

УДК 550.83+551.24+556.3

**В. К. Свистун**, начальник експедиції,  
**П. Г. Пігулевський**, доктор геол. наук, с.н.с., головний геофізик.  
Дніпропетровська геофізична експедиція «Дніпрогеофізика»,  
вул. Геофізична, 1, Дніпропетровськ, 49057, Україна

### ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОФІЗИЧНИХ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ О. ЗМІІНИЙ ДГЕ «ДНІПРОГЕОФІЗИКА»

Вперше на острові були виконані комплексні геофізичні дослідження. За їх результатами закладені пошуково-розвідувальні гідрогеологічні свердловини, які встановили підземні води ґрунтового типу зі статичним рівнем на глибині 32,0-36,9 м в залежності від рельєфу місцевості. Для контролю за ними впроваджена система моніторингу, яка дозволяє у процесі експлуатації вимірювати рівень та мінералізацію підземних вод.

**Ключові слова:** гравірознавдя, магніторозвідка, електророзвідка, підземні води, моніторинг.

#### ВСТУП

На початку нашого тисячоліття Дніпропетровською геофізичною експедицією «Дніпрогеофізика» на острові Зміїний було виконано комплекс геолого-геофізичних досліджень, результати яких знаходяться в фондах експедиції і невідомі широкому колу фахівців, що вивчають еколого-геологічні, історико-археологічні та інші проблеми острова. Авторами цієї статті зроблено перший крок для популяризації цих досліджень.

**Мета роботи** – пошуки джерел водопостачання на о. Зміїний.

В плані острів Зміїний нагадує ромб. Найбільший розмір його з південного заходу на північний схід – 630 м, найменший, з півдня на північ – 360 м. По профілю морського дна острів різко виступає у вигляді прямокутника на висоту біля 70 м. Абсолютна відмітка рівня води біля острова в Балтійській системі висот складає -1,0 м.

#### СТИСЛИЙ НАРИС ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ

За матеріалами сейсморозвідки [1-3] методом загальної глибинної точки (МЗГТ) о. Зміїний розташований в межах горстоподібного підняття в домезозойських нашаруваннях. Острів має стовпоподібний вигляд, майже ізометричний в плані, який піднімається над горстом (рис. 1). Споруда острова розташована в локальній западині, глибина моря в якій збільшується на 8-10 м. Ця улоговина досліджена на протязі 22 км, при максимальній ширині 7-8 км. За даними батиметричної зйомки [3] позитивна форма рельєфу морського дна не вписується в загальну морфологію сучасного рельєфу. На карті морського дна з перетином 1 м (рис. 1) видно, що ділянка акваторії, безпосередньо прилягаюча до о. Зміїного, являє собою аномальну позитивну форму рельєфу дна моря з обривистими краями (по ізобатам приблизно 25-30 м). Ці обривисті краї вочевидь є береговою лінією палеоострова в античні та

більш ранні часи. Тоді його діаметр був біля 2 км.

Незважаючи на добру відслоненість острова та наявність там свердловини глибиною 509 м, серед дослідників немає єдиної точки зору щодо інтерпретації геологічних фактів, отожднення нашарувань о. Зміїного з подібними породами в найближчій суші.

Найбільш давніми породами, встановленими свердловиною "Морська-1" в інт. 303-509 м є породи пізнього силуру, представлені двома пачками, виділеними за літологічними ознаками.

У структурно-тектонічному відношенні острів розглядається як Зміїноострівський блок Придунайського горстового мегаблоку [4,5]. За аналогією з Північною Добруджою, Зміїноострівське підняття зазнає не тільки герцинського тектогенезу, але й пізньої, ерійської фази каледонського тектогенезу.

З точки зору сучасної геодинаміки острів Зміїний розташований у межах Губкінського підняття зони палеозойських відкладів, відомої під назвою Кілійсько-Зміїної. Зона припіднята над суміжними з нею Криловською та Михайлівською депресіями на 4-5 км та 8-10 км відповідно [2,6].

З позицій мобілізму островів знаходиться в зоні високої тектонічної активності, яка проявляється з рифея до наших днів. Геодинаміка регіону визначається положенням та нахилом колізійних швів у межах граничної області крупних геотектонічних елементів зони взаємодії Євразійської та Африканської літосферних плит [6].

## ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Перші геофізичні дослідження на о. Зміїний були виконані у 1968 році фахівцями Чорноморської та Дніпропетровської геофізичних експедицій (Самсонов В.І. і інші). Були проведені геологічне та магнітометричне дослідження острова по нерегулярній системі профілів. Ці роботи носили ініціативний характер і їх результати не потрапили до фондів ДГЕ "Дніпрогеофізика" та ДГП «Одесморгеологія».

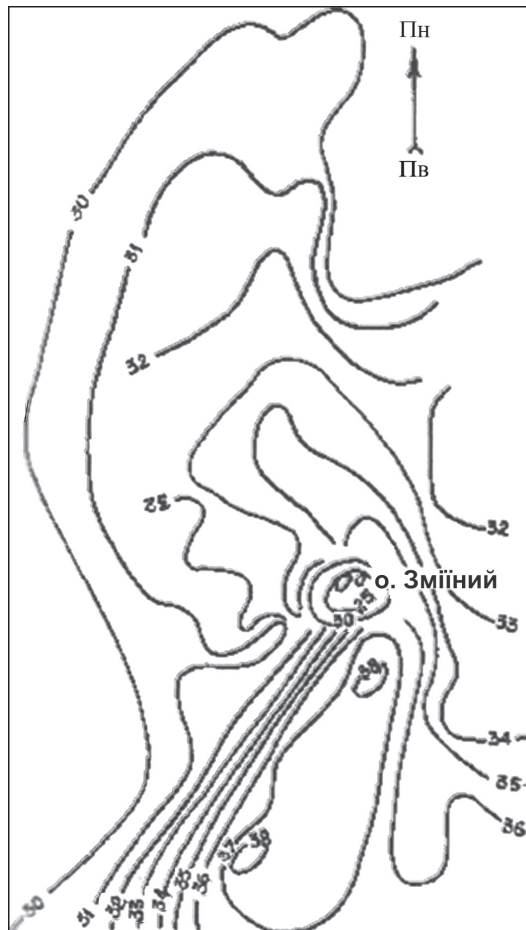


Рис. 1 – Карта рельєфу морського дна в районі о. Зміїний по (В.І. Самсонову) [3]

Детальні дослідження на о. Зміїний були виконані ДГЕ «Дніпрогеофізика» в 2002 році і склалися з гравіметричних робіт по мережі 20 x 10 м, магнітометричних – 10 x 5 м та електрометричних (ДОЗ-ВП) – 40 x 5 м.

На острові розвинуто і ув'язано з ОГП-II кл. «Тузли» три опорні гравіметричні пункти III кл., які в майбутньому можуть бути опорними точками при виконанні морських гравіметричних зйомок на шельфі Чорного моря.

За результатами обробки матеріалів рядової гравіметричної зйомки була складена гравіметрична карта о. Зміїний масштабу 1:2000 з перетином ізоаномал 0,1 мГал в редукції Буге з щільністю проміжного шару 2,67 г/см<sup>3</sup>. При аналізі створеної карти гравітаційного поля, звертає на себе увагу наявність градієнтних зон з амплітудами до 0,3-0,5 мГал по західному та східному краю острова. Ці градієнти можуть бути викликані двома причинами. Поперше, недокомпенсованим впливом мас (дефект мас), тому що зйомка виконувалася на вельми маленькій площі на вершині усіченого конусу висотою біля 70 м. Однак, спроба скомпенсувати дефект маси через введення поправки за вплив середньої та дальньої зон, за програмами ДГЕ «Дніпрогеофізика», не дала відчутного впливу на характер розподілу поля. Другий варіант можливої причини виникнення градієнтів  $\Delta g$ , це те, що зареєстрований розподіл поля відображає тонку структуру поля локального мінімуму, отриманого при виконанні морської гравірозвідки в районі о. Зміїний (рис. 2).

