

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 556.3.01

Э. Кузьменко, д-р геол.-мин. наук, проф.
E-mail: kuzmenko-eduard@rambler.ru,

Л. Давыбида, канд. геол. наук
E-mail: davybida@yandex.ua

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
Институт геологии и геофизики
ул. Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, 76019, Украина,

В. Зинченко, исп. Директор
E-mail: ipi-aratta@ukr.net
Институт прикладных исследований "Аратта"
ул. В. Шимановского, 2/1, офис 114-а, г. Киев, 02660, Украина,

А. Никиташ, директор
E-mail: centrgidro@mail.ru
Центр гидрогеологических и геолого-экологических исследований
СГРГП "Пивничгеология", Проул. Геофизиков, 10, г. Киев, 02088, Украина,

Е. Яковлев, д-р техн. наук, глав. науч. сотрудник
E-mail: yakovlev@niss.gov.ua
Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины
Чоколовский бульвар, 13, г. Киев, 03186, Украина

**ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ И ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД
НА ПРАВОБЕРЕЖЬЕ КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)

Актуальность исследований обусловлена необходимостью изучения динамики обводнения грунтов в зависимости от факторов изменения во времени гидрогеологических и инженерно-геологических характеристик. Изучение последних, в свою очередь, требуется при гидрогеологических расчетах, связанных с оценкой режима подземных вод, а также при определении перспективы развития и активизации экзогенных геологических процессов. В данной публикации представлены результаты изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории урочища Межигорье, расположенного на правом берегу водохранилища Киевской гидроэлектростанции на Днепре. На основе анализа информации, полученной в результате исследования уровня режима грунтовых вод, выявлены источники питания водоносных горизонтов. Установлено, что формирование уровня режима осуществляется за счет инфильтрации осадков в водоносный горизонт непосредственно на объекте, инфильтрации осадков на прилегающих площадях с последующим транзитом на территорию объекта, транзита из водохранилища Киевской гидроаккумулирующей станции (ГАЭС). Доказано, что режим уровней и изменчивость количества осадков во внутригодовом цикле находится в тесной корреляции с отставанием уровней во времени на величину от 1-2 до 4 месяцев. Выявлены закономерности смещения уровня по отношению к осадкам, проявляющие себя в уменьшении смещения с приближением к зоне разгрузки подземных вод, прямой корреляции смещения с абсолютными отметками уровней в этом же направлении и, соответственно, обратной корреляции с мощностью зоны аэрации. Сформирован банк исходных данных для дальнейших исследований и комплексной оценки оползневой опасности в прибрежных частях территории.

Ключевые слова: уровни грунтовых вод, осадки, гидрогеологический режим, наблюдательные скважины, факторы обводнения, корреляционный анализ.

Актуальность вопроса. Анализ литературных данных. Актуальность вопроса связана с необходимостью изучения динамики обводнения горных пород в зависимости от режима осадков как фактора изменения во времени гидрогеологических характеристик, используемых при оценке запасов подземных вод, а также при решении ряда эколого-гидрогеологических задач. Кроме того, обводнение грунтов в значительной степени определяет возможность развития экзогенных геологических процессов (ЭГП): оползней, карста, селей, подтопления, эрозии и др.

Исследования в этом направлении приведены в ряде опубликованных работ, непосредственно связанных с вопросами гидрогеологии [1, 4-6, 8-18]. Среди этих работ следует выделить монографию [12], в которой изложены методика и результаты исследования сезонных закономерностей изменения уровней подземных вод для территории Украины в природных и слаборазрушенных условиях с использованием факторных вероятностно-статистических моделей.

В развитие идей, изложенных в [12], была выполнена диссертационная работа [4], где приведены результаты интегральной оценки многолетнего режима уровней грунтовых вод, а также созданы прогностические геоинформационные модели глубины залегания уров-

ней для территорий Днепровской и Житомирской административных областей Украины.

Вопросы исследования количественных связей режима уровней подземных вод и развития инженерно-геологических процессов в последнее время развивались в работах, связанных с прогнозированием ЭГП [10-11].

Характеристика объекта исследований. Постановка задачи. Исследования, приведенные в представленной работе, выполнены в связи с изучением гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории урочища Межигорье, расположенного на правом берегу водохранилища Киевской гидроэлектростанции на Днепре. В качестве исходных для исследований приняты архивные и фондовые геологические материалы, материалы по режимным наблюдениям уровней воды в скважинах и метеоданные по Киевской области.

Данные о наличии подземных вод в горных породах и гидрогеологических условиях территории исследований приводятся в многочисленной литературе (Н.Е. Борщевский, Е.Н. Беспалова, И.И. Молодых, А.П. Никиташ, В.В. Приходько, Н.Г. Пышная, Г.И. Рудько, Ю.Н. Швыдкий и многие другие). Непосредственно по территории урочища Межигорье известна только одна монография [2]. Для той же территории справедливы выводы статьи [6] о грядущей активиза-

ции оползневых процессов на Правобережье Киевского водохранилища в 2017-2018 гг.

Исследования уровня режима подземных вод на объекте велись с марта 2011 по декабрь 2013 года. Бурение наблюдательных (пьезометрических) скважин, инженерно-геологические, гидрологические, а также гидрогеологические исследования были призваны решить следующие задачи:

- уточнение литолого-стратиграфического строения верхней части разреза и глубины залегания водоносных горизонтов и водоупоров;
- выяснение возможности транзита подземных вод на территорию Межигорья как источника питания водоносных горизонтов и установление путей такого транзита;
- оценка смещения во времени (запаздывания) графиков уровней подземных вод относительно осадков и выяснение причин такого смещения;
- формирование банка исходных данных для комплексной оценки оползневой опасности в присклоновых частях территории.

Гидрогеологический разрез. Источники питания водоносных горизонтов. В соответствии с региональным геологическим строением Среднего Приднпровья и гидрогеологическими условиями территории исследований первыми водоносными горизонтами являются [7]:

- водоносный горизонт в водно-ледниковых, озерно-ледниковых, а также элювиальных и эолово-делювиальных отложениях четвертичного возраста, имеющий грунтовый (свободный) режим и активное питание атмосферными осадками (дожди, талые воды) и утечками техногенных вод (потери из сетей, искусственных водоемов и т. д.);
- водоносный горизонт в песках неогена, имеющий местами напорный режим.

Между ними находится водоупорный горизонт пестроцветных и красно-бурых неогеновых глин, которые при растрескивании могут быть обводнены. Горизонт глин может быть размыт, тогда первый и второй водоносные горизонты соединяются и имеют грунтовый (ненапорный) характер.

Нижний водоносный горизонт подстилается свитой суглинков и мергелей палеогена.

Из перечисленных выше публикаций и отчетов следует, что источники питания водоносных горизонтов могут быть такими (Рис. 1):

- осадки с последующей инфильтрацией непосредственно на территории исследований;
- осадки с последующей инфильтрацией и транзитом в зону территории исследований;
- транзит из водохранилища Киевской гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС);
- утечки из водоемов, дренажных систем и других водонесущих сооружений;
- полив и орошение территории.

Это – гипотетические источники питания. Следует выяснить, какие из них нужно принимать во внима-

ние с учетом фактических данных, приведенных в опубликованной литературе, фондовых и картографических материалах.

В монографии [2] одной из причин активизации оползневых деформаций на территории правительственных дач в Межигорье было названо заполнение в 1969 году верхнего водохранилища Киевской ГАЭС. Станция расположена вблизи Межигорья, в 2,5 км выше створа Киевской ГЭС. Искусственно созданный верховой водоем полезной емкостью 3,7 млн м³ построен на крутом берегу Днепра (на месте оврага) и подымается над уровнем водохранилища Киевской ГЭС на 70 м. Территория правительственных дач находится недалеко, примерно в одном километре северо-западнее ГАЭС. По отметкам дачи расположены на 10-20 м ниже отметки НПУ водохранилища Киевской ГАЭС. Поток подземных вод по бурой глине, несмотря на наличие противифльтрационной завесы, частично через территорию дач разгружается в водохранилище.

