинах (Лебедев, 1989), используя данные УГВ, полученные в наиболее репрезентативной скважине № 309б. При этом использовали формулу

$$w\Delta t = \mu\Delta H, \quad (3)$$

где w – интенсивность питания ГВ с положительным или отрицательным знаком; Δt – промежуток времени, в течение которого проводились исследования; μ – коэффициент гравитационной водоотдачи или недостатка насыщения основания пород зоны аэрации; ΔH – изменение УГВ, мм. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет величины приращения питания грунтовых вод

Период 2007 г.	t , сут.	μ	w , мм сут.	Период 2007 г.	t , сут.	μ	w , мм сут.
1. I–30.I	30	0,17	0,06	3. VII–29. VII	26	0,15	-0,87
1. II–29. II	29	0,15	0,05	1. IX–27. IX	26	0,16	-0,18
2. III–30. III	28	0,17	0,12	2. IX–28. IX	26	0,15	-0,12
1. IV–30. IV	30	0,16	-0,05	1. X–30. X	30	0,16	-0,11
2. V–29. V	27	0,16	-1,01	2. XI–29. XI	27	0,16	-0,47
1. VI–30. VI	30	0,16	-0,85	1. XII–29. XII	28	0,15	-0,48

Как показали наши расчеты, баланс ГВ находился в отрицательной динамике начиная с конца марта 2007 г. При этом наибольших своих величин достиг в мае – июле этого года, что было обусловлено комплексом климатических факторов, опосредованно либо напрямую связанных с балансом ГВ. выпадающие осадки полностью перехватывались зоной аэрации, не достигая УГВ, и расходовались на физическую и физиологическую транспирацию. Пополнение происходило в основном из нижележащего бучакского водоносного комплекса. Расходная часть баланса ГВ формировалась под воздействием горизонтального стока, температуры и дефицита влажности воздуха, показатели последних достигли максимальных значений в мае – июле. В связи с этим значительный интерес представляют данные статистических

расчетов, позволяющие определить наиболее значимые факторы, влияющие на баланс ГВ, а также их комплексное воздействие.

Основные статистические параметры представлены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты взаимной (скважины № 310, 309а, 309б) и частичной (скважина № 216) корреляции в регрессионной модели климатических факторов и уровня грунтовых вод

Климатические факторы	№ скважины						Взаимосвязь между группой факторов и группой скважин
	309б	310	309а	216			
T ₂	0,86	0,83	0,97	T ₂	0,88	1,15126	
D ₂	0,73	0,70	0,95	D ₁	0,71	0,14184	
O ₂	0,11	0,03	0,12	O ₃	0,48	0,10297	

Примечание. Использованы следующие сокращения: Т – температура воздуха, °С; D – дефицит влажности воздуха, миллибары; O – количество осадков, мм. Нижний индекс обозначает смещение в месяцах УГВ к климатическим факторам. Жирным шрифтом выделены коэффициенты взаимной корреляции с уровнем значимости $p < 0,05$.

Проведенный статистический анализ показал, что наиболее значимые значения между УГВ и климатическими показателями наблюдаются при временном смещении режимных данных УГВ на два месяца вперед. Установленная связь наиболее достоверна между УГВ и температурой окружающего воздуха, что в реальности отражает расходные величины ГВ на транспирацию при равенстве горизонтального оттока и притока ГВ ($Q_1 = Q_2$).

Взаимосвязь рассматриваемых климатических показателей и УГВ при устойчивом снижении в скважинах № 309б, 310, 309а, (S_1, S_2, S_3 соответственно) описывается уравнением канонической корреляции

$$-0,73S_3 - 0,04S_2 - 0,27S_1 = -1,15T_{2-2} + 0,14D_{2-2} + 0,1O_{2-2} \quad (4)$$

при коэффициенте канонической корреляции $K = 0,98$ и при $p = 0,0002$.