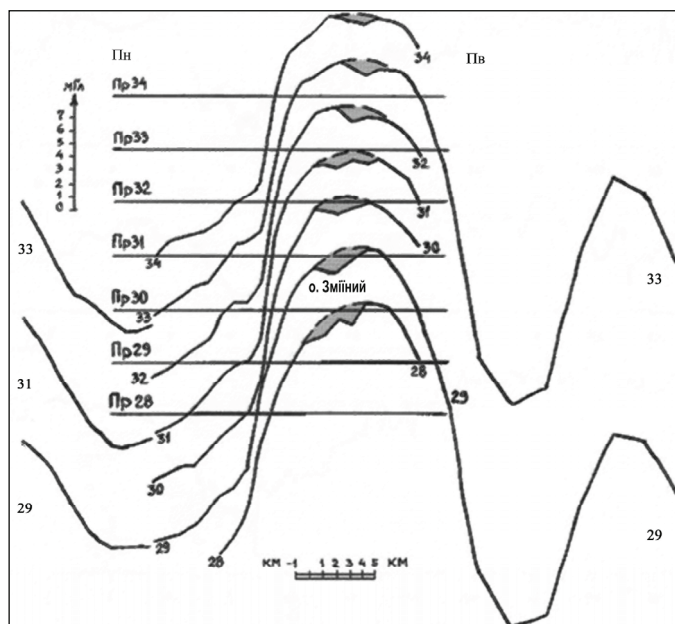


Рис. 2. Графіки  $\Delta g$  в районі о. Зміїний (по В.І. Самсонову)

При виконанні гравіметричної зйомки було виконано нівелювання площі острова по сітці 20x10 м, яке було використано при побудові об'ємної геологічної моделі.

За результатами електрометричних робіт були побудовані карти позірної опору на різних розносах зондувань ДОЗ-ВП, які характеризують відповідно різні

глибини. Так, на карті позірного опору для розносу 10 м (мінімальна глибина зондувань) чітко виділяється вздовж західного берега острова лінійна аномалія понижених значень  $\rho_k$  (50-100 Ом·м) на фоні 200-500 Ом·м. Ця аномалія пов'язана з виходом на поверхню шару строкатих глин. Зовсім іншу картину спостерігаємо на карті позірного опору при розносі 40 м та відповідній глибина зондувань орієнтовно на рівні моря не так чітко, але досить впевнено, зважаючи на високий рівень геологічних та електромагнітних завад, виділяється зона понижених значень позірного опору. Виділена зона підвищеної електропровідності ототожнюється з лінзами слабкоцементованих, кавернозних конгломератів, заповнених водою.

За даними магнітної зйомки виявлено численну кількість об'єктів техногенного забруднення. Всі, без винятку, локальні аномалії магнітного поля викликані об'єктами техногенного походження, тому, карту магнітного поля острова слід розглядати, як карту техногенного забруднення його території магнітоактивними матеріалами.

В теперішній час острів майже повністю очищений від металевих брухтів, що дає змогу виконати нову магнітну зйомку з усуненням впливу техногенного забруднення.

За даними комплексної інтерпретації електророзвідки ДОЗ-ВП і магніторозвідки у північно-західній частині острова виділено аномальну ділянку, яка може бути перспективною для археологічних досліджень. Ділянка приурочена до відомого шару глин. Виділяється аномальними значеннями параметру поляризації  $i$ , на відміну від техногенних аномалій, спокійним магнітним полем. Таку аномалію може визвати об'єкт, який має електронну електропровідність, немагнітний і немасивний. Тобто, таку аномалію може визвати скупчення дрібних предметів із кольорових металів.

За результатами геофізичних досліджень в межах виділеної зони понижених значень  $\rho_k$  було рекомендовано буріння трьох свердловин № 2; 4; 5 з метою пошуків джерел питної води.

## РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Свердловина № 2** пройдена в північно-західній частині острова, глибина її 56 м. Водовміщуючий горизонт, складений конгломератами на кварцовому цементі і окварцьованими пісковиками, за даними геофізичних досліджень свердловин (ГДС) виділяється з глибини 32,4 м і до забою - за рахунок підвищеної тріщинуватості і кавернозності конгломератів. Статичний рівень підземних вод встановився на глибині 32,5 м, що приблизно на 0,4 м вище рівня моря. В процесі пробної відкачки одержано дебіт 2,07 м<sup>3</sup>/год. При зниженні рівня на 4,2 м, питомий дебіт склав 0,5 м<sup>3</sup>/год. За хімічним складом підземні води сульфатно-хлоридні калієво-натрієві з мінералізацією в межах 1,8-2,3 г/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість не перевищує 4,8 ммоль/дм<sup>3</sup>. Характерним є високий вміст органічних речовин і азотних сполук.

