

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЯ

УДК 556.3;550.8.053

DOI: 10.18524/2303-9914.2020.1(36).205181

С. В. Кадурін¹, канд. геол. н., доц.,

О. Е. Чуйко¹, ст. викладач,

О. Ю. Медведєв², канд. геол. н., начальник гідрогеолого-меліоративної партії

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,

кафедра інженерної геології і гідрогеології,

Шампанський пров., 2, Одеса, 65058, Україна

²Одеська гідрогеолого-меліоративна експедиція

Одеського обласного управління водних ресурсів,

вул. Льва Смиренка, 33Б, м. Одеса, 65041, Україна

kadurins@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ РІВНЕВОГО РЕЖИМУ ГРУНТОВИХ ВОД НА ТЕРИТОРІЇ ОВДІОПІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Представлено порівняння наземних спостережень за зміною рівня ґрунтових вод у 2017 році навколо села Надлиманське Овідіопільського району Одеської області та даних дистанційного зондування Землі. Проведена обробка знімків супутникової системи Sentinel-2 для цієї ж території за той самий період часу з розрахунком індексних значень обводнення NDWI, MNDWI, NDPI. Виявлені значні коефіцієнти кореляції між індексами обводнення території та глибиною залягання рівня ґрунтових вод для деяких свердловин спостереження. Показано, що методи ДЗЗ можуть бути застосовані для аналізу обводнення території з урахуванням деяких обмежень.

Ключові слова: ДЗЗ, Овідіопільський район, рівень ґрунтових вод, NDWI, MNDWI, NDPI.

ВСТУП

Зрошуване землеробство в степових регіонах півдня України закономірно супроводжується негативними явищами, до числа найбільш небезпечних з яких слід віднести підтоплення сільськогосподарських угідь через порушення в результаті зрошення водного балансу зони активного водообміну. Значна частина води, що подається на зрошувані масиви, у вигляді фільтраційних втрат із зрошувальної мережі і безпосередньо при поливах проходить зону аерації і досягає рівня ґрунтових вод (РГВ), що починає підійматися. Амплітуда під-

няття залежить від глибин ГВ, інтенсивності поливів, віддаленості від каналів зрошувальної мережі, способу поливу та інших факторів. Підняття РГВ може привести до перезволоження ґрунтів, вторинного засолення і, як наслідок, до зниження врожайності сільськогосподарських культур. Тому питання спостереження та контролю рівня ґрунтових вод на півдні України є важливим

В останній час *актуального значення* набувають поєднання натурних спостережень за рівнем підтоплення та дистанційних методів спостереження за територіями, що здійснюються з різних літальних апаратів, які реєструють стан земної поверхні та окремих параметрів природного середовища. Частіше за все зараз використовуються супутникові системи, які мають можливість проводити зйомку місцевості з високою роздільною здатністю (від 1 до 30 м² на 1 піксель зображення) та у видимому та інфрачервоному спектрі. Такі спостереження в останній час активно використовуються у різних частинах світу, від територій пустель до тропічних джунглей [3, 5]. Усі існуючі на цей час методи дистанційного визначення ступеня обводнення територій засновані на порівнянні значень відбиття сонячного випромінювання у видимому зеленому (559 нм) і червоному (664 нм) та ближньому (833 нм) і середньому (2200 нм) інфрачервоному спектрах [4, 6, 8]. Ці спектральні діапазони обрані не випадково та відображають особливості спектру відбиття сухих та обводнених ґрунтів та рослин у видимому та інфрачервоному діапазонах. Такі порівняння дозволяють розрахувати певні індексні значення по яким проводиться оцінка ступеня обводнення території, чи навіть підтоплення.

