

УДК 622:504.3 + 556.3

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ВОРОНОК ДЕПРЕССИИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ПАЛЕОГЕНА ПОД ВЛИЯНИЕМ ШАХТООСУШЕНИЯ И ВОДОЗАБОРА (ЗАПАДНЫЙ ДОНБАСС)

Дьяченко Н. А.

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Вивчено особливості формування регіональних лійок депресії у еоцен-олігоценових відкладах у межах гірничих відведень шахт Західного Донбасу, встановлено характер зміни п'єзометричного рівню водоносного комплексу відкладів бучацької та обухівської світ палеогенової системи під впливом шахтоосушення й водозабірних заходів.

The nature of forming regional cones of influence in Eocene-Oligocene deposits within mining allotments in West Donets Coal Basin is studied. Changes in piezometric level of water-bearing complex of Buchatska and Obukhivska series of Palaeogene system under the impact of mine-drying and water-intake measures are determined.

Введение. В последние десятилетия уровень техногенного воздействия на геологическую среду, связанный с освоением полезных ископаемых, приобретает все более масштабный характер. Наиболее чувствительным индикатором техногенной трансформации геологической среды, как правило, являются гидрогеологические условия, которые в силу значительной динамичности подземных вод весьма быстро откликаются на процессы реформирования фильтрационной структуры массива горных пород, связанные с добычей полезных ископаемых, в частности, каменного угля.

Анализ материалов ранее проведенных исследований [1-4]

позволяет сделать выводы, что отрицательные воздействия техногенного характера при подземной разработке угольных месторождений приводят:

- к истощению водоносных горизонтов, подвергаемых дренированию, ухудшению условий их питания и снижению уровня подземных вод;

- к образованию депрессионных воронок в водоносных горизонтах;

- к нарушению режима питания небольших рек, озер и подземных водоносных горизонтов;

- к загрязнению воды в дренируемых реках, озерах и подземных водах, используемых для питьевого водоснабжения.

Более того, исследования последних десятилетий [5-8] свидетельствуют о влиянии интенсивного отбора (откачки) подземных вод на деформации земной поверхности. Особенно остро эта проблема стоит на урбанизированных территориях Западного Донбасса, где зачастую возникает вопрос о возможности просадки земной поверхности под домостроениями в связи с понижением пьезометрических уровней подземных вод.

Наиболее широко распространены оседания на тех территориях, где подземные воды заключены в хорошо проницаемых песчано-гравелистых породах с небольшой сжимаемостью, которые переслаиваются с глинистыми слабопроницаемыми, но хорошо сжимаемыми отложениями. При откачке снижается напор подземных вод, что увеличивает эффективное давление на скелет грунта и приводит к уплотнению сжимаемых отложений, и как следствие - к оседанию земной поверхности [6]. В зависимости от характера отложений уплотнение пород может быть: преимущественно упругим, восстанавливающимся при подъеме уровня, преимущественно пластическим, приводящим к необратимой перестройке структуры отложений.

Согласно КД [9] деформацию водонасыщенного массива горных пород определяют изменением эффективных давлений на скелет при снижении напоров (ΔH) в водоносном напорном пласте и при снижении уровней (Δh) безнапорных водоносных горизонтов. При этом, в максимальной степени уплотнению подвержены отложения песчано-глинистого состава, представленные

чередованием водоносных пластов и относительных водоупоров. По данным [7] основная часть оседания поверхности связана с уплотнением слабопроницаемых глинистых отложений. Наибольшие осадки дают молодые по возрасту рыхлые, гидрофильные и водонасыщенные отложения, представленные глинистыми, суглинистыми и сапропелевыми породами. Процесс уплотнения происходит медленно у вязких и менее водопроницаемых глин. В случае переслаивания последних с песчаными или гравийно-галечными породами, которые мало сжимаются, но способствуют быстрому дренированию толщи при эксплуатации, ускоряет процесс оседания [8]. Породы с высоким структурным сцеплением (песчаники, известняки) практически несжимаемы и осадок не дают. Снятие взвешивающего гидростатического давления воды приводит к изменению давления на пласт и возрастанию эффективного давления слоев, что вызывает уплотнение рыхлых пород и приводит к оседанию земной поверхности [6]. Например, при увеличении понижения уровня от 10 до 100 м давление на скелет породы может возрасти примерно в 10 раз (от 0,08 до 0,8 МПа) [8].

