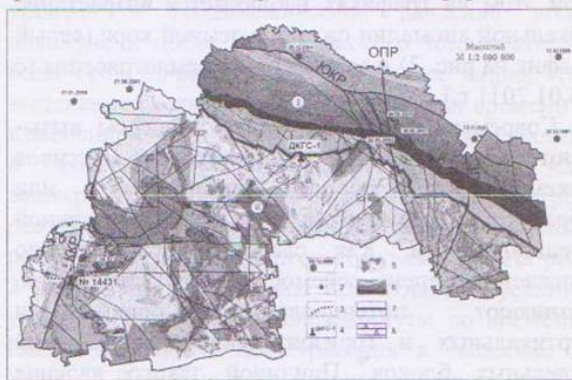


## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В АСЕЙСМИЧНЫХ РЕГИОНАХ УКРАИНЫ (ДНЕПРОПЕТРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Приведены результаты интерпретации данных мониторинга гидрогеодинамических параметров подземных вод в Днепропетровской области с целью прогноза неотектонических изменений в массивах горных пород. Показана необходимость создания национальной базы данных результатов мониторинга гидрогеодинамических параметров подземных вод, выполняемых во всех регионах Украины.

**Ключевые слова:** Украинский щит, асейсмичный регион, подземные воды, гидрогеодинамические наблюдения, мониторинг, землетрясение, прогноз.

**Введение.** По микросейсмическому районированию Днепропетровской области относятся к асейсмичным или слабосейсмичным территориям. В геологическом отношении она расположена в пределах Восточно-Европейской платформы.



**Рис. 1.** Схема геологического строения докембрийских образований Днепропетровской области с расположением эпицентров землетрясений и скважин мониторинговых наблюдений за гидрогеодинамическими параметрами подземных вод.

Цифры в кружках: 1 – Днепро-Донецкая впадина; 2 – Украинский щит. 1 – эпицентр землетрясения и его дата; 2 – варианты расположения эпицентра землетрясения 09.12.2000, 25.12.2007 и 14.01.2011 гг. по данным разных каталогов; 3 – предполагаемая область эпицентров землетрясений вблизи г. Кривой Рог; 4 – скважины мониторинговых наблюдений; 5 – докембрийские образования УЩ; 6 – докембрийские отложения ДДВ; 7 – граница раздела структур I порядка; 8 – разломы II ранга (а): ККР – Криворожско-Кременчугский, ЮКР – Южный краевой, ОПР – Орехово-Павлоградский, ЗПР – Западноприазовский; разломы III ранга (б)

Большая часть территории области (рис. 1) расположена в пределах Среднеприднепровского мегаблока Украинского щита и только ее северная часть приурочена к зоне сочленения щита с Днепровским грабеном.

На западе мегаблок ограничен Криворожско-Кременчугской межблоковой шовной зоной

(ККШЗ), а на востоке – Орехово-Павлоградской (ОПШЗ).

В настоящее время территория области характеризуется слабой сейсмической изученностью, которая обусловлена не отсутствием сейсмичности, а тем, что землетрясения с  $M \geq 3,5$  происходят на платформах редко, а на изучение более слабых землетрясений не рассчитана существующая сеть сейсмических станций. В целом же для платформенной части Украины и прилегающих областей характерно крайне неравномерное распределение эпицентров землетрясений, причем наиболее интенсивное сейсмическое воздействие оказывают землетрясения из примыкающих сейсмоактивных регионов: Карпатского, Румынского, Крымско-Черноморского.

**Организация гидрогеодинамических наблюдений.** С октября 2007 года Днепропетровская геофизическая экспедиция (ДГЭ) «Днепрогеофизика» начала целенаправленные работы по гидрогеологическим исследованиям для прогноза землетрясений на территории своей области [Пигулевский П.И. и др., 2010, Пигулевский П.И., Свистун В.К., 2011]. Они основываются на высокоточной и непрерывной во времени регистрации изменений параметров режима подземных вод в скважинах под влиянием процессов формирования и прохождения землетрясений (гидрогеосейсмические вариации). До этого момента изучение режима подземных вод с целью выявления закономерностей и особенностей проявления эффектов (аномалий) сейсмичности в асейсмичных регионах Украины системно не проводилось.