Исходя из коэффициентов левой части уравнения, можно заключить, что наиболее информативными скважинами, характеризующими состояние ресурсов грунтовых вод в пределах исследуемой территории, являются скважины № 309б и 309а.

По скважине № 216 подобный процесс описывается уравнением линейной регрессии и имеет вид

$$УГВ = 1,197T_{2-2} - 0,03D_{1-1} + 0,25O_{3-3} \quad (5)$$

при коэффициенте детерминации $K = 0,97$ и при $p = 0,00003$.

ВЫВОДЫ

Изменение уровня режима грунтовых вод в пределах рассматриваемой территории было обусловлено комплексом естественных режимобразующих факторов.

Закономерности изменения уровня режима грунтовых вод находятся в тесной взаимосвязи с климатическими показателями.

В числе рассмотренных климатических показателей наиболее значимое воздействие на режим грунтовых вод оказывает температура, под влиянием которой происходят процессы физической и физиологической транспирации.

Влияние климатических показателей при среднем уровне залегания грунтовых вод 2–3,5 м и зоной аэрации, сложенной песчаными грунтами, сказывается с запозданием в 60 суток.

При уровне залегания грунтовых вод 3,5–6 м с аналогичными почвенными и геоморфологическими условиями влияние рассмотренных компонентов не столь однозначно. Это проявляется прежде всего в смещении эффекта воздействия дефицита влажности воздуха на 90 суток по отношению к аналогичным процессам, форми-

рующимся в зоне менее глубокого залегания грунтовых вод. Влияние же осадков здесь еще менее значимо в общем балансе ГВ, что вполне согласуется с мощностью зоны аэрации.

Многолетняя и внутригодовая тенденция в режиме грунтовых вод отражает общую направленность, формирующуюся под воздействием естественных и искусственных факторов, разделение которых представляет значительную сложность. Вместе с тем какие бы причины не вызывали качественные и количественные изменения водных ресурсов, их учет необходим для планирования мероприятий, связанных с угледобычей и охраной окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О. А.** Химический анализ вод суши. – Л., 1954. – 199 с.
- Балалаев А. К.** Изучение влияния абиотических факторов на режим грунтовых вод в условиях степной зоны Левобережной Украины / А. К. Балалаев, А. В. Котович // Экологія та ноосферологія. – 2003. – Т. 14, № 3-4. – С. 62-72.
- Бельгард А. Л.** Степное лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 335 с.
- Константинов А. Р.** Испарение в природе. – Л.: Гидрометеоздат, 1963. – 590 с.
- Котович А. В.** Мониторинговые исследования уровней и химизма грунтовых вод в границах Присамарского биосферного стационара // Грунтознавство. – 2002. – Т. 2, № 1-2. – С. 114-117.
- Лебедев А. В.** Оценка баланса подземных вод. – М.: Недра 1989. – 174 с.
- Молчанов А. А.** Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах. – М.: АН СССР, 1952. – С. 383-467.
- Островский В. Н.** К методике расчета испарения грунтовых вод // Водные ресурсы. – 1979. – № 3. – С. 77-82.
- Савицький С. І.** Прогноз екстремальних положень рівня грунтових вод на 2007 рік та передвесняного мінімального рівня 2008 року на території Дніпропетровської області / С. І. Савицький, В. М. Зеленина // Інформаційний звіт з моніторингу підземних вод Дніпропетровської області за 2006 р.
- Травлев Л. П.** К вопросу количественной оценки гигротопов с помощью локальных коэффициентов увлажнения // Вопросы биологической диагностики лесных биогеоценозов Присамарья. – Д.: ДГУ, 1980. – С. 50-64.
- Травлев Л. П.** Условия формирования, глубина залегания и химизм грунтовых вод Присамарья // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1977. – С. 54-63.
- Физическая география** Днепропетровской области / Под общ. ред. Г. В. Пасечного. – Д.: ДГУ, 1977. – С. 18-21.

Надійшла до редколегії 14.03.08