Так как интенсивность процесса оседания земной поверхности зависит от: степени дренированности; состава и мощности сжимаемых толщ; разности напорных градиентов, то величины оседаний на различных территориях могут весьма отличаться. Учитывая это, в каждом конкретном случае необходимо использовать: достоверную гидрогеологическую информацию об изменении уровня режима подземных вод, геологическую информацию о составе и мощности отложений и особенностях геологических условий, обуславливающих формирование гидравлической связи дренируемых отложений на конкретном участке, особенно, в условиях урбанизированных территорий.

Одна из немногих территорий угледобычи, на площади которой проводятся многолетние работы по ведению режимных гидрогеологических наблюдений [10] за уровнем и гидрохимическим режимом подземных вод по сети наблюдательных скважин – Западный углепромышленный район Донбасса.

Добыча каменного угля на территории Западного Донбасса ведется с 1959 г (шахта Терновская). Впоследствии с 1963 г по

1975 г в эксплуатацию были введены еще 10 угольных шахт. В настоящее время отработка угольных запасов производится 10 шахтами. Основная часть осваиваемых угольных запасов находится под поймой и надпойменными террасами р. Самара на глубинах 120-360 м от поверхности земли.

На рассматриваемой территории помимо шахт функционирует сеть водозаборных сооружений (Вербский, Светлогорский, Павлоградский, Самарский, Терновский, Первомайский и др.). Эксплуатация последних (эксплуатируются воды бучакской и киевской свит), сопровождается развитием региональных депрессий подземных вод.

Именно на данной территории, по всей видимости, вследствие длительной разработки угольных пластов произошло техногенное переформирование исходного стационарного гидрогеологического режима водоносных горизонтов, которое может оказывать влияние на экологическое состояние региона, в т.ч. на оседание земной поверхности урбанизированной территории в результате откачек подземных вод.

Особенности физико-географической характеристики и геологического строения участка исследований. Территория расположена в пределах южной окраины Восточно-Европейской равнины и представляет собой волнистую равнину, расчлененную долинами рек Самары и ее притоками – Волчьей, Терновки, Быка и овражно-балочной сетью. Наблюдается значительная расчлененность рельефа меандрами р. Самара и наличие большого количества пойменных озер-стариц. Абсолютные отметки поверхности варьируют от +60,0 м до +210 м. Территория относится к зоне неустойчивого увлажнения.

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие породы докембрийского фундамента, перекрытые мощным комплексом осадочных продуктивных отложений нижнего и среднего карбона, триаса, юры, палеогена, неогена и четвертичного возраста.

Отложения четвертичной системы (Q) развиты повсеместно и представлены суглинками и глинами (на водораздельных участках) и различными по зернистости аллювиальными песками (в долинах рек). На водоразделах залегают эолово-делювиальные

лессовидные суглинки. В старицах формируется особый тип аллювиальных отложений — старичный аллювий, который слагается преимущественно илами, глинами и илистыми песками. Мощность отложений достаточно невыдержанна. Например, в районе с. Самарское (горный отвод ш. Самарская) мощность четвертичных образований 15,0-33,6 м, в районе х. Тельмана (горный отвод ш. Днепровская) - 15,0-32,0 м, в районе с. Вербки (горный отвод ш. Благодатная) – 5,0-5,0 м.

Отложения неогеновой системы (N) развиты в пределах водораздельных плато, их склонов и склонов речных долин. На значительной части территории отложения размыты. Представлены тонкозернистыми кварцевыми песками и плотными глинами полтавской свиты. Водосодержащие пески обладают незначительной водообильностью.

Отложения палеогена (Pg) имеют повсеместное распространение, представлены олигоцен-эоценовыми отложениями бучакской, киевской и межигорской свит, а на водораздельных участках – отложениями берекской свиты. Литологически породы представлены разнозернистыми песками, песчаниками, мергелями и глинами, не имеющими выдержанного распространения, как в плане, так и в разрезе. Исключение составляют пески бучакской свиты, которые отсутствуют лишь на стыке ДДВ и Украинского кристаллического массива. Например, в пределах горного отвода ш. Самарская по скважине № 13047 – палеогеновые отложения до глубины 60,0 м представлены песчаником в интервале 30,0-45,0 м и кварцевыми бучакскими песками в интервале 45,0-60,0 м; по скважине № 3290 – палеогеновые отложения до глубины 61,15 м представлены глауконитовым песчаником харьковским в интервале 30,6-45,0 м и кварцевыми бучакскими песками в интервале 45,0 - 61,15 м. Палеогеновые отложения (киевско-харьковская и бучакская свиты) на территории х. Тельмана (ш. Днепровская), представлены мелкозернистыми песками и слабосцементированными песчаниками (общая мощность 60-76 м). Наибольшей водообильностью отличается бучакско-обуховский водоносный комплекс.