Результаты геофизических исследований 2013 года позволяют утверждать, что завеса на момент исследований своей функции в полной мере уже не выполняет, и вода из верхнего водохранилища ГАЭС действительно попадает на территорию урочища Межигорье.

В результате анализа карт местности разных периодов установлено, что с южной стороны к территории исследований подходит погребенный в результате планировки овраг (Рис. 1). По результатам бурения это предположение подтверждается наличием на месте оврага более мощных песчано-глинистых образований, которыми, в основном, овраг засыпался. Сама по себе засыпка при планировке оврага не исключает прохождения по его тальвегу подземных вод (исторически сложившееся направление потока). Кроме того, прилегающая с юга, юго-запада территория имеет общий уклон в сторону Киевского водохранилища. Таким образом, атмосферные осадки фильтруются в первый от поверхности водоносный горизонт и далее через насыпные породы по тальвегу оврага попадают на исследуемую территорию.

Следуя изданной гидрогеологической карте масштаба 1:50000 [3], области питания могут находиться северо-западнее и южнее – юго-западнее объекта. Питание с запада – северо-запада исключается ввиду наличия оврагов с абсолютными отметками порядка 120-125 м (при отметках на объекте 160-165 м).

Следует учесть при анализе, что карта четвертичных образований масштаба 1:50000 свидетельствует, что эти образования распространены повсеместно и могут слагать единый водоносный горизонт на отметках в районе объекта исследований и прилегающих территорий не ниже 145-150 м. Важной для анализа условий транзита является карта топосъемки масштаба 1:10000. Она однозначно свидетельствует, что вода на Межигорье "со стороны" может поступать только с юга – юго-востока.

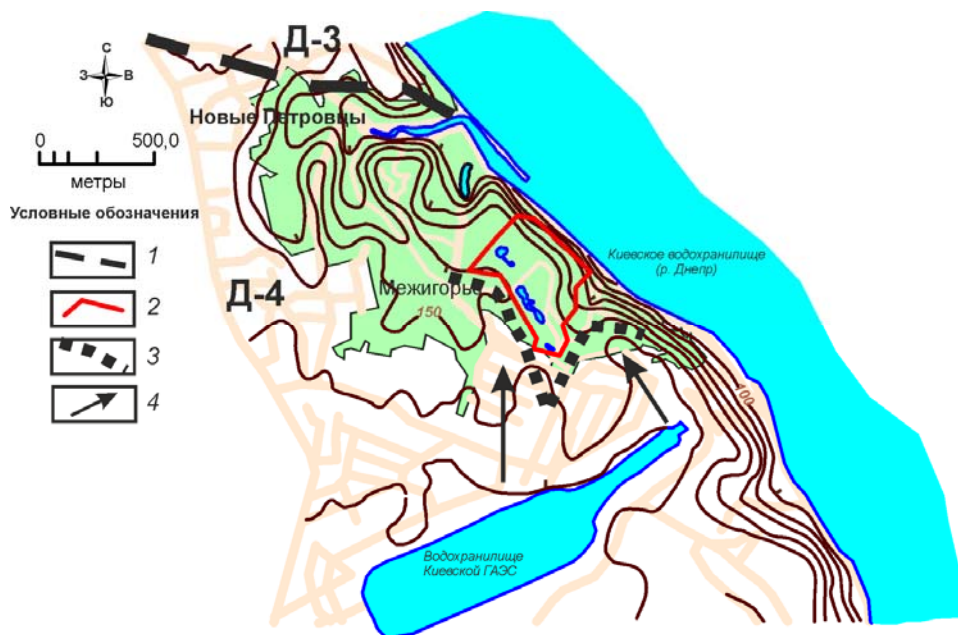


Рис. 1. Ситуационная схема урочища "Межигорье" и его окрестностей:

- 1 – граница между водообменными бассейнами второго порядка Д-3 (р. Ирпень) и Д-4 (р. Стугна Красна),
 2 – контур исследуемой территории, 3 – территория над погребенным оврагом,
 4 – направление движения подземных вод от областей питания к исследуемой территории

Вопрос оценки возможности утечки из водоемов был решен при замере уровня воды в них. При этом выбрано время года, когда испаряемость отсутствовала, осадков не было, а питание озер было прекращено. Падение уровней во всех без исключения водоемах свидетельствовало о наличии утечек, объем которых при знании площади озер не представляло труда подсчитать.

Инфильтрация непосредственно на территории урочища имела место, так как во время дождей и таяния снега при превышении количества осадков вода полностью впитывалась в грунт, и при этом нагружались дренажные системы. Аналогичной представляется инфильтрация и пополнение водоносного горизонта за счет воды орошения и полива.

Таким образом, следует считать доказанным, что все пять поименованных источников питания водоносных горизонтов в той или иной степени вносят свою лепту в процесс.

Обводненность наблюдательных скважин. При гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях в Межигорье первоочередное внимание обращалось на участок, прилегающий к центральной смотровой площадке, так как здесь в 1985 г. был зафиксирован значительный по размерам оползень (Рис. 2). Далее наблюдались незначительные подвижки грунта и соответственно изменение местоположения бровки склона в связи с деляпсивным развитием оползня. Склон после активизации 1985 года не укреплялся, а было принято решение о вынесении смотровой площадки от бровки обрыва на 25-30 м для создания буферной зоны [2]. К 2009 г. эта зона вследствие продолжающегося движения оползневых масс уже составляла всего несколько метров, а в 2013 г. вновь сошел крупный оползень, и были частично обнажены сваи, на которых держалась смотровая. Поэтому уже в 2009 г. было пробурено 16 инженерно-геологических скважин глубиной от 6 до 37 метров, проведены лабораторные

испытания керна и рассчитана устойчивость склона, которая была оценена как допустимая, приближающаяся при увлажнении грунта к граничной. При бурении вода в четвертичных образованиях появилась в суглинках только в одной скважине (глубина 6 м), а в трещинах неогеновых глин – в двух скважинах (глубина 14,5-16,5 и 12-18 м). По завершении бурения скважины были ликвидированы.

В марте 2011 г. было выполнено целенаправленное бурение шести режимных гидрогеологических (пьезометрических) скважин ПС-1 – ПС-6 и четырех режимных инклинометрических скважин ИС-2 – ИС-5 (Рис. 2). Из этих 10-ти скважин 8 были обводнены (Табл. 1). Типичный разрез в районе размещения скважин представлен на рис. 3. Кровля водоносного горизонта песков неогена находится ниже – на глубине 26.0-26.5 м, и ни одной из скважин серий ПС или ИС не вскрыта.

Графики режимных наблюдений уровней по пьезометрическим скважинам ПС в 2011-2013 гг. изображены на рис. 4.

Анализ данных табл. 1 позволяет сформулировать следующие выводы:

– констатируется наличие воды в скважинах с достаточно высокими уровнями, что подтверждает факт образования в четвертичных отложениях постоянного водоносного горизонта. Это – горизонт песков и суглинков, залегающий в нижней части четвертичных образований на неогеновых глинах. Супесчано-суглинистые породы верхней части разреза являются безводными (скважины ПС-2, ИС-5 в табл. 1);

– растрескивание неогеновых бурых и пестроцветных глин приводит к спорадическому обводнению последних, в силу чего они определяют положение уровней подземных вод в скважинах, "перехватывают" воду четвертичных песков и возможно служат транзитной дренажной для последних.