Однак, найбільш важливим питанням протягом усіх таких досліджень є питання співвідношення отриманих результатів дистанційних спостережень з реальними дослідженнями на місцевості [5, 7]. Частіше за все таке порівняння зводиться до визначення вологості ґрунтів у певних точках території в той самий час, коли був зроблений супутниковий знімок. Особливістю порівняння результатів дистанційних та наземних досліджень рівня обводнення на півдні України є те, що тут створена та функціонує система спостережених свердловин, які дозволяють кожного місяця визначати рівень ґрунтових вод у певних ключових точках місцевості та говорити про коливання цього рівня протягом певного інтервалу часу. Нажаль, кількість таких свердловин з безперервним спостереженням за рівнем ґрунтових вод у районах не дуже велика, але данні за різні часи року дозволяють спостерігати певну динаміку. До того ж ці свердловини розташовані на територіях оснащених дренажними системами.

Дренажні системи на зрошуваних землях південного заходу Одеської області вводилися в експлуатацію протягом 1970–1985 років. Багаторічні спостереження за комплексом значущих для меліорації показників, серед яких найбільш важливим є режим ґрунтових і дренажно-скидних вод, не дають підстав стверджувати, що дренаж працює ефективно. У зв'язку з цим виникла необхідність контролю за можливим розвитком процесу підтоплення як на зрошуваних масивах з дренажем і за його відсутністю, так і на прилеглих до них

землях сільських населених пунктів з активним землеробством з метою розробки найбільш оптимальної системи заходів з управління водним режимом в межах означених територій. На території Нижньо-Дністровської зрошувальної системи у зоні обслуговування Овідіопільського ПВЗ моніторинг за рівнем ГВ виконується на підставі даних мережі спостережних свердловин [1, 2].

Об'єкт дослідження – рівневий режим ґрунтових вод на території локальних майданчиків Нижньо-Дністровської зрошувальної системи в зоні діяльності Овідіопільського ПВЗ Одеської області. *Предмет дослідження* – індексні значення обводнення, які розраховані за результатами дистанційних методів дослідження Землі.

Мета дослідження – апробація методики аналізу дистанційних супутникових знімків Землі для оцінки коливання рівня ґрунтових вод та ступеня обводнення поверхневого шару ґрунтів.

Основними завданнями дослідження є: аналіз інформації про рівневий режим ґрунтових вод для території, що вивчається, за обраний інтервал часу; підбір супутникових знімків цієї ж території за той самий інтервал часу та підбір і розрахунок спеціалізованих індексних значень, які можуть характеризувати ступень обводнення ґрунтів; проведення порівняння результатів натурних спостережень з даними дистанційних досліджень.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Матеріали і методи ДЗЗ. Для аналізу ступеня обводнення поверхневих шарів території були використані знімки супутникового комплексу Sentinel-2. Комплекс складений двома штучними супутниками Землі: Sentinel-2A, який запущений на орбіту 23 червня 2015 року, та Sentinel-2B, запущеного 7 березня 2017 року. Супутники належать Європейській космічній агенції та створені у рамках проекту глобального моніторингу довкілля та безпеки «Копернікус». Цей супутниковий комплекс дозволяє отримувати мультиспектральні знімки поверхні Землі за 13 діапазонами: від видимого, через ближній інфрачервоний і до інфрачервоного короткохвильового спектру. Роздільна здатність різних діапазонів зйомки варіюється від 10 до 60 метрів. Знімки розповсюджуються безкоштовно та вільно.

Для визначення ступеня обводнення у поверхневому шарі ґрунтів були використані методики обробки знімків ДЗЗ, які засновані на створенні спеціалізованих комбінацій різних діапазонів та розрахунку і побудові індексних зображень. На цей час існує та активно використовується певна кількість різних індексних значень, які дозволяють з тою чи іншою мірою точності оцінити рівень обводнення поверхневого шару ґрунтів [5]. Це в першу чергу пов'язано з тим, що різні автори проводили порівняння спектру відбивання води та різних ґрунтів у різних умовах довкілля та встановлювали певні закономірності. У наданій роботі представлені три водних індекси, які мають найбільш широке розповсюдження серед дистанційних методів оцінки обводнення території.