На размытой поверхности карбона с эрозионным перерывом и небольшим угловым несогласием на полях шахт им. Героев

космоса, Благодатная, Павлоградская и Западно-Донбасская непосредственно под отложениями палеогена залегают мезозойские отложения юрского и триасового возраста. Юрские отложения представлены песчаником темно-зеленым, крепким пиритизированным с обломками фауны и гальки кремня, мощностью от 4,5 м (ш. Благодатная, скв. № 4672) до 17,1 м (ш. Благодатная, скв. № 4675). Триасовые – пестроцветная толща континентальных песчано-глинистых отложений, в частности песчаник кварцевый зеленовато-серый с прослоями глины, глина зеленовато-серая с прослоями песчаника. Характерно отсутствие литологически выдержанных горизонтов.

Питание водоносных горизонтов четвертичных, палеогеновых и мезозойских отложений осуществляется за счет атмосферных осадков, в период паводков – за счет поверхностных вод речной сети, а так же подтока со стороны Украинского кристаллического массива. Связь с нижезалегающими водоносными горизонтами осуществляется путем перетока подземных вод одного водоносного комплекса в другой. Породы образуют сложную систему этажно-расположенных водоносных горизонтов и комплексов, число которых на отдельных участках достигает 10 и более. Общая мощность обводненных пород изменяется от 20-60 м до сотен метров, увеличиваясь с погружением к оси ДДВ. Вследствие отсутствия совершенных водоупоров между водоносными горизонтами мезокайнозоя существует в различной степени активная гидравлическая связь.

Мощность вскрытых палеозойских каменноугольных отложений увеличивается в северо-восточном направлении, приурочена к Самарской свите нижнего отдела карбона (C_1^3) и достигает 480 м (между маркирующими известняками C_1 и C_5).

Обводненная толща мезокайнозойских пород гидравлически связана с водоносным комплексом нижнекаменноугольных отложений и находится с ними в непрерывном взаимодействии. Это подтверждается близким положением пьезометрических уровней, общим направлением потока различных горизонтов с постепенным изменением химического состава вод с глубиной.

Согласно типизации геологических условий, обуславливающих формирование гидравлической связи посткарбоновых и

карбонových отложений, шахтные поля Западного Донбасса делятся на:

- поля «открытого» типа (Першотравнева, Степная, Юбилейная, Сташкова), когда горизонты зоны дренирования имеют гидравлическую связь с водами посткарбонových отложений ;

- поля «полуоткрытого» типа (Благодатная, Павлоградская, терновская, Самарская, Днепровская), когда горизонты зоны дренирования имеют гидравлическую связь с водами посткарбонových отложений в пределах локальной части шахтного поля;

- поля «закрытого типа», в пределах которых угольные пласты не имеют гидравлической связи с посткарбонowymi отложениями (им. Героев Космоса и Западно-Донбасская).

С течением времени отдельные шахтные поля при переходе к отработке угольных пластов в бремсберговую или уклонную часть, характеризующиеся различными гидродинамическими условиями, изменяют свой «тип».

Следует учесть, что типизация горных отводов по структурно-тектоническим факторам, которые определяют положение отработываемых угольных пластов по отношению к вышележащим покровным отложениям, позволяет условно объединить горные отводы в центральную и восточную группы. Центральная группа – пласты «закрытого» и «полуоткрытого» типа, восточная группа шахт отработывает угольные пласты «открытого» типа.

Результаты исследований. На территории исследования практический интерес с целью выявления особенностей формирования воронок депрессии представляют результаты натуральных гидрогеологических наблюдений в олигоцен-эоценовых отложениях бучакской, киевской, межигорской берекской свит, представленных песчано-глинистыми отложениями, которые могут быть подвержены уплотнению в связи с понижением уровня подземных вод в процессе добычи каменного угля.

Исходные данные - результаты натуральных гидрогеологических наблюдений по 28 гидронаблюдательным скважинам центральной группы шахт и 23 скважинам восточной группы шахт, оборудованные на бучакский, обуховский, межигорский и берекский водоносные горизонты [10]. Регулярные наблюдения по ведомственной сети скважин проводятся с 1989 г.

По данным [10] на исследуемой территории в условиях нарушенного водозаборными мероприятиями режима сформировалась обширная региональная депрессия (рис. 1), в области которой площади снижения уровня (относительно естественного) на величину более 27 м составили 585,7 га, от 13 м до 27 м – 5997 га, от 4 м до 13 м – 6166 га.