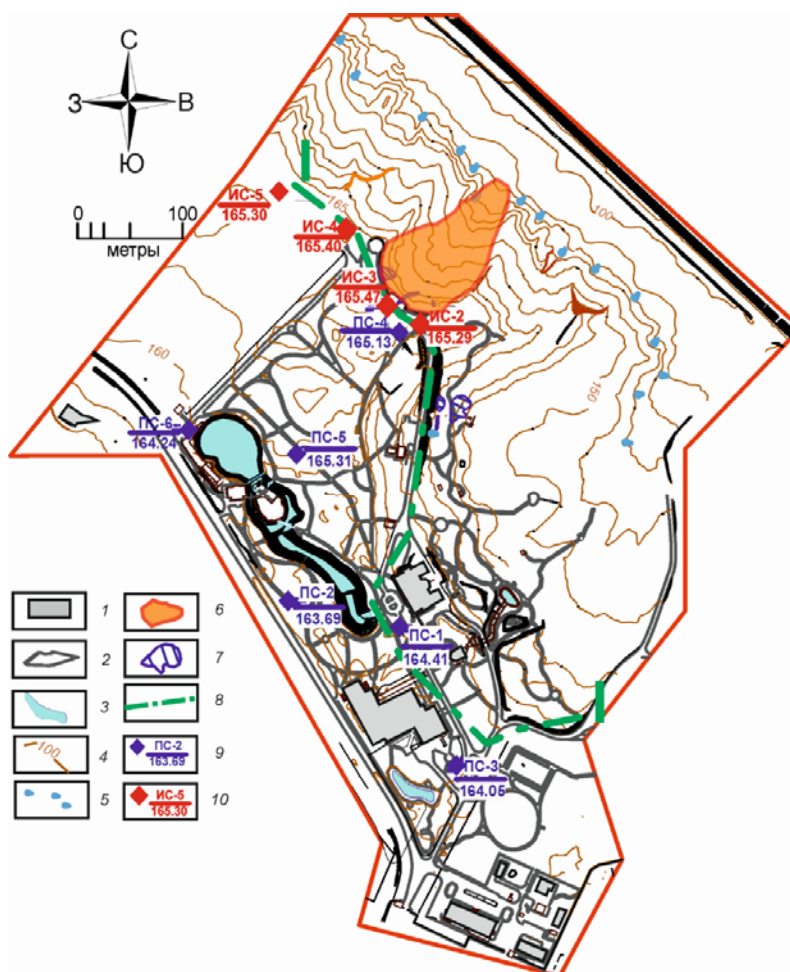


Рис. 2. Схема расположения скважин для наблюдения режима подземных вод:

- 1 – здания, 2 – дорожки, 3 – водоемы, 4 – изолинии, 5 – выход подземных вод на дневную поверхность (источники),
 6 – оползень, сошедший весной 2013 г., 7 – выход подземных вод на дневную поверхность (площадное дренирование),
 8 – линия обзора геологического разреза I-I, 9 – пьезометрическая скважина, ее номер и абсолютная отметка оголовка,
 10 – инклинометрическая скважина, ее номер и абсолютная отметка оголовка

Таблица 1. Каталог пьезометрических и инклинометрических скважин (стрелка означает, что подошва указанных пород не вскрыта; при отсутствии суглинков ниже подошвы песков вскрыты бурые глины)

Наименование скважины	Дата бурения	Абсолютная отметка оголовка	Глубина скважины, м	Глубина до подошвы песков, м	Глубина до подошвы суглинков, м	Уровень подземных вод		Средняя глубина подземных вод	
						до "июльских" дождей	после "июльских" дождей	до "июльских" дождей, h1	после "июльских" дождей, h2
ПС-1	29.03.11	164.41	12.0	7.6	12.0 →	156.1	156.7	8.3	7.7
	7.9								
ПС-2	29.03.11	163.69	6.0	6 →	не вскрыты	воды нет	воды нет	воды нет	воды нет
	-								
ПС-3	29.03.11	164.05	13.5	8.2	13.5 →	156.7	157.4	7.4	6.7
	7.0								
ПС-4	30.03.11	165.13	18.0	6.2	отсутствуют	157.9	158.5	7.2	6.6
	-								
ПС-5	30.03.11	165.31	12.0	5.5 (супесь)	7.0	159.4	159.7	5.9	5.6
	7.0								
ПС-6	31.03.11	164.24	8.7	Отсутствуют	8.4	158.3	159.2	5.9	5.0
	7.6								
ИС-2	21.03.11	165.29	20.9	5.2 (5.2-11.4 – супесь)	11.4	147.0	150.5	18.3	14.8
	-								
ИС-3	21.03.11	165.47	21.0	7.0	отсутствуют	158.0	159.5	7.5	6.0
	-								
ИС-4	21.03.11	165.40	23.8	5.0	отсутствуют	154.5	148.0	10.9	17.4
	-								
ИС-5	21.03.11	165.30	20.5	5.1	отсутствуют	воды нет	воды нет	воды нет	воды нет
	-								

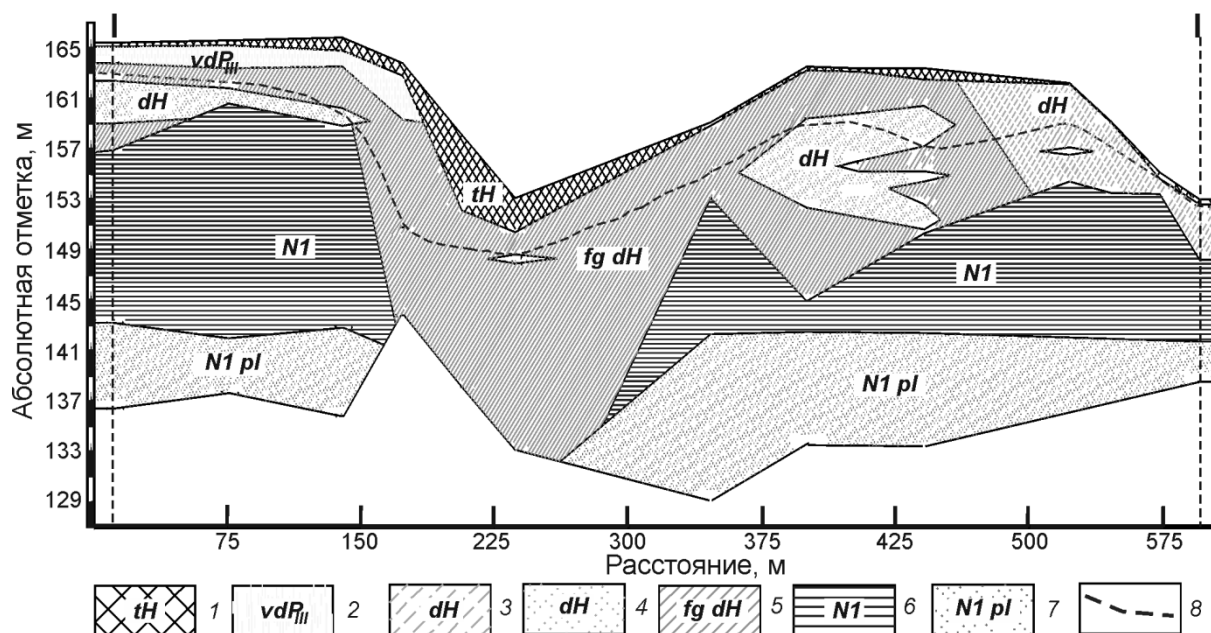


Рис. 3. Обзорный геологический разрез по линии I-I:

- 1 – насыпной грунт, 2 – супесь (суглинок) лесовидная, палево-желтая, желтая, макропористая, 3 – супесь делювиальная, коричнево-желтая, палево-желтая, желтая, с линзами и прослоями песка, 4 – песок делювиальный серо-коричневый, светло-коричневый, коричневый, рыхлый и средней плотности, малой и средней степени водонасыщения с прослоями и линзами супеси и суглинка, 5 – суглинок моренный, коричневый, желто-коричневый, твердый, полутвердый с прослоями глины и супеси, с включениями дресвы и гравия, 6 – глина "пестроцветная", желто-бурая, красно-желтая, твердая, полутвердая и тугопластичная, с прослоями супеси и суглинка, с включениями карбонатов, 7 – песок (супесь) светло-серый, желто-серый, плотный, малой степени водонасыщения, 8 – уровень грунтовых вод

Судя по графикам на рис. 4, в начальный период наблюдений 17.05.11 – 30.06.11 отмечается общее повышение уровней воды во всех пяти обводненных пьезометрических скважинах от 3 до 31 см. В трех обводненных инклинометрических скважинах повышение уровня составляло от 20 до 152 см. В скважинах, вскрывших водоносный горизонт в глинах, изменения уровней превысили по величине аналогичные измене-

ния в водоносном горизонте песков. Это особенно ярко отмечается для периода июльских дождей (Табл. 1) и косвенно свидетельствует в пользу того, что скважины в трещиноватых глинах образуют депрессионные воронки для горизонта песков, притом глинистый горизонт гидравлически может быть связан с источниками разгрузки подземных вод на склоне.

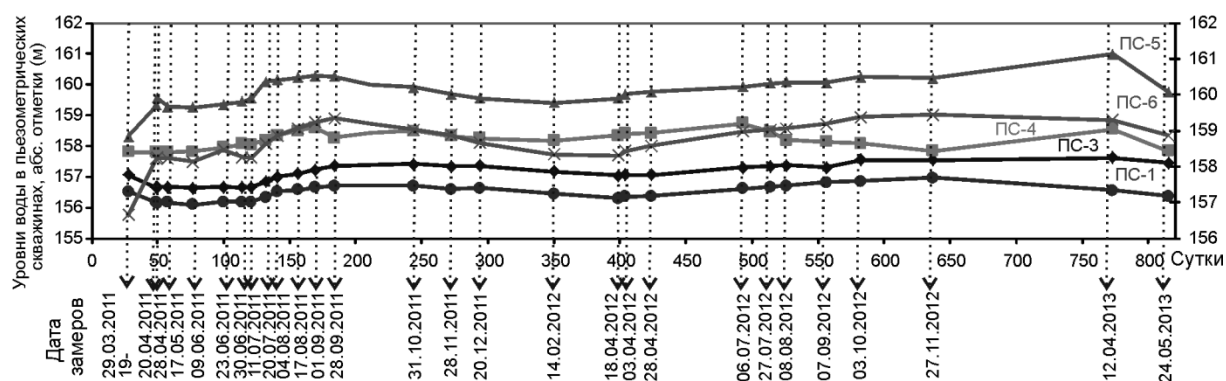


Рис. 4. Графики уровней грунтовых вод

За период с 30.06.11 по 23.09.11 по скважинам ПС отмечается дальнейшее общее повышение уровня воды – от 39 до 96 см, хотя на последнем этапе наблюдений в скважинах ПС-5 и ПС-6 началось осеннее понижение. Следует отметить тот факт, что в этих скважинах уровни фиксируются на более высоких абсолютных отметках. Сравнение уровней в них с уровнями и глубиной воды в озерах свидетельствует, что уровни воды в скважинах превышают отметки дна озер. Объяснений тут может быть два. Первое – утечка из водоемов и иных гидротехнических сооружений. Второе – геологические особенности участка, обусловленные

преобладанием в разрезе регионального водоупорного слоя глин в подошве грунтового водоносного горизонта (например, см. разрез скважины ПС-6 в табл. 1).

Наблюдения уровней 2011-2013 гг. подтверждают закономерную ритмичность их колебаний при наличии в целом тенденции подъема уровней, причинами чего, вероятно, следует полагать превышающее норму количество осадков в 2012 году, а также интенсивное орошение и полив территории.

О связи атмосферных осадков и уровней грунтовых вод. Пока по-прежнему остается невыясненным вопрос количественной оценки времени "добегания" осадков в

водоносный горизонт и объяснение различий в изменении уровней по различным скважинам по сравнению с осадками.

На рис. 5 представлены метеорологические данные по г. Киеву в динамике за тот же интервал наблюдений, что и графики уровней воды, с синхронизацией дат. Из просмотра графиков ясно, что по пьезометрическим скважинам имеем закономерность следующего характера: наличие осадков вызывает последующее растянутое во времени повышение уровней с некоторым запаздыванием.

Количественную оценку этой зависимости можно получить, просчитав функции взаимной корреляции (ФВК). Пример типичного графика ФВК уровней и осадков представлен на рис. 6, из которого видно, что максимальная степень положительной корреляции для посуточных наблюдений отмечается при смещении ряда суммы осадков относительно ряда изменчивости уровней вперед на 80-90 суток. Корреляция статистически значимая, поскольку более чем в три раза превышает стандартное отклонение. Понятна отрицательная корреляция (верхняя часть рисунка), которая подтверждает цикличность исследуемых рядов: при смещении на -80 – 90 суток ряды находятся в противофазе.

На рис. 7 продемонстрированы результаты процедуры расчета ФВК с учетом регуляризации временных интервалов по месяцам. Отставание уровней от осадков составляет по каждой из скважин ПС-1, ПС-2, ПС-3, ПС-4, ПС-5 два месяца, а по скважине ПС-6 – до трех месяцев, что подтверждается статистически значимыми коэффициентами корреляции для синхронизированных помесечных рядов.

Возникает вопрос: выявленная закономерность в целом носит универсальный характер или локально

выражена на объекте Межигорье? Литературные данные свидетельствуют, что в многолетнем режиме закономерность присутствует всегда, и смещение составляет 1-2 года [1]. Для внутригодовых циклов литературных данных не найдено, поэтому аналогичный кросс-корреляционный анализ проведен нами для четырех скважин государственной сети в Днепропетровской и для двух скважин в Житомирской области Украины [4, 14]. Выводы по этим исследованиям: 1) для всех без исключения скважин подъем уровней отстает по времени во внутригодовом цикле от осадков; 2) это отставание составляет от 1 до 4 месяцев; 3) разница в отставании в основном объясняется а) условиями инфильтрации; б) мощностью зоны аэрации; в) расстоянием до зон техногенной подпитки; г) расстоянием до водотоков; д) условиями транзита подземных вод.

Для дополнительного доказательства закономерности внутригодового смещения положения уровней грунтовых вод по отношению к осадкам выполнены аналогичные, представленным на рис. 6, 7, расчеты для близких к территории Межигорья и сходных по гидрогеологическому разрезу двух скважин государственной опорной сети: № 245010017 (г. Киев) и № 245500084 (г. Иванков Киевской области). При этом для расчетов взяты различные годы с различной интенсивностью осадков. Выводы аналогичные: смещение есть всегда и в данном случае величина его колеблется от 0-2 до 4-6 месяцев. Очевидно, что представленный в данном исследовании внутригодовой цикл накладывается как цикл более высокого порядка на межгодовой, который является по отношению к внутригодовому региональным.