Індекс NDWI – нормалізований диференційований водний індекс був запропонований Гао у 1996 році [4]. Цей індекс розраховується як співвідношення ближнього інфрачервоного та середнього інфрачервоного діапазонів за формулою:

$$NDWI = \frac{nIR - mIR}{nIR + mIR} \quad (1)$$

Де nIR – ближній інфрачервоний діапазон, який співвідноситься у знімках Sentinel-2 з каналом 8; mIR – середній інфрачервоний діапазон, який співвідноситься з каналом 12. Індекс дозволяє оцінити ступень обводнення у поверхневому шарі ґрунтів чи у рослинному покриві. Це безрозмірна величина, що знаходиться у діапазоні значень від -1 до 1. Значення, які наближаються до 1, визначають підвищене обводнення, навіть підтоплення. Значення, близькі до -1, визначають осушення території. Особливістю цього індексного зображення є те, що для нього істотне значення має інтенсивність та стан рослинного покриву території.

Індекс MNDWI – модифікований нормалізований диференційований водний індекс був запропонований Хі у 2006 році [8]. Розрахунок цього індексу в першу чергу спрямований на виявлення та фіксацію відбиття від води у поверхневому шарі, особливо відкритої води на поверхні. Він розраховується за наступним рівнянням:

$$MNDWI = \frac{Green - mIR}{Green + mIR} \quad (2)$$

Де $Green$ – це діапазон, який визначає інтенсивність відбиття світу у видимому зеленому спектрі та відповідає каналу 3 у знімках Sentinel-2, а mIR – це середній інфрачервоний діапазон, який співвідноситься з каналом 12. Цей індекс також коливається в інтервалі від -1 до 1. Значення, що близькі до 1, свідчать про високий рівень зволоження поверхнього шару ґрунтів. Поверхня відкритої води має значення 1. Чим більше засушлива територія, тим більше значення індексу наближаються до -1.

Індекс NDPI – нормалізований диференційований озерний (болотний) індекс був розрахований та запропонований J.P. Lesaux та іншими в 2007 році [6]. Цей індекс спрямований на виявлення та картування малих водоймищ, районів заболочування та підтоплення. На результати цього індексу істотно впливає присутність специфічної рослинності, яка формується навколо малих водоймищ та болот. Розрахунок індексу відбувається за наступним рівнянням:

$$NDPI = \frac{Green - mIR}{Green + mIR} \quad (3)$$

Це рівняння ідентичне тому, що використовується для розрахунку значень модифікованого нормалізованого диференційованого водного індексу (MNDWI). Різниця полягає в тому, що для визначення NDPI використовується канал 3 супутникового комплексу Sentinel-2, як діапазон видимого зеленого, та канал 11, як діапазон середнього інфрачервоного. Цей індекс також приймає значення від 1 до -1. Значення, що наближаються до одиниці, виникають у разі заболочування чи підтоплення території.

Розрахунок обраних індексів виконувався для знімків супутникового комплексу Sentinel-2, які фіксували територію Овідіопільського району Одеської області на наступні дати: 31.03.2017; 13.04.2017; 10.05.2017; 12.06.2017; 12.07.2017; 11.08.2017; 30.09.2017; 17.10.2017; 26.12.2017. Таким чином, на протязі часу з березня по грудень 2017 року, практично кожен місяць проводилися дистанційні спостереження території. Усі знімки, що використовувалися, відносяться до рівня обробки «Level 2A», тобто до первинних супутникових знімків на стадії препроцесингу застосовані процедури класифікації та атмосферної корекції. Такий рівень попередньої обробки дозволяє отримати відбиття, яке характерно для нижньої частини атмосфери та безпосередньо для земної поверхні, тому такі знімки мають додаткову позначку «BOA (Bottom of Atmosphere)». Також усі знімки охоплюють ділянку поверхні розмірами 100*100 км² та мають картографічну прив'язку у системі UTM/WGS84.

Матеріали і методи спостереження за рівнем ґрунтових вод. В межах Овідіопільського району Одеської області в районі селища Надлиманське з метою дослідження за часовими змінами рівневого режиму ґрунтових вод було обрано 7 спостережних гідрогеологічних свердловин, за якими з 2007 по 2017 роки включно кожного місяця виконувалися виміри рівня ґрунтових вод.