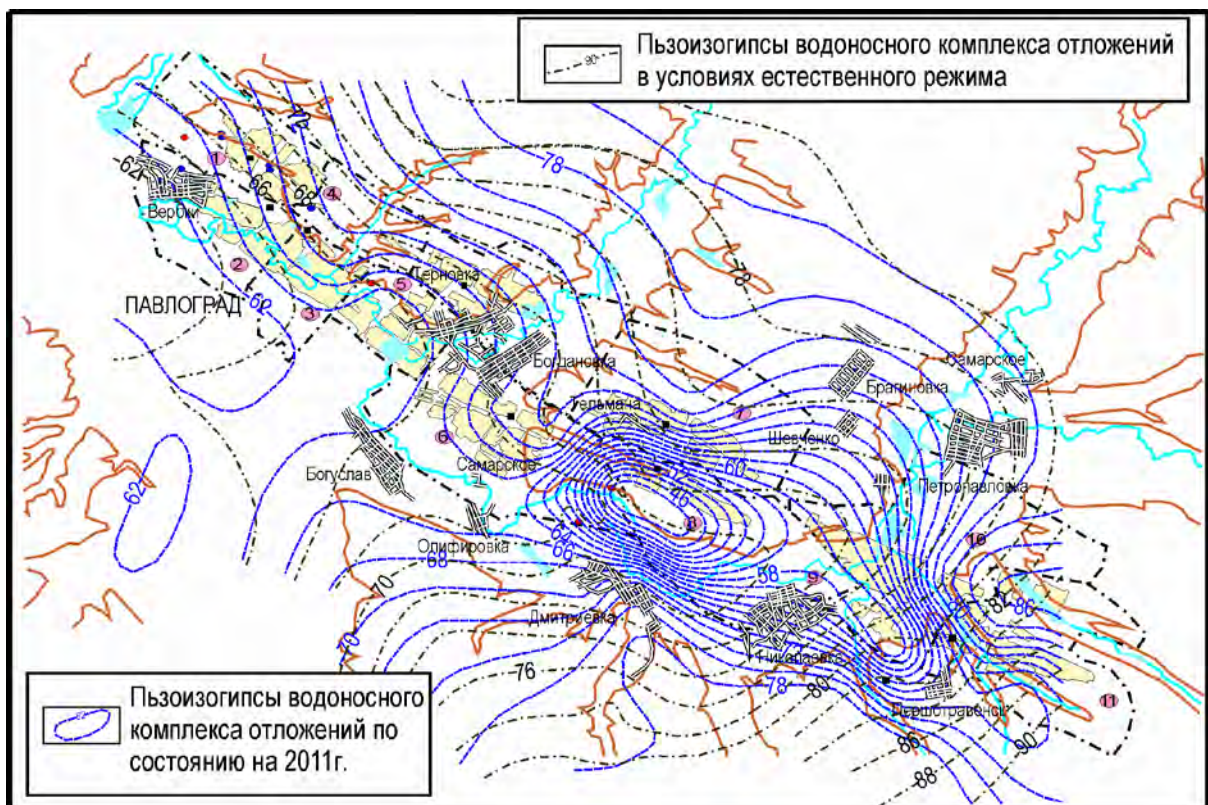


Рис. 1. Картограмма пьезоизогипс водоносного комплекса палеогеновой системы района исследований (в условиях естественного и нарушенного режима) [10]

На территории этой депрессионной воронки изменилось соотношение уровней воды основного и питающего водоносных комплексов, что, по всей видимости, вызвало интенсификацию процессов перетекания подземных вод из верхнего питающего в продуктивный водоносный комплекс.

Анализ результатов гидрогеологических наблюдений позволяет разграничить и оценить изменения уровня подземных вод в олигоцен-миоценовых и эоценовых отложениях палеогена

(рис. 2) посредством площадной интерполяции данных (изменение уровня за период более 20 лет).

Межигорский и берекский водоносные горизонты в пределах центральной группы шахт характеризуются устойчивой тенденцией к повышению уровня подземных вод. Исключение составляют локальные области снижения уровня в районе ш. Западно-Донбасская и на границе зон влияния шахт Благодатная – им. Героев Космоса. В то же время в бучакском, киевском и обуховском водоносных горизонтах на этих участках наблюдается повышение уровня подземных вод по сравнению с естественным.