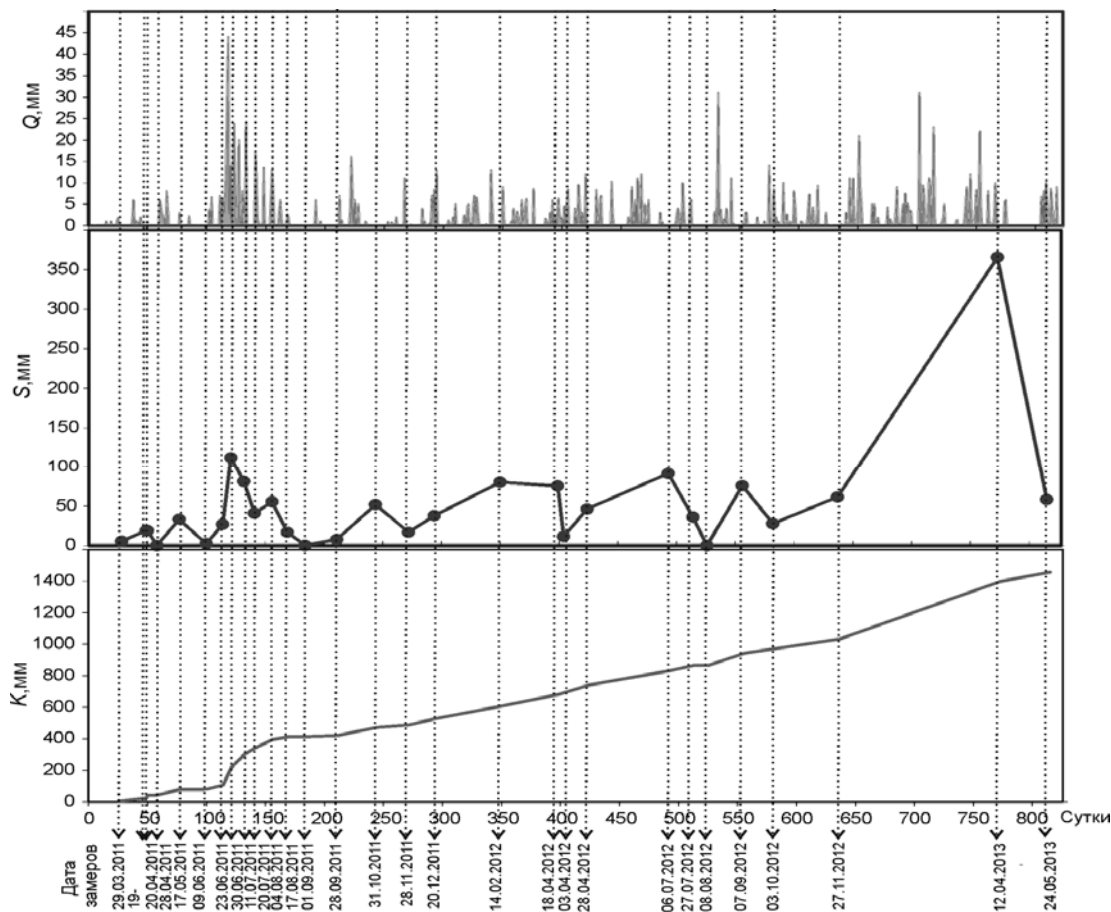


Рис. 5. Метеорологические данные по г. Киеву за период март 2011 г. – май 2013 г.:

(Q) – график осадков, мм; (S) – интервальная кривая осадков (суммарное количество осадков за период между замерами уровней в пьезометрических скважинах), мм; (K) – кумулятивная кривая осадков, мм

В заключении статьи проанализируем связь величины смещения во времени уровней и осадков от таких факторов, как расстояние от бровки склона, абсолютная отметка уровня воды по скважинам, величина зоны аэрации. Необходимые исходные данные сведены в табл. 2. В таблице требует пояснения только правая колонка последнего столбца – средневзвешенные значения смещения с учетом взаимной корреляции осадков и уровней. Эти значения получены по предлагаемой нами формуле:

$$t_{cm} = \frac{t_{cm1} \cdot k_{кор1} + t_{cm1} \cdot k_{кор1} + \dots + t_{cmn} \cdot k_{корn}}{k_{кор1} + k_{кор1} + \dots + k_{корn}}$$

где t_{cm} – время смещения; $k_{кор}$ – коэффициент корреляции; индекс 1, 2, ...n – порядковый номер корреляционного интервала на графике функции взаимной корреляции (Рис. 7).

Полученные зависимости для приведенных в табл. 2 параметров представлены на рис. 8.

Эти зависимости для всех фрагментов рисунка вполне закономерны:

- уровни воды в скважинах понижаются по направлению к зоне разгрузки – Киевскому водохранилищу, а кривая изменения уровней подчиняется параболическому закону – рис. 8, а;
- величина смещения уровней и осадков уменьшается с приближением к зоне разгрузки в связи с ростом скорости фильтрации – рис. 8, б;
- по тем же причинам с учетом кривой на рис. 8, а эта величина уменьшается при снижении абсолютных отметок уровней – рис. 8, в;
- величина смещения уменьшается с увеличением мощности зоны аэрации в силу связи параметров рис. 8, в – рис. 8, г.

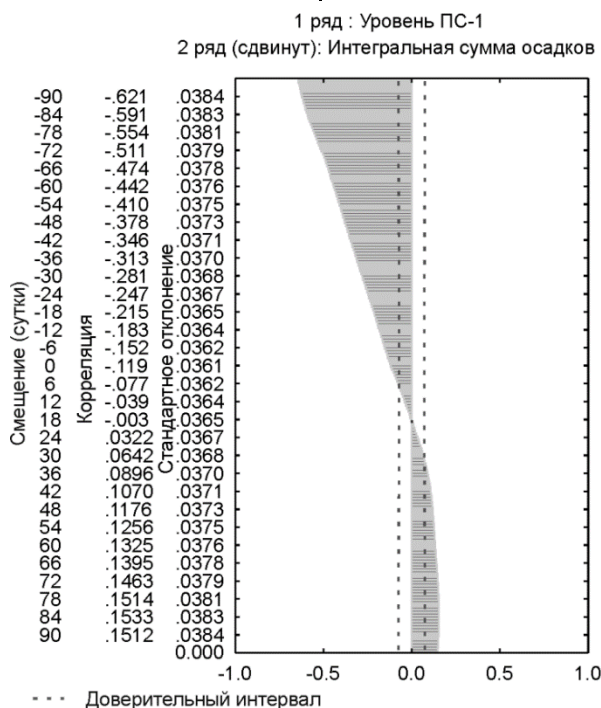


Рис. 6. Пример графика взаимной корреляции уровня воды для пьезометрической скважины ПС-1 и интегральной кривой осадков

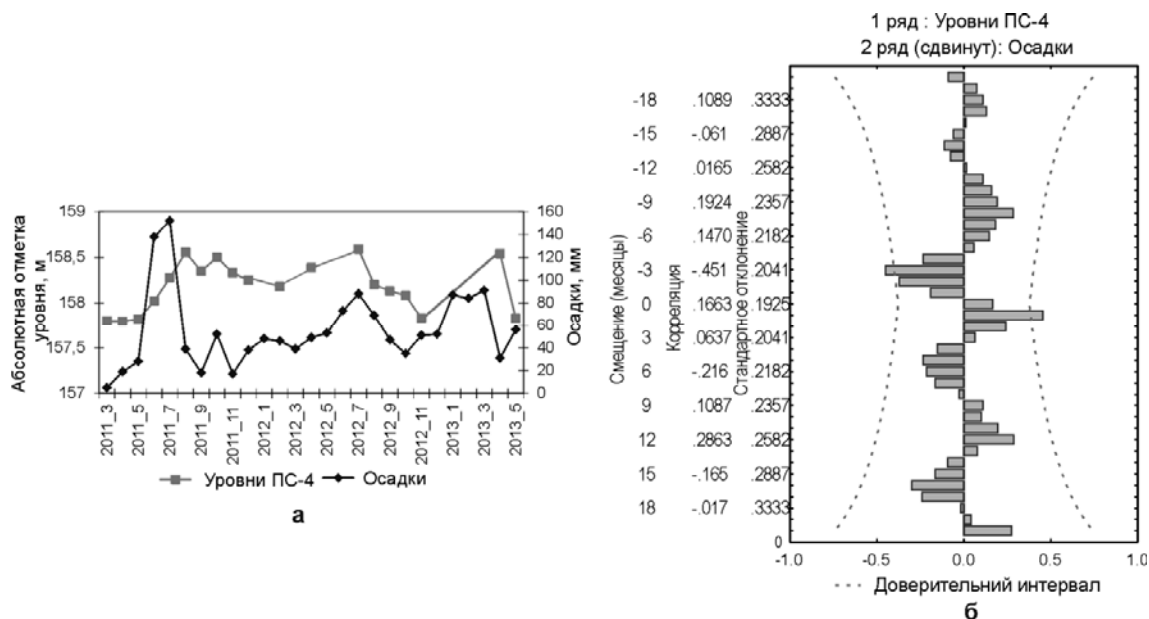


Рис. 7. Совмещенные графики изменения уровня грунтовых вод для пьезометрической скважины ПС-4 и помесячного количества осадков (а) и соответствующая им функция кросскорреляции (б)