**Свердловина № 4** пробурена в центральній частині острова, в 120 м на південний схід від свердловини № 2, глибина її 44,0 м. Водовміщуючий горизонт в інтервалі 36,0-44,0 м представлений кавернозними і тріщинуватими кварцовими конгломератами.

Статичний рівень підземних вод встановлюється на глибині 36,9 м, що приблизно на 0,9 м перевищує рівень моря. Дебіт свердловини при опробуванні її пробною відкачкою склав 1,06 м<sup>3</sup>/год., зниження рівня при цьому становило 1,6 м, питомий дебіт склав 0,66 м<sup>3</sup>/год.

За період польових робіт на острові із свердловини № 2 відбиралась вода для використання при бурінні і в ремонтно-будівельних роботах. За весь період експлуатації свердловини (станом на 01.07.2013 р.) для господарчих та санітарно-гігієнічних потреб острова було відібрано більше 7000 м<sup>3</sup> прісної води.

За хімічним складом вода в свердловині № 4 аналогічна свердловині № 2 – вона хлоридна натрієва з мінералізацією до 2,3 г/дм<sup>3</sup>, загальною жорсткістю 4,52 ммоль/дм<sup>3</sup>, з високим вмістом калію і азотних сполук

**Свердловина № 5** (розвідувальна гідрогеологічна) закладена в центральній частині острова поряд зі свердловиною № 4 з метою вивчення геологічного розрізу, фільтраційних властивостей порід, їх водозбагаченності і хімічного складу підземних вод у вертикальному розрізі до глибини 120 м. Буріння свердловини № 5 і дослідні роботи по ній проводились в два етапи. В 2004-му році свердловина була пробурена до глибини 97 м, виконані геофізичні дослідження (ГДС), пробні відкачки і відібрані проби підземних вод на хіманалізи. В 2005-му році роботи були поновлені – свердловина розбурена до діаметру 215 мм в інтервалі 0 – 55 м і обладнана обсадною колоною д = 168 мм з метою ізоляції верхнього водоносного горизонту (35,3-55,0 м) від нижчезалягаючих водоносних інтервалів. Потім свердловину було добурено до проектної глибини 120 м, виконаний повний комплекс ГДС, пробні відкачки і гідрохімічне опробування з різних інтервалів свердловини.

**Результати моніторингу підземних вод**, який з деякими перервами ведеться на острові з 2003-го року за допомогою створеної і впровадженої в експлуатацію цифрової комп'ютерної системи реєстрації температури та рівня води в свердловинах (рис. 3), свідчать про практичну незмінність рівня підземних вод розкритого водоносного горизонту впродовж всього періоду спостережень.

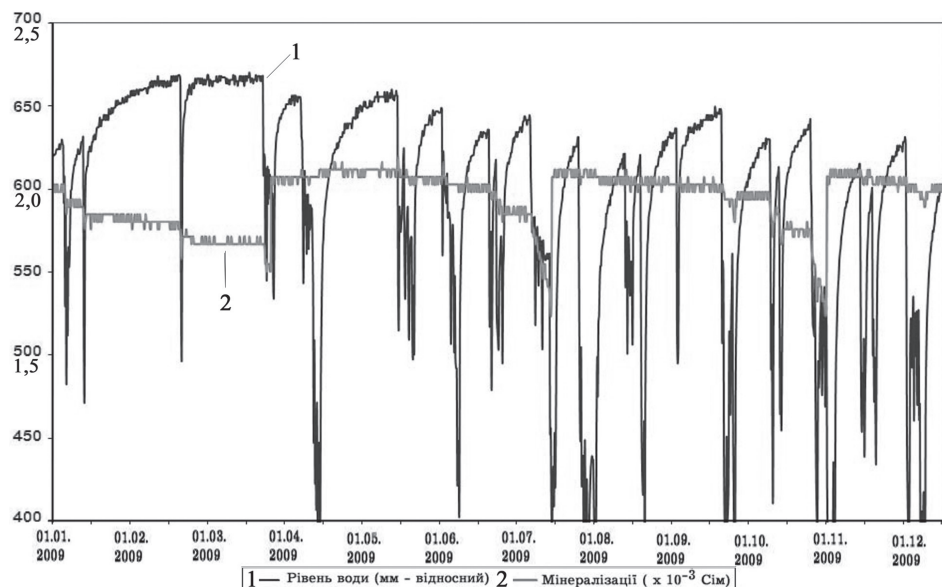


Рис. 3. Результати моніторингу підземних вод о. Зміни в свердловині № 2 в 2009 році

Частоту реєстрації даних спостережень параметрів підземних вод було запрограмоване на інтервал в 20 хв. (табл. 1), а з квітня 2013 року, – 30 хв.