Например, тенденция устойчивого подъема уровня за период с 1989 по 2011 гг. фиксируется на графике изменения уровня подземных вод в надугольном водоносном горизонте (по гидронаблюдательным скважинам № 47 и № 48, находящихся в пределах горного отвода шахты им. Героев Космоса (рис. 3). Выявленная тенденция наилучшим образом аппроксимируется уравнениями линейного тренда (см. рис. 3): Полученные в результате статистической обработки данных значения величины достоверности аппроксимации (0,92) и близкие по значениям величины скорости изменения уровня (0,29 и 0,31 м/год) указывают на то, что подъем уровня со скоростью 0,3 м/год обусловлен отсутствием гидравлической связи надугольных водоносных горизонтов с водоносным горизонтом угленосной толщи. Следовательно, влияние шахтоосушения на истощение водоносных горизонтов в пределах участка подработанной горными работами ш. им. Героев Космоса территории не наблюдается.

Локальное снижение уровня в олигоцен-миоценовых отложениях (до 0,5 м) фиксируется в районе северо-восточного окончания с. Вербки (поле ш. Благодатная). Повышение уровня в межигорском и берекском водоносных горизонтах соответственно на 1,4-2,4 м по сравнению с естественным наблюдается на поле шахты Западно-Донбасская в районе с. Богдановка и с. Терновка.

На поле шахты Самарская снижение уровня бучакского водоносного горизонта по сравнению с естественным составляет максимально 7,7 м и зависит от суммарного влияния водоотбора на Светлодарском водозаборе и шахтного водоотлива шахты Сташкова.