Таблица 2. Оценочные факторы смещения уровней грунтовых вод и осадков по пьезометрическим скважинам

Наименование скважины	Абсолютная отметка оголовка	Мощность (м) и литология водоносного горизонта	Абсолютная отметка водоносного горизонта, м	Абсолютная отметка уровня воды, м			Средняя мощность зоны аэрации, м	Расстояние до бровки склона, м	Смещение, месяцы	
				Минимальная	Максимальная	Средняя			Пределы	Средне-взвешенное
ПС-1	164.41	3.3 песок	156.81	156.11	156.71	156.49	8.01	18	0-2	1.24
ПС-3	164.05	3.7 песок	156.85	156.65	157.35	157.0	7.05	21	0-2	1.1
ПС-4	165.13	1.4 песок	158.93	157.93	158.53	158.23	6.9	29	1-3	1.79
ПС-5	165.31	3.6 супесь	159.81	159.41	159.71	159.56	5.75	70	1-4	3.19
ПС-6	164.24	6.5 суглинок	156.89	158.39	160.29	159.84	5.45	170	3-4	3.51

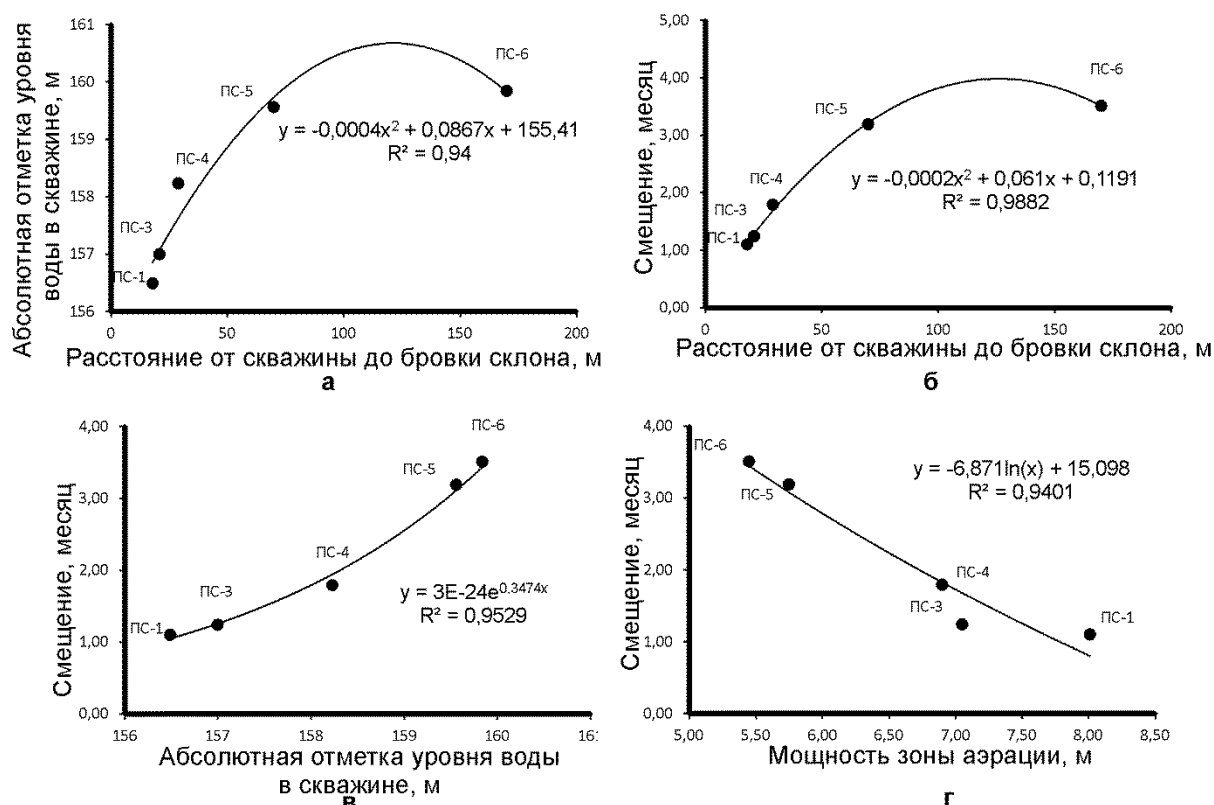


Рис. 8. Графики зависимости уровня воды в скважинах от расстояния до бровки склона и времени запаздывания уровней от гидрогеологических параметров

Оценка статистической надежности результатов регрессионного моделирования выполнена с помощью F-критерия Фишера:

$$F = \frac{R^2(n-2)}{1-R^2},$$

где n – количество исследуемых скважин; R^2 – коэффициент детерминации.

Критическое значение F-критерия для исследуемой выборки данных для уровня значимости $\alpha=0,05$ составляет $F_{кр}=10,13$. Поскольку фактические значения критерия Фишера для всех без исключения зависимостей значительно превышают $F_{кр}$ (Табл. 3), гипотезу о статистической значимости регрессионных моделей, полученных для исследуемого участка, следует считать доказанной.

Таблица 3. Результаты оценки статистической значимости для регрессионных уравнений с использованием критерия Фишера

Эмпирическая зависимость	Коэффициент детерминации, R^2	F-критерий Фишера	Комментарий
а	0,94	47	значима
б	0,9882	251,2373	значима
в	0,9529	60,69427	значима
г	0,9401	47,08347	значима

Выводы.

Формирование уровня режима грунтовых вод на территории исследований в основном осуществля-

ется за счет инфильтрации осадков в водоносный горизонт непосредственно на объекте, инфильтрации осадков на прилегающих площадях с последующим транзи-

том на територію об'єкта, транзита из верхнего бьефа водохранилища Киевской ГАЭС.

Уровневый режим и количество осадков во внутригодовом цикле находится в тесной корреляции с отставанием уровней во времени на величину от 1-2 до 4 месяцев по различным скважинам. Столь значительный разброс в величинах временного смещения свидетельствуют о том, что питание грунтового водоносного горизонта осуществляется за счет различных источников.

При анализе величин разброса смещения уровня по отношению к осадкам по различным скважинам отмечены закономерные составляющие, проявляющие себя в уменьшении этого смещения с приближением к зоне разгрузки подземных вод (Киевскому водохранилищу), прямой корреляции смещения с абсолютными отметками уровней в этом же направлении и соответственно обратной корреляции с мощностью зоны аэрации.

Анализ осадков, уровней и их смещения во времени на данном этапе не выявил существенного отклонения от ритма естественного режима непосредственно в Межигорье и за пределами зон влияния техногенных объектов. Различия в уровненом режиме гипотетически могут быть объяснены причинами геологического характера. Вместе с тем настораживают и пока не нашли однозначного объяснения высокие абсолютные значения изменений уровня и повышение их в летний меженный период, а также понижение уровней в водоемах при отключенных источниках их питания и нулевой испаряемости.