Зрошувані землі в зоні діяльності Овідіопільського УВГ розташовані на різних елементах ерозійно-акумулятивних форм рельєфу і відрізняються геологічною будовою і глибиною залягання ґрунтових вод. Тому створюються різні умови живлення і розвантаження підземних вод. Рівневий режим ГВ, його кількісні показники, пов'язані з певними специфічними зонами, притаманними зрошуваному масиву. Відповідно виділяються зони: зрошування на дренажі, зрошування без дренажу, незрошувані, схилів плато і каналів. Основна частина зрошувальних земель розташовується на вододільних плато з добре вираженою яружно-балочною мережею.

Ґрунтові води залягають в алювіальних, алювіально-делювіальних, еолово-делювіальних відкладах неоплейстоцену. Водомісткими породами є супіски, піски, суглинки.

Ґрунтові води четвертинних відкладів залягають в еолово-делювіальних суглинках вододільних просторів, в алювіальних відкладах, подових і балочних утвореннях. Підземні води в еолово-делювіальних відкладах вододільного плато мають не повсюдний розвиток. Місцевим водотривом для них є червоно-бурі глини верхнього пліоцену – еоплейстоцену. Поверхня ГВ розташову-

ється на глибині від 0,5 м в смузі схилу плато до Карагвольської затоки Дністровського лиману до 11–12 м на плато поза зоною впливу каналів.

Свердловини, за якими проводився аналіз змін рівня ґрунтових вод, розташовані на межі функціонування Овідіопільської дренажної системи, а саме двох дренажних ділянок (рис. 1). Так, свердловини ОД-53 та ОД-56 розташовані на північ від села Надлиманське, на території дренажної ділянки 10-ГРД, що введена в експлуатацію у 1982 році. Площа дренажу 41 га. Глибина закладення дренажної мережі на цієї ділянці складає 4,85 м. Всього дренажна ділянка має 12 дрен та 35 наглядних колодязів. Усі інші свердловини (ОД-12а, ОД-18а, ОД-108, ОД-110, ОД-112) розташовані у межах селища та на дренажній ділянці С-1 – С-2. Будівництво цієї ділянки почалося у 1972 році для запобігання підтопленню селища Надлиманське. Однак виявилось, що створені споруди не в повному обсязі вирішують ситуацію що склалася, тому з 1974 по 1987 роки виконувалася добудова нових дрен. На цей час ділянка має 52 дрени та 158 наглядних колодязів, міждренова відстань складає від 50 до 200 метрів. Глибина залягання дренажу складає 2,9–3,0 метри. Скидання дренажної води здійснюється до ложа Карагвольської затоки.



Рис. 1. Карта-схема розташування дренажних ділянок та свердловин спостереження

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Таким чином, створений у межах села Надлиманське та на південь від нього схиловий дренаж дозволяє не допустити значного підтоплення території. Однак, оскільки район що вивчається знаходиться на схилі до Карагвольської затоки, то у деяких місцях рівень ГВ складає менш ніж 1 метр від поверхні. Оцінка зміни рівня ГВ у 2017 році, який вивчається, по усім обраним сверд-

ловинам свідчить, що для всіх них характерними є певні закономірності. Так, практично у всіх свердловинах спостерігається підвищення рівня ГВ з початку року до березня. Потім формується стабілізація рівня на протязі березня – серпня 2017 року, а починаючи з вересня рівень знижується до значень початку року. Виключенням є свердловини ОД-18а з абсолютною позначкою гирла 67,5 м, що розташована на околиці села, та ОД-110 з абсолютною позначкою гирла 54,26 м, у центральній частині селища, де зафіксовані найнижчий та найвищий рівні ГВ відповідно (рис.2).