Мониторинг гидрогеодинамических параметров подземных вод был организован в 2 пунктах (рис. 1). Они были оборудованы специальными автономными регистрирующими «интеллектуальными» датчиками (ИД), установленными в скважине №14431 глубиной 815 метров со статическим уровнем воды 106 метров от дневной поверхности (г. Кривой Рог) и в контрольно-градуировочной скважине на производственной базе инженерно-геофизического центра ДГЭ глубиной 85 метров со статическим уровнем воды 17 м (г. Днепропетровск).

Частота регистрации наблюдений составляет 5 минут. Чувствительность ИД при регистрации уровня воды составляет 0,1 см, атмосферного давления – 1 мм. рт. ст., температуры 0,01° С.

Первичная обработка мониторинговых данных позволила выявить и систематизировать различные типы гидрогеосейсмических вариаций в изменениях многомесячных временных рядов данных наблюдений в скважинах с использованием методов статистического анализа и выполнить типизацию гидрогеосейсмических вариаций в режиме подземных вод Днепропетровской области. Результаты непрерывных исследований показали наличие связи между проявлениями гидрогеологических предвестников с сейсмичностью и современными деформациями земной коры на стадиях подготовки сильных землетрясений не только в близких (г. Вранча, Черное море) и местных (ККШЗ и ОПШЗ и зоне Южного краевого разлома Днепровского грабена) сейсмоактивных зонах (рис. 1), но и значительно удаленных (Китай (Сичуань, май 2008) и Япония (Хонсю, март 2011).

**Результаты исследований.** По гидрогеодинамическим параметрам и их реакции на деформации сжатия и растяжения в верхних слоях земной коры хорошо фиксируются не только общие (круглогодичные тренды) и региональные изменения колебаний уровня подземных вод (в зависимости от тектонических движений в земной коре, вызванных крупными землетрясениями), но и локальные (местные) особенности неотектонических событий (рис. 2, черный график, уровень воды в скважине г. Кривой Рог).

Как видно на рис. 2 геодинамические процессы в массиве докембрийских пород по-разному

проявляются в г.г. Кривой Рог и Днепропетровске. В январе 2011 года был зарегистрирован момент тектонической активизации по уровню воды в скважине №14431, который начался 7 января в 21 часа 45 минут. При этом уровень воды в скважине за 45 минут упал на 7-8 см. Такое снижение уровня, по всей видимости, связано с раскрытием сети мелких разломов и повышением трещиноватости в массивах докембрийских пород. Однако подобного явления в этот период времени не отмечается в скважине расположенной в г. Днепропетровске, что говорит об активизации тектонических процессов в районе Криворожско-Кременчугского разлома более чем за 6 суток.

На рис. 2 видно, что геодинамический параметр воды за несколько дней до события в этих двух скважинах начал вести себя индивидуально. Спустя 3 дня он стал снова синхронно работать. При этом на графиках наблюдается возрастание локальной аномалии сжатия в земной коре (серый график на рис. 2) и ее спад после землетрясения (с 14.01.2011 г.).

Современные тектонические процессы вызывают микронарушения в монолитности массивов докембрийских пород, активизируют или образуют сеть мелких разломов и зон повышенной трещиноватости. Как следствие, существенно снижается степень сейсмостойкости территории, возникают потенциальные предпосылки вертикальных и горизонтальных перемещений отдельных блоков. Причиной такого явления может быть чрезмерная техногенная нагрузка на блоки и зоны трещиноватости, обусловленные сооружениями отвалов, шламо-хранилищ и прудовнакопителей. Следствием землетрясения стал обвал пород, который произошел 18 января 2011 на территории Центрального ГОКа.