Отримані результати моніторингу дозволяють зробити висновок про спроможність відновлення запасів слабо солонуватих підземних вод при встановленому режимі водокористування не більш 3 м<sup>3</sup> за добу. В природних умовах режим підземних вод характеризується коливаннями рівня в межах 0,2 – 0,4 м, а температури – 0,1 – 0,2°C. Статичний рівень встановлюється в залежності від рельєфу місцевості на глибині 32,0 – 36,9 м, на відмітках, наближених до рівня моря.

Хімічний склад підземних вод залишається незмінним з початку робіт на острові. Це добре видно на прикладі свердловини №2, з якої відібрано найбільшу кількість проб води протягом експлуатації в 2003 – 2013 роках. Мінералізація лишається в межах 2,0 - 2,3 г/дм<sup>3</sup>, хімічний тип води також незмінний – вона хлоридна натрієва. Незмінність хімічного складу підземних вод підтверджує наявність певних запасів води в розкритому водоносному горизонті.

Таблиця 1

**Приклад запису спостережених значень динамічних (P) та фізичних (M, t) параметрів підземних вод в свердловині №2 (о. Зміїний)**

Дата	Час	Тиск, P	Мінералізація, M	Температура, t
09.01.2008	0:20:00	695,16	1,95	13,33
09.01.2008	0:40:00	692,93	1,92	13,33
09.01.2008	1:00:00	695,2	1,95	13,33
09.01.2008	1:20:00	695,86	1,92	13,33
09.01.2008	1:40:00	692,96	1,92	13,33
09.01.2008	2:00:00	695,89	1,95	13,33
09.01.2008	2:20:00	695,89	1,95	13,33
09.01.2008	2:40:00	692,27	1,92	13,33
09.01.2008	3:00:00	692,23	1,92	13,33
09.01.2008	3:20:00	695,16	1,92	13,33

В свердловині № 4 встановлений датчик контролю за тиском і температурою підземних вод. Зіставлення одержаних параметрів в свердловинах № 2 і 4 свідчать про наявність їх пропорційного зв'язку при відкачках, що вказує на обмеженість запасів прісних вод на острові (Відстань між свердловинами ~ 80 м). Однак, аналіз одержаних в період моніторингу даних дозволяє збільшити рекомендований в перші роки режим відкачок з 3 м<sup>3</sup> до 5 м<sup>3</sup>, при цьому зростання мінералізації видобутих підземних вод лабораторними аналізами і датчиками не встановлено.

Як відомо, живлення підземних вод відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і конденсації водяних парів, однак, кількісна оцінка запасів підземних вод неможлива. Це, в основному, обумовлено літологією водовміщуючих

порід - конгломератами з тріщинуватими зонами, які виникли за рахунок тектонічних процесів і в результаті вивітрювання, просторові межі яких до цього часу ще повністю не встановлені.

Також, завдяки моніторингу наглядно видно залежність рівня коливання води в свердловинах в різні пори року від кількості опадів в порівнювальних періодах різних років. Ці дані добре погоджуються зі спостереженнями метеорологів. Найбільші дебіти свердловин відмічаються в період з червня до кінця вересня. Це свідчить, що головним джерелом живлення підземних вод є конденсація атмосферної вологи.

Слід відмітити високу точність дистанційних вимірів значень мінералізації, в фіксовані проміжки часу та їх відповідності лабораторним аналізам.

Незначне збільшення мінералізації підземних вод при відкачках свідчить про підтягування в депресійну вирву морської води. Враховуючи, що вода біля острова буває як прісною так і морською з вмістом солей більше 5 г/л, можливі коливання притоків в депресійну вирву і води з низькою мінералізацією. Зниження мінералізації води біля острова відбувається в періоди повеней і значного виносу води з Дунаю до о. Зміїний.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених геолого-геофізичних досліджень на територію о. Зміїний вперше було складено карти магнітного та гравітаційного полів. Вся площа покрита електрондуванням методом ДОЗ-ВП. На основі отриманих матеріалів було видано рекомендації для буріння трьох завірочних свердловин з визначенням прогнозного розрізу.