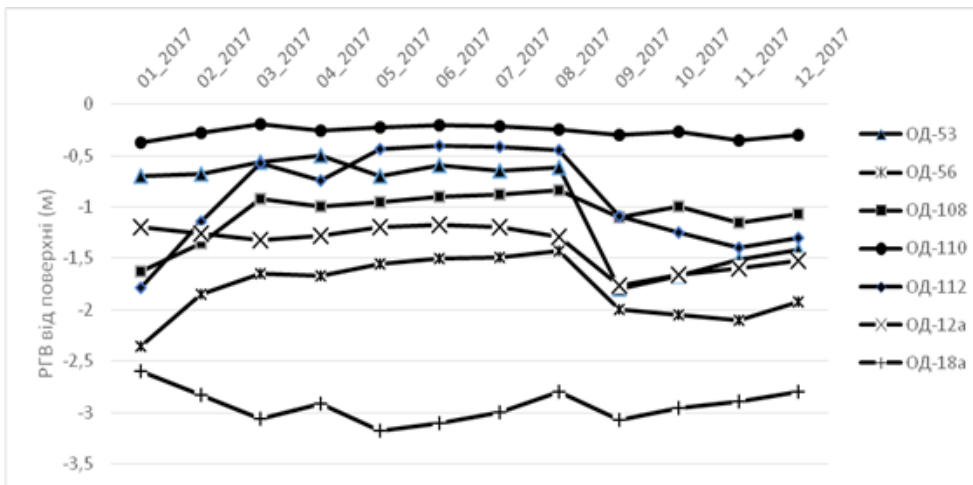


Рис. 2. Зміни РГВ по свердловинам за 2017 рік

Використання методів дистанційного зондування Землі та розрахунок індексних значень для оцінки підтоплення території у порівнянні з даними спостережень за змінами глибини рівня ґрунтових вод на протязі 2017 року по 7 обраним спостережним свердловинам Овідіопільського району дозволяє провести співставлення та кореляцію даних ДЗЗ та реальних спостережень на місцевості.

Так, було встановлено, що кореляційні співвідношення між показниками глибини рівня ґрунтових вод та значеннями індексів обводнення за різними свердловинами різні (рис. 3).

Негативні значення кореляції свідчать про те, що, чим менше відстань рівня ґрунтових вод до поверхні землі тим більше значення індексів обводнення території. Найбільш значні коефіцієнти кореляції між показниками глибини залягання рівня ґрунтових вод та індексами обводнення виявлені для свердловин ОД-53 та ОД-56, з абсолютними відмітками гирла свердловин 63,47 м і 55,32м відповідно. Ці свердловини розташовані у межах дії дренажної ділянки 10-ГРД, з глибиною закладення мережі 4,85 метри, та за межами села Надліманське, на відкритій поверхні землі.

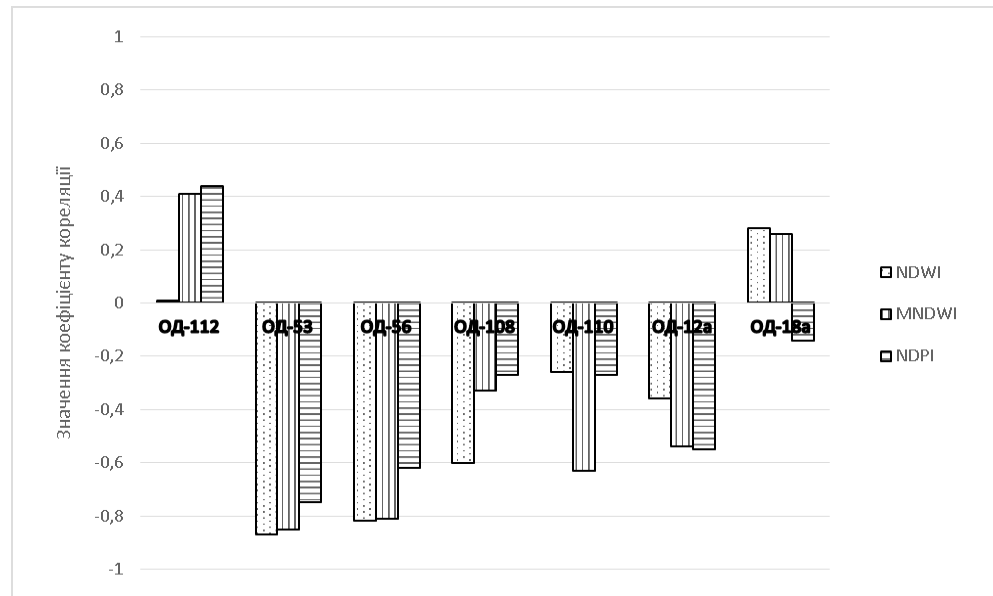


Рис. 3. Значення коефіцієнту кореляції між рівнем ґрунтових вод та значеннями індексів обводнення для свердловин Овідіопільського району