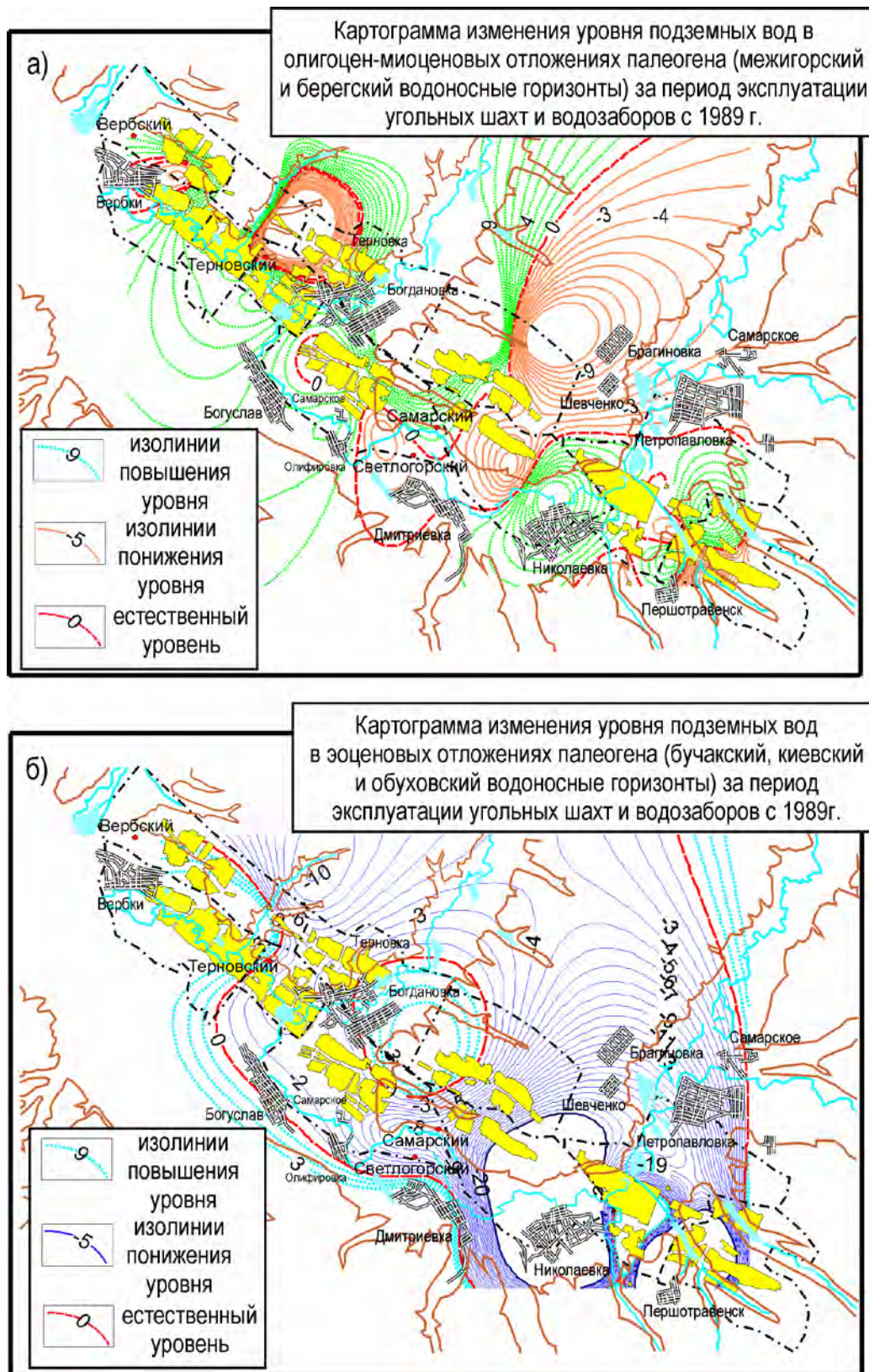


Рис. 2. Картограммы изменения уровней подземных вод в олигоцен-миоценовых (а) и эоценовых (б) отложениях палеогена

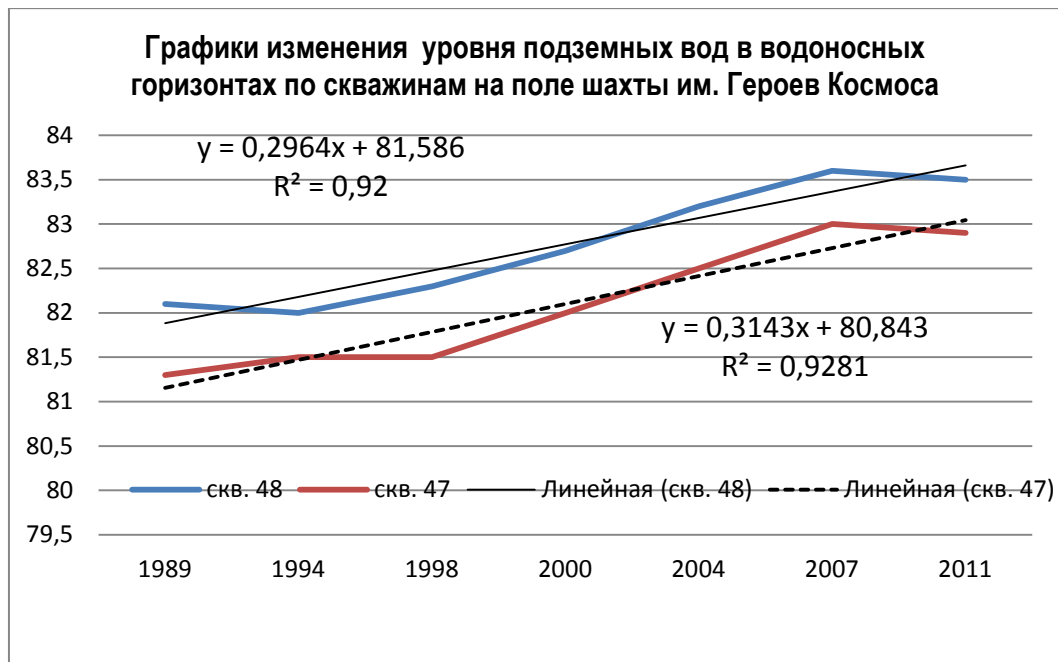


Рис. 3. График изменения уровня подземных вод в водоносных горизонтах (шахта им. Героев Космоса)

В районе с. Самарское понижение уровня бучакского водоносного горизонта составило 2,5-3,0 м. На поле шахты Терновская произошел подъем уровня (до 3,0 м) как в олигоцен-миоценовых так и в эоценовых отложениях за счет ликвидации Терновского водозабора. На поле шахты Павлоградская в олигоцен-миоценовых отложениях произошло повышение уровня и незначительное снижение в бучакском и обуховском водоносных горизонтах. Сложная ситуация по сработке запасов подземных вод возникла на территории Восточной группы шахт. Максимальное понижение уровня воды от естественного положения (бучакский, обуховский водоносные горизонты) наблюдается на поле шахты им. Сташкова (24,6 м). По шахте Степная величина максимального понижения уровня составляет 15,5 м, минимальное значение – 1,1 м. Значение водопонижения в пределах горного отвода шахты Юбилейная варьируют в пределах 1,8-15,0 м.

При этом, формирование режима подземных вод в вышележащих горизонтах происходит за счет перетока воды сверху вниз со сработкой гидродинамических напоров в процессе их дренирования горными выработками, причем интенсивность понижения уровня уменьшается снизу вверх.