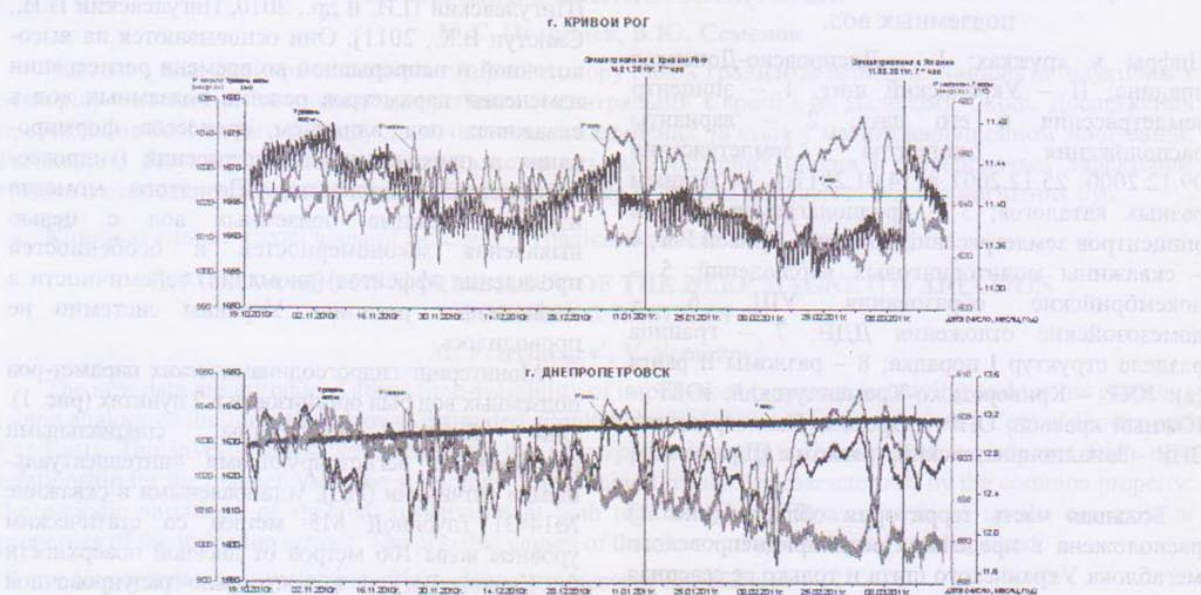


Рис. 2. Результаты наблюдений вариаций гидрогеодеформационного поля в скважинах Днепропетровской области с октября 2010 по март 2011 гг.

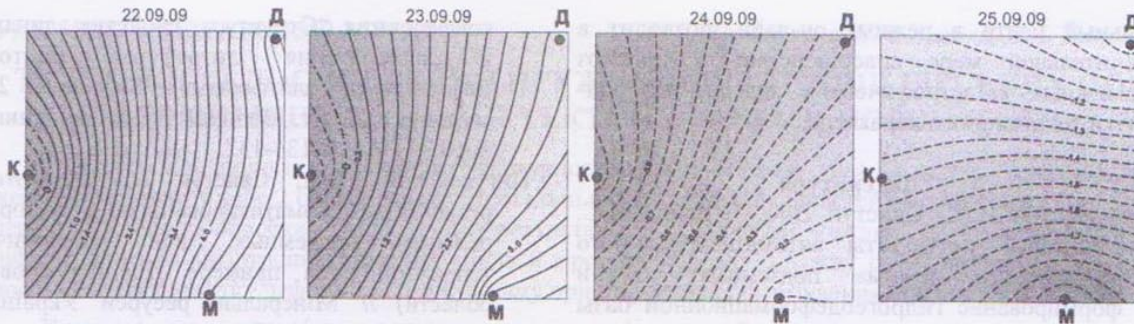


Рис. 3. Карты псевдорегиональных поверхностей ежесуточного состояния уровня подземных вод с 22 по 25 сентября 2009 г.

1 – пункты наблюдений: К – Кривой Рог, Д – Днепропетровск, М – Михайловка;  
2 – изолинии изменения псевдоповерхности воды (мм)

Что касается землетрясения в Японии (вблизи о. Хонсю), которое произошло 14 марта 2011 года в 7 час 46 мин (по Киеву), то на рис. 2 видно, что уровень и геодинамическое давление воды накануне и после Криворожского землетрясения вели себя по-разному. На графиках видно, что выделяются определенные промежутки времени с изменением частотных характеристик колебаний, в которых наблюдается синхронное или асинхронное поведение различных параметров режима подземных вод в пространственно разнесенных мониторинговых скважинах. На рис. 2 видно, что экстремумы поднятия и опускания уровня воды в скважинах сдвинуты по времени. После Японского землетрясения в скважине г. Кривого Рога был зарегистрирован фронт волны глобального сжатия, который проявился в увеличении уровня воды на 10 см с 8 час 20 мин до 10 час 15 мин. Анализируя графики на рис. 2, можно отметить, что гидрогеодинамические предвестники, по всей видимости, также проявились в виде увеличения тренда понижения уровня воды в течение 8-9 недель в скважине ДКГС-1 и локальных понижений уровня воды с параболической зависимостью в скважине №14431 на протяжении 20 недель перед Японским землетрясением с  $M = 8,9-9,0$ .