Порівняння коливань рівня ґрунтових вод зі значеннями індексів обводнення для свердловин ОД-53 та ОД-56 дозволяє виявити певні закономірності (рис. 4, 5). Поведінка рівня ґрунтових вод для цих двох свердловин типова для цього району – підняття рівня з початку року до березня, потім стабілізація на доволі високому рівні та різке зниження рівня у вересні місяці. Зміни значень індексів обводнення також демонструють максимальні значення в інтервалі часу від квітня по липень. Однак, починаючи з серпня значення індексів починають знижуватися, що значить осушення території. Максимальні значення зниження індексів припадають як раз на серпень – вересень. У той самий час спостерігається значне зниження і рівня ґрунтових вод. Наявність певного випередження у поведінки індексів обводнення на початок засушливого літнього періоду в порівнянні з поведінкою рівня ґрунтових вод може бути пов'язано з тим, що індекси розраховуються по значенням відбиття від поверхневого шару ґрунтів, а тому більш швидко реагують на зміни навколишнього середовища.

Усі інші свердловини знаходяться у межах території села у зоні забудови. Виходячи з того, що щільність супутникових знімків на поверхні землі складає 10 метрів у одному пікселі зображення, розрахунок індексних зображень у межах забудови, навіть сільської, викликає певні складнощі.

Також слід зазначити, що для території вивчення найбільш контрастним та демонстративним з трьох наведених індексів є NDWI – нормалізований диференційований водний індекс. На відміну від інших індексів, що застосовані для

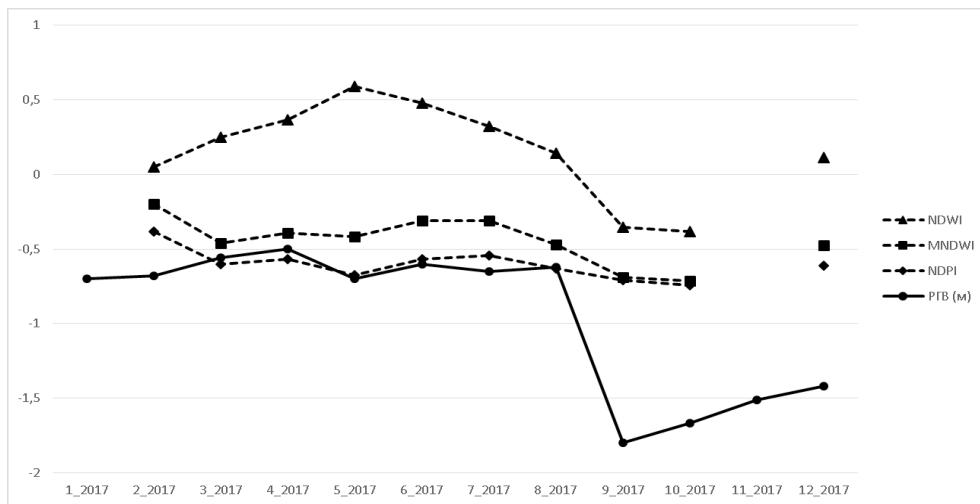


Рис. 4. Порівняння індексів обводнення та рівня ґрунтових вод у 2017 році для свердловини ОД-53