Наиболее интенсивно дренируются подземные воды эоценовых и олигоцен-миоценовых отложений на водораздельных участках горного отводов шахт Днепровская и Сташкова. В зону локальной депрессии попадают с. Брагиновка, Петропавловка и х. Шевченко. За многолетний период формирования депрессионной воронки произошло подтягивание контура подземных вод с севера (район р. Орель). Сработка уровня в эоценовых отложениях (максимальная депрессия) в районе населенного пункта Николаевка отразилась практически синхронно на уровне в олигоцен-миоценовых отложениях (отмечается подъем уровня воды).

Длительная работа шахтоосушения и водозаборов привела к формированию депрессионных воронок в эксплуатируемом палеогеновом водоносном комплексе и к понижению уровня до 3 м на локальных участках пойменных отложений на правом берегу р. Самары в вышележащем четвертичном горизонте (рис. 4).

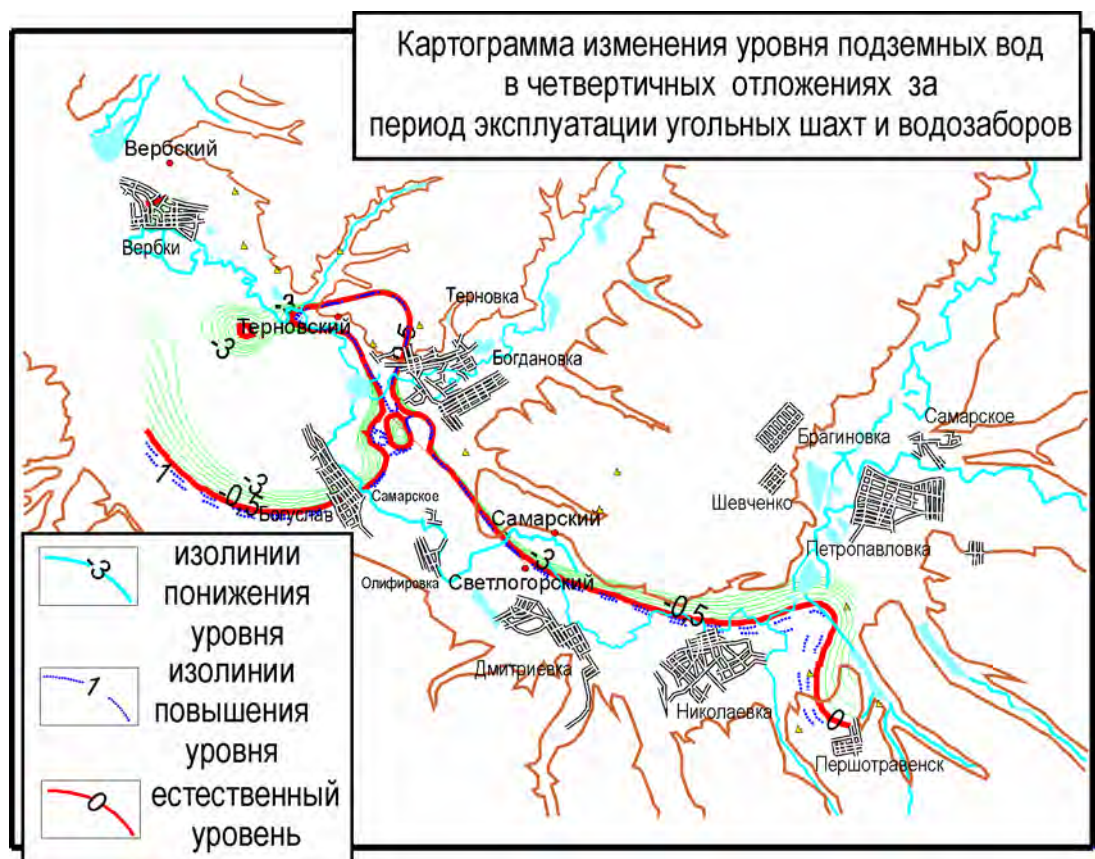


Рис. 4. Картограммы изменения уровней подземных вод в четвертичных отложениях

Пойменные отложения левобережья характеризуется незначительным (до 1 м) подъемом уровня воды в аллювиальных отложениях. Характерная депрессия в четвертичном горизонте левобережья наблюдается в области влияния Терновского водозабора.