**Геодинамическое состояние региональной поверхности подземных вод.** Для построения псевдорегиональных поверхностей ежесуточного состояния подземных вод на территории Днепропетровской области был оборудован еще один пункт наблюдений в контрольно-градуировочной скважине на базе Белозерской геофизической партии ДГЭ в п.г.т. Михайловка (Запорожская область). По результатам исследований в 3-х скважинах строились карты параметров среднеуточной статической отметки уровня подземных вод (рис. 3), градиента его изменения и геодинамического давления. Комментируя поведение изолиний на рис. 3, вызванное состоявшимся 23 сентября двумя землетрясениями в Румынии ( $M=3,6$ ) и Турции ( $3,85$ ) и землетрясением в 7 час 19 мин 24 сентября южнее Крыма в Черном море с

$M$  более 3 и глубиной очага около 25 км, можно отметить, что 24 сентября ее уровень во всех монито-ринговых скважинах синхронно поднялся при незначительном развороте простираения изолиний. На следующий день (25 сентября), отмечается дальнейшее поднятие уровня воды с резкой сменой направления изолиний, что может свидетельствовать о существенных изменениях поля тектонических напряжений.

Полученные результаты требуют дальнейших экспериментальных исследований с привлечением большего количества скважин охватывающих значительные территории. К недостатку эксперимента необходимо отнести и тот факт, что исследования выполнялись в скважинах с разными гидрогеологическими условиями, характеризующиеся составом, возрастом, фильтрационными свойствами водовмещающих пород, особенностями строения водоносных горизонтов и глубин скважин.

**Выводы.** Проведенные исследования подтверждают ранее полученные результаты для сейсмоактивных областей и убеждают, что учет современного геодинамического фактора, полученного на базе гидрогеодеформационных наблюдений, должен быть включен как обязательный определяемый параметр, не только при прогнозе землетрясений, но и на стадии изысканий, проектирования и эксплуатации инженерных сооружений, а также для познания современных геодинамических процессов происходящих в литосфере.

Результаты сейсмической обработки землетрясений, которые за последнее десятилетие произошли в пределах Днепропетровской области и ее окрестностях, показывают, что платформенная часть территории Украины стала более сейсмоактивной. В первую очередь они участились в местах сосредоточения активной добычи и переработки полезных ископаемых.

Создание локальных пунктов для регистрации местных землетрясений с использованием специальных автономных "интеллектуальных" датчиков и сейсмопрогностической аппаратуры с включением их измерений в единый нацио-

нальний центр в режимі он-лайн, дозволит в значительній мірі удосконалити прогноз можливих катастрофічних явищ природного і техногенного характеру.

**Література**

Пігулевський П.І., Свистун В.К., Чуприна І.С. **Некоторые результаты автоматизированного мониторинга режима подземных вод и формирование гидрогеодеформационной базы данных // Материалы XVI международная**

конференция “Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы». Воронеж, 20-24 сентября 2010 г. Воронеж: Научная книга. – 2010. – Т.ІІ. – С.134-137.

Пігулевський П.І., Свистун В.К. **Некоторые результаты автоматизированного мониторинга режима подземных вод асейсмичных территорий (на примере Днепропетровской области) // Мінеральні ресурси України. – 2011. –№2. – С.42-47.**

**РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ГІДРОГЕОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД В АСЕЙСМІЧНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ (ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

**П.Г. Пігулевський, В.К. Свистун**

Наведено результати інтерпретації даних моніторингу гідрогеодинамічних параметрів підземних вод у Дніпропетровській області з метою прогнозу неотектонічних змін у масивах гірських порід. Показано необхідність створення національної бази даних результатів моніторингу гідрогеодинамічних параметрів підземних вод, виконуваних у всіх регіонах України.

**Ключові слова:** Український щит, асейсмічний регіон, підземні води, гідрогеодинамічні спостереження, моніторинг, землетрус, прогноз

**RESULTS OF MONITORING HYDROGEODYNAMICS GROUNDWATER PARAMETERS IN ASEISMIC REGIONS OF UKRAINE (DNEPROPETROVSK REGION)**

**P.I. Pigulevskiy, V.K. Svistun**

The preliminary interpretation results of monitoring data of hydrodynamic parameters of groundwater in Dnepropetrovsk region for the purpose of neotectonic changes forecast in the massifs are given. The necessity of creation the national data base of monitoring results of groundwater hydrodynamic parameters, executed at all regions of Ukraine, is pointed out.

**Key words:** Ukrainian Shield, Srednepidnerovsky megablock, aseismic region, hydrogeodynamic monitoring, groundwater monitoring, earthquake prediction.

*Днепропетровская геофизическая экспедиция «Днепрогеофизика»*