Вперше на острові виставлено опорні гравіметричні пункти, які в подальшому стануть в нагоді при виконанні морських гравіметричних зйомок

При інтенсивному господарському освоєнні острова необхідна оцінка екологічного стану ґрунтів.

Вважаємо за необхідне продовжити вивчення речовинного складу гірських порід острова з метою встановлення їх генезису, що може мати важливе значення при подальшому дослідженні Чорноморського шельфу та пошуках корисних копалин.

На рекомендованій ділянці для археологічних досліджень необхідно виконати мікромагнітну зйомку у двох рівнях по сітці 1x1 м, а також деталізаційні роботи методом ВП, що дасть змогу значно скоротити площу розкопок.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Коморный А. Ф.* Комплексная интерпретация материалов региональных сейсморазведочных работ МОВ ОГТ северо-западного шельфа Черного моря. Отчет по объекту 2/96. ОГП : отчет / А.Ф. Коморный. – К.: ДФ Геоинформ, 2001. – 168с.
2. *Мороз С. А.* Геологическое строение Северного Причерноморья : монография / С.А. Мороз, И.Н. Сулимов, П.Ф.Гожик. – К.: Наук. думка, 1995. – 184 с.
3. *Самсонов В. И.* Приоритетные направления нефтегазопищевых работ на Черноморской акватории Украины с позиций тектоники литосферных плит / В.И. Самсонов, С.Г. Луцкив, А.В. Чепижко // Геология і геохімія горючих копалин. – 2001.– №1.– С. 30-35.
4. *Сулимов И. Н.* Геология Украинского Черноморья : монография / И.Н. Сулимов. – Киев-Одесса : Вища школа, 1984. – 126 с.

5. Сулимов И. Н. Геология и прогноз нефтегазоносности района острова Змеиного в Черном море : монография / И.Н. Сулимов. – Одесса : Астропринт, 2001. – 108 с.
6. Чепижко А. В. Особенности геодинамики и тектоники акваториального обрамления Северочерноморской континентальной окраины / А.В. Чепижко // Геолого-минералогічний вісник. – 2002. – № 2. – С.61-66.

Стаття надійшла до редакції 10.07.2013

**В. К. Свистун, П. И. Пигулевский**

Днепропетровская геофизическая экспедиция «Днепрогеофизика»,  
ул. Геофизическая, 1, Днепропетровск, 49057, Украина

### НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ О. ЗМЕИНЫЙ ДГЭ «ДНЕПРОГЕОФИЗИКА»

#### Резюме

В начале XXI века ДГЭ «Днепрогеофизика» выполнила на острове комплексные геофизические исследования. По их результатам были пробурены поисково-разведочные гидрогеологические скважины, которые установили наличие подземных вод грунтового типа со статическим уровнем 36,9 - 32,0 м. Глубины распространения слабоминерализованных вод отмечаются ниже уровня моря (до 80 м). Для контроля уровня и минерализации подземных вод в процессе эксплуатации скважины была создана система мониторинга. Полученные результаты позволили увеличить режим откачек воды со скважины с 3 м<sup>3</sup> до 5 м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, подземные воды, мониторинг.

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

Dnipropetrovsk Geophysical Expedition «Dneprogeofizika»,  
Geophysical St., 1, Dnipropetrovsk, 49057, Ukraine

### SOME RESULTS OF GEOPHYSICAL AND HYDRO-GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE ISLAND «ZMEINIY» EXECUTED BY THE DGE «DNEPROGEOFIZIKA»

#### Summary

In the beginning of XXI century DGE “Dneprogeofizika” has executed complex geophysical researches on island. By their results explorative hydro-geological wells which have established presence of underground waters of soil type with static level from 36,9 to 32,0 m have been drilled. Depths of distribution of poorly-mineralization waters are marked below a sea level (to 80 m). For the control of level and a mineralization of underground waters while in service well the monitoring system has been created. The received results have allowed increase a pumping performance of water from a well with 3 m<sup>3</sup> to 5 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** gravity exploration, magnetic exploration, electrical exploration, underground waters, monitoring.