Выводы. Анализ результатов многолетних наблюдений за положением уровня подземных вод в Западном Донбассе на подработанной горными работами территории, позволил выявить особенности формирования региональной воронки депрессии, которые заключаются в следующем:

1. В результате интенсивной эксплуатации подземных вод в ходе шахтоосушения и водозаборных мероприятий образовались как единые депрессионные поверхности, так и локальные воронки депрессии и водоповышения на различных водовмещающих горизонтах. Их общие конфигурации и размеры за последние годы практически не меняются, что свидетельствует о квазистационарном режиме подземных вод и о том, что водоотбор на значительной территории практически компенсируется естественными ресурсами.

2. Изменения гидродинамического режима подземных вод эксплуатируемого палеогенового горизонта выражены локальным повышением уровня (до 9 м) в олигоцен-миоценовых отложениях в районе поймы р. Терновка и территориально соответствующих компенсирующих понижениях уровня подземных вод в эоценовых отложениях (до 5 м).

3. Наиболее интенсивно дренируются подземные воды эоценовых и олигоцен-миоценовых отложений на водораздельных участках горного отводов шахт Днепровская и Сташкова. За многолетний период формирования депрессионной воронки произошло подтягивание контура подземных вод с севера (район р. Орель). В зону локальной депрессии попадают с. Брагиновка, Петропавловка и х. Шевченко.

4. Длительная работа шахтоосушения и водозаборов привела к понижению уровня на локальных участка пойменных отложений на правом берегу р. Самары в четвертичном горизонте до 3 м. Для пойменных отложений левобережья характерен незначи-

тельный (до 1 м) подъемом уровня воды в аллювиальных отложениях.

5. В олигоцен-миоценовых и в эоценовых отложениях территории шахты Терновская произошел подъем уровня (до 3,0 м) за счет ликвидации Терновского водозабора.

6. Полученные научные результаты - полная и достоверная гидрогеологическая информация об изменении уровневого режима подземных вод и особенностях формирования региональных воронок депрессии в палеогеновых и четвертичных отложениях Западного Донбасса, в совокупности с геологической информацией о составе и мощности отложений, открывают перспективы в практической оценке интенсивности оседаний земной поверхности в условиях шахтоосушения и водозаборных мероприятий.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Евграшкина Г. П. Оценка влияния горнодобывающей промышленности на гидрогеологические условия Западного Донбасса / Г. П. Евграшкина // Сборник научных трудов национального горного университета. — Днепропетровск. — 2003. — № 17. — Т. 1 — С. 148-151.
2. Пугач С. Л. Прогнозные ресурсы, запасы, добыча и качество подземных вод по федеральным округам и основным речным бассейнам России [Электронный ресурс] / С. Л. Пугач // Центр ГМСН ФГУГП «Гидроспецгеология». — Режим доступа : [www/URL: http://ecca-water.net/file/S_L_Pugach.pdf](http://www/ecca-water.net/file/S_L_Pugach.pdf)
3. Имайкин А. К. Прогноз изменения режима подземных и шахтных вод на территории Кизеловского угольного бассейна [Электронный ресурс] / А. К. Имайкин // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер. : Политематическая. — 2012. — Вып. 2 (22). — Режим доступа : [www/URL: http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Imaykin-2012_2\(22\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Imaykin-2012_2(22).pdf).
4. Подрезенко И. Н., Краснопольский И. А. О факторах, влияющих на гидрохимический и гидрогеологический режимы гидросферы при эксплуатации угольных шахт западного Донбасса / И. Н. Подрезенко, И. А. Краснопольский // Екологія і природокористування, 2010. — Вип. 13. — С. 155—163.

5. Четверик М. С. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля / М. С. Четверик, Е. В. Андрощук. — Днепропетровск : РИА «Днепр-VAL», 2004. — 148 с.
6. Коноплянцев А. А., Ярцева-Попова Е. Н. Оседание поверхности земли в связи с понижением уровня подземных вод / А. А. Коноплянцев, Е. Н. Ярцева-Попова — М. : ВИЭМС, 1983. — 48 с.
7. Осипов В. И. Человек и литосфера / В. И. Осипов // Вестник АН СССР — № 8. — 1990. — С. 61—67.
8. Ковалевский В. С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией [монография] / В. С. Ковалевский. — М. : Недра, 1986. — 198 с.
9. КД 12.01.01.201-98 Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: Руководящий нормативный документ Министерства угольной промышленности Украины / Издание официальное. Министерство угольной промышленности Украины. Киев, 1998. — 149 с.
10. Информационный отчет о результатах режимных гидрогеологических наблюдений по ведомственной сети наблюдательных скважин ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / КП «Южукргеология», Павлоград. — 2012. — 59 с.