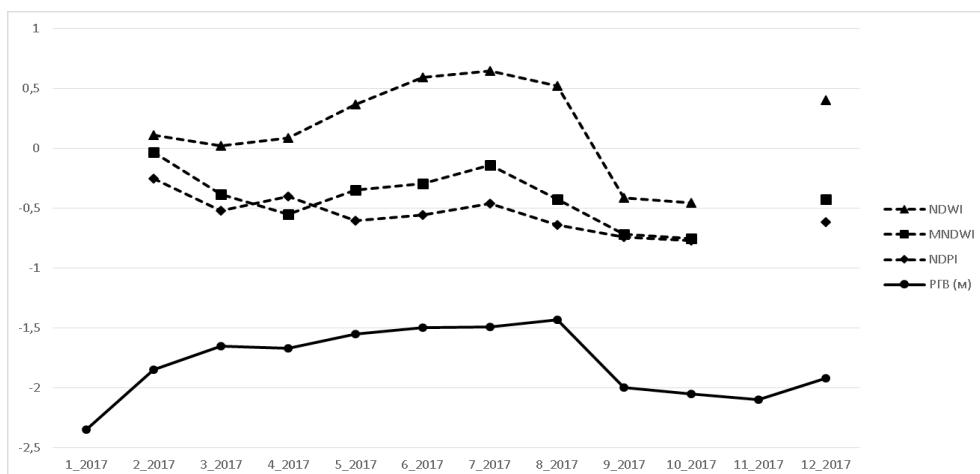


Рис. 5. Порівняння індексів обводнення та рівня ґрунтових вод у 2017 році для свердловини ОД-56

дослідження, для його розрахунку використовуються спектри відбиття тільки у інфрачервоному діапазоні. Водночас, при розрахунку індексів MNDWI та NDPI використовується видимий зелений спектральний канал. Оскільки територія що вивчається знаходиться у зоні активного землеробства та частіше за все це поля, які вкриті рослинністю, то використання індексів за участю видимого зеленого спектру буде в першу чергу реагувати на інтенсивність та розповсюдження рослин.

ВИСНОВКИ

1. На базі проведених досліджень можна казати, що методика дистанційних супутникових спостережень, в першу чергу, за ступенем обводнення поверхневих шарів, може використовуватися для оцінки стану підтоплення території у межах північного Причорномор'я.

2. Слід зазначити, що запропоновані методи мають певні обмеження у використанні.

3. Запропоновані та широко використані індексні значення підтоплення території та обводнення ґрунтів добре корелюють з показниками глибини залягання рівня ґрунтових вод тільки на відкритій місцевості. В межах будь якої забудови чи зайнятості території будь якими технічними спорудами запропоновані індексні значення не демонструють реальну природну картину. Таким чином, для активно забудованих ділянок слід розробляти та використовувати інші зображення та алгоритми розрахунку зображень.

4. В результаті проведених досліджень було встановлено, що значення індексів обводнення дуже добре корелюють зі значеннями рівня ґрунтових вод на відкритих територіях сільськогосподарського призначення, навіть в умовах технічного регулювання РГВ за допомогою дренажних систем.

5. Найбільш демонстративним та наглядним індексом для оцінки ступеня обводнення для території що вивчалася виявився нормалізований диференційований водний індекс – NDWI.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кожушко А.І. Інформація про меліоративний стан зрошуваних земель в зоні діяльності Овідіопольського УВГ Одеської області на початок поливного періоду 2017 р. – Звіт. [Текст] / Одеса: Архів ОГГМЕ.– 2017.–30 с.
2. Медведєв О.Ю. Звіт про стан дренажних ділянок у зоні обслуговування Овідіопольського УВГ [Текст] / Одеса: Архів ОГГМЕ.– 2018.
3. *Bahravi J. A., Elhag M.* Consideration of seasonal variations on water radiometric indices for the estimation of soil moisture content in arid environment Saudi Arabia. [Текст]/ J. A. Bahravi // Applied ecology and environmental research, 2019. - V.17 (1). – pp. 285–303.
4. *Gao B.C.* NDWI - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. [Текст] / B.C. Gao // Remote Sensing of Environment, 1996. – V.58. – pp. 257–266
5. *Joao Serrano, Shakib Shahidian, Jose Marques da Silva* Evaluation of Normalized Difference Water Index as a Tool for Monitoring Pasture Seasonal and Inter-Annual Variability in a Mediterranean Agro-Silvo-Pastoral System. [Текст] / Joao Serrano // Water, 2019. – V. 11. –pp. 62-82.
6. *Lacaux J. P., Tourre Y. M., Vignolles C., Ndione J. A., Lafaye M