В силу предыдущего замечания, нельзя исключить наличие техногенных факторов обводнения территории (утечки из водоемов и водно-хозяйственных коммуникаций, орошение, полив, снижение испаряемости вследствие застройки и др.). Поэтому дальнейшим необходимым этапом анализа следует полагать разделение природно-техногенного обводнения территории на природную и техногенную составляющие с их количественной оценкой по независимой от представленной здесь методике исследований. Объективно нарастание оползневой активности на территории урочища Межигорье заставляет искать причины гидрогеологического характера.

Список использованных источников

1. Балалаев А.К. Изучение влияния абиотических факторов на режим грунтовых вод в условиях степной зоны Левобережной Украины / А.К. Балалаев, А.В. Котович // *Экология та ноосферология*. – 2003. – Т. 14, № 3,4 – С. 62 – 72.
2. Билеуш А.И. Опознати и противооползневые мероприятия / А.И. Билеуш. – К.: Наук. думка, 2009. – 560 с.
3. Гидрогеологическая карта кайнозойских отложений. Серия Днепровско-Донецкая. Масштаб 1:50 000. Лист М-36-49-Б (Киевский промышленный район) / Е.В. Шестопалова, Л.П. Кузишина и др.; ред. И.Н. Павловец. – К.: ВСЕГИНГЕО. – 1984.
4. Давибида Л.І. Закономірності динаміки рівнів підземних вод і чинників їх формування в межах території Дніпропетровської області / Л.І. Давибида, Е.Д. Кузьменко // *Геодинаміка*. – 2011. – № 1(10). – С.84-94
5. Давибида Л.І. Регіональний довгостроковий прогноз природного режиму ґрунтових вод із використанням геоінформаційних технологій (на прикладі Житомирської і Дніпропетровської областей). – дис. ... канд. геол. наук: спец. 04.00.05 "Геологічна інформатика" / Л.І. Давибида. – К., 2012. – 302 с.
6. Довгостроковий прогноз зсувної активності на території правобережжя Київського водосховища / Е.Д. Кузьменко, І.В. Чепурний, О.О. Нікіташ, Л.В. Штогрин // *Геодинаміка*. – 2012. – № 1(12). – С. 93 – 102.
7. Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы): в 2 т. / под ред. Г.И. Рудько, В.А. Осюка. – Черновцы: Букрек, 2012. – Т. 1. – 592 с.
8. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду / В.С. Ковалевский. – М: Наука, 1994. – 138 с.
9. Кошляков О.Е. Моніторинг гідрогеодинамічної складової геологічного середовища урбанізованих територій (на основі ГІС): авторефер. дис. ... д-ра геол. наук: спец. 04.00.05 "Геологічна інформатика" / О.Е. Кошляков. – К., 2011. – 32 с.
10. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 1. Теоретичні передумови прогнозування екзогенних геологічних процесів. Закономірності активізації зсувів / Е.Д. Кузьменко, О.М. Журавель, Т.Б. Чепурна та ін. // *Геоінформатика*. – 2011. – №3 – С. 61-74.
11. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 2. Закономірності розвитку поверхневих проявів карсту та селів. Геоінформаційна система прогнозування екзогенних геологічних процесів /

Е.Д. Кузьменко, О.М. Журавель, Т.Б. Чепурна та ін. // *Геоінформатика*. – 2011. – №4. – С.58-77.

12. Рубан С.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. Монографія / С.А. Рубан, М.А. Шинкаревський. – К.: УкрДГРІ, 2005. – 572 с.

13. Шестопалов В.М. Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции / В.М. Шестопалов, А.С. Богуславский, В.Н. Бублясь. – К.: Научно-инженерный центр радиогидрогеологических полигонных исследований. Институт геологических наук НАН Украины, 2007. – 120 с.

14. Тимків М.М. Огляд методів гідрогеологічного моніторингу підземних вод України на прикладі Житомирської області / М.М. Тимків, Л.І. Давибида // *Геоінформатика*. – 2014. – №4. – С.73-80.

15. Kabir M. Groundwater-Climate Relationships, Ranger Uranium Mine, Australia: Time Series Statistical Analyses / M. Kabir, M. Hamza, K. Mudd // *Uranium, Mining and Hydrogeology: 5th International Conference, Freiberg, Germany, 2008. – Freiberg, 2008. – P. 70 – 72.*

16. Sreenivasulu D. Groundwater Level Forecasting using Radial Basis Function with Limited Data / D. Sreenivasulu, P.Deka // *International Journal of Earth Sciences and Engineering*. – 2011. – № 4. – P. 1064-1067.

17. Yangxiao Z., Dianwei Dong, Jiurong Liu, Wenpeng Li Upgrading a regional groundwater level monitoring network for Beijing Plain, China / Z. Yangxiao, D. Dianwei, L. Jiurong, L. Wenpeng // *Geoscience Frontiers*, 2013. – № 4. – P. 127–138.

18. Zektser I. Modern state of fresh groundwater regional researches / I. Zektser // *Aquamundi*. – 2010. – № 1. – P. 29-36.

References

1. Balalae, A., Kotovich, A. (2003). Izuchenie vliyaniya abioticheskikh faktorov na rezhim gruntovykh vod v usloviyakh stepnoy zony Levoberezhnoy Ukrainy. *Ecology and Noospherology*, 14(3, 4), 62-72. [in Russian].
2. Bileush, A. (2009). Opolzni i protivopolznevye meroprijatia. Kyiv: Naukova dumka, 560 p. [in Russian].
3. Shestopalova, E., Kuzishina, L. (1984). Hidrogeologicheskaja karta kajnozoijskikh otlozhenij. Serija Dneprovsko-Doneckaja. Masshtab 1:50 000. List M-36-49-B (Kievskij promyshlennyj rajon) [Map]. In I. Pavlovce (Ed.). Kyiv: VSEGIN GEO. [in Russian].
4. Davybi, L., Kuzmenko, E. (2011). Zakonomirnosti dynamiky rivniv pidzemnykh vod i chynnykyv yikh formuvannya v mezhakh terytorii Dnipropetrovskoi oblasti. *Geodynamics*, 1(10), 84-94. [in Ukrainian].
5. Davybi, L.I. (2012) Rehionalnyi dovhostrokovyi prohnaz pryrodnoho rezhymu gruntovykh vod iz vykorystanniam heoinformatsiinykh tekhnolohii (na prykladi Zhytomyrskoi i Dnipropetrovskoi oblasti). Philosophy Doctor's thesis (Geological informatics). Vernadsky National Library of Ukraine, Kyiv, 302 p. [in Ukrainian].
6. Kuzmenko E. D., Chepurny I. V., Nikitash O. O., Shtohryn L. V. (2012). Dovhostrokovyi prohnaz zsuvoi aktivnosti na terytorii pravoberezhzhia Kyivskoho vodoshkovyshcha. *Geodynamics*, 1(12), 93-102. [in Ukrainian].
7. Rud'ko, G. I., Osijuk, V. A. (Eds.). (2012). Inzhenernaja geodinamika Ukrainy i Moldovy (opolznevye geosistemy). Chernivcy: Bukrek, 592 p. [in Russian].
8. Kovalevskij, V.S. (1994) Vlianie izmenenij gidrogeologicheskikh uslovij na okruzhajushhuju sredu. Moscow: Nauka, 138 p. [in Russian].
9. Koshliakov O.Ye. (2011) Monitorynh hidroheodynamičnoj skladovoi heolohichnoho seredovyscha urbanizovanykh terytorii (na osnovi GIS). Extended abstract of Doctor's thesis (Geological informatics), Vernadsky National Library of Ukraine, Kyiv, 32 p. [in Ukrainian].
10. Kuzmenko, E., Zhuravel, O., Chepurna, T., Chepurny, I., & Shtohryn, L. (2011). Prohnazuvannya ekzohennykh heolohichnykh protsesiv. Part 1. Teoretychni peredumovy prohnazuvannya ekzohennykh heolohichnykh protsesiv. Zakonomirnosti aktivizatsii zsuiv. *Geoinformatika*, 3, 61-74.
11. Kuzmenko, E., Zhuravel, O., Chepurna, T., Chepurny, I., & Shtohryn, L. (2011). Prohnazuvannya ekzohennykh heolohichnykh protsesiv. Part 2. Zakonomirnosti rozvytku poverkhnevnykh proiaviv karstu ta seliv. Heoinformatsiina sistema prohnazuvannya ekzohennykh heolohichnykh protsesiv. *Geoinformatika*, 4, 58-77.
12. Ruban, S.A., Shynkarevskiy, M.A. (2005). Hidroheolohichni otsynky ta prohnazy rezhymu pidzemnykh vod Ukrainy. Kyiv: UkrSGRI, 572 p. [in Ukrainian].
13. Shestopalov V. M., Boguslavskij A. S., Bubljas' V. N. (2007). Ocenka zashishhennosti i ujazymosti podzemnykh vod s uchedom zon bystroj migracii. Kyiv : Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 120 p. [in Russian].
14. Tymkiv M. M., Davybi L. I. (2014). Ohliad metodiv hidroheolohichnoho monitorynhu pidzemnykh vod Ukrainy na prykladi Zhytomyrskoi oblasti. *Geoinformatika*, 4, 73-80. [in Ukrainian].
15. Kabir, M., Hamza, K., Mudd, M. (2008). Groundwater-Climate Relationships, Ranger Uranium Mine, Australia: Time Series Statistical Analyses . In *Uranium, Mining and Hydrogeology: 5th International Conference (pp. 70-72)*. Freiberg, Germany.
16. Sreenivasulu, D., Deka, P. (2011). Groundwater Level Forecasting using Radial Basis Function with Limited Data. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*. 4, 1064-1067.
17. Yangxiao, Z., Dianwei Dong, Jiurong Liu, (2013). Wenpeng Li Upgrading a regional groundwater level monitoring network for Beijing Plain, China. *Geoscience Frontiers*, 4, 127–138.
18. Zektser, I. (2010). Modern state of fresh groundwater regional researches. *Aquamundi*, 1, 29-36.

Надійшла до редколегії 02.02.17

E. Kuzmenko, Dr. Sci. (Geol.), Prof.
E-mail: kuzmenko-eduard@rambler.ru,
L. Davybida, Cand. Sci. (Geol.)
E-mail: davybida@yandex.ua
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
Institute of Geology and Geophysics,
15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine,
V. Zinchenko, Director of operations
E-mail: ipi-aratta@ukr.net
The Institute of Applied Research "Aratta"
2/1 Vitaly Szymanowski Str., office 114th, Kyiv, 02660, Ukraine,
A. Nikitash, Director
E-mail: centrigrdro@mail.ru
Center hydrogeological, geological and environmental studies NSRGE "Pivnichgeologiya"
10. Geophysics Str., Kyiv, 02088, Ukraine,
E. Yakovlev, Dr. Sci. (Thehn.), Main Research Officer
E-mail: yakovlev@niss.gov.ua
Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine
13 Chokolivsky Bulvar, Kyiv, 03186, Ukraine

POWER SOURCES AND DYNAMICS OF GROUNDWATER LEVELS ON THE RIGHT BANK OF THE KYIV RESERVOIR

Relevance of the research was determined by the necessity of studying the dynamics of soil water content depending on the temporal variability of hydrogeological and geotechnical characteristics. In turn, the study of the characteristics is necessary for hydrogeological calculations related to evaluation of groundwater treatment, and for determining the prospects for development and activation of exogenous geological processes. This paper presents results of investigation of the hydrogeological and geotechnical conditions within natural boundary of Mezhyhirya which is located on the right bank of the Kyiv hydroelectric reservoir on the Dnieper. The power sources of the aquifers were identified on the basis of information analysis that was obtained by the study of groundwater level regime. It was revealed that the shaping of the groundwater levels regime was carried out by the rainfall infiltration in the aquifer directly on the site, the infiltration of precipitation in the adjacent areas and further transit on the territory, the transit from the reservoir of the Kyiv pumped-storage. It was proved that in the annual cycle the levels regime and the variability of rainfall are in close correlation with the time lags of levels in the magnitude of 1.2 to 4 months. Dependencies of the levels time lags in relation to precipitations were identified. The dependencies are shown in the reduction of time lags approaching to the groundwater discharge zone and in a direct correlation between the lags and altitudes of the levels in the same direction and, therefore, in inverse correlation with the power of the aeration zone. The basis of the input data has been generated for further research and integrated assessment of landslide hazards within the territory near the slopes.

Keywords: groundwater levels, precipitation, hydrogeological regime, observation wells, irrigation factors, correlation analysis.

Е. Кузьменко, д-р геол.-мін. наук, проф.
E-mail: kuzmenko-eduard@rambler.ru,
Л. Давибіда, канд. геол. Наук
E-mail: davybida@yandex.ua
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут геології і геофізики, вул. Карпатська, 15, м Івано-Франківськ, 76019, Україна,
В. Зінченко, викон. Директор
E-mail: ipi-aratta@ukr.net
Інститут прикладних досліджень "Аратта",
вул. Віталія Шимановського, 2/1, офіс 114-а, м Київ, 02660, Україна,
А. П. Нікіташ, директор
E-mail: centrigrdro@mail.ru
Центр гідрогеологічних та геолого-екологічних досліджень ПДРГП "Північгеологія"
Пров. Геофізиків, 10, м Київ, 02088, Україна,
Е. Яковлев, д-р техн. н., гол. наук. співроб.
E-mail: yakovlev@niss.gov.ua
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Чоколівський бульвар, 13, м Київ, 03186, Україна

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ТА ДИНАМІКА РІВНІВ ҐРУНТОВИХ ВОД НА ПРАВОБЕРЕЖЖІ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Актуальність досліджень зумовлена необхідністю вивчення динаміки обводнення ґрунтів залежно від чинників часової мінливості гідрогеологічних та інженерно-геологічних характеристик. Вивчення останніх, у свою чергу, потрібне при гідрогеологічних розрахунках, пов'язаних з оцінкою режиму ґрунтових вод, а також при визначенні перспектив розвитку й активізації екзогенних геологічних процесів. У даній публікації представлені результати вивчення гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов території урочища Межигір'я, розташованого на правому березі водосховища Київської гідроелектростанції на Дніпрі. На основі аналізу інформації, отриманої в результаті дослідження рівневого режиму ґрунтових вод, виявлені джерела живлення водоносних горизонтів. Встановлено, що формування режиму рівнів здійснюється за рахунок інфільтрації опадів у водоносний горизонт безпосередньо на об'єкті, інфільтрації опадів на прилеглих ділянках із подальшим транзитом на територію об'єкту, транзитом з водосховища Київської ГАЕС. Доведено, що режим рівнів і мінливість кількості опадів у внутрішньорічному циклі знаходиться в тісній кореляції із відставанням рівнів у часі на величину від 1-2 до 4 місяців. Виявлено закономірності зміщення рівня по відношенню до опадів, що проявляють себе в зменшенні періоду зміщення з наближенням до зони розвантаження підземних вод, прямої кореляції зміщення з абсолютними відмітками рівнів в цьому ж напрямку і відповідно оберненої кореляції з потужністю зони аерації. Сформовано базу вихідних даних для подальших досліджень і комплексної оцінки зсувної небезпеки в присхолових ділянках території.

Ключові слова: рівні ґрунтових вод, опади, гідрогеологічний режим, спостережні свердловини, чинники обводнення, кореляційний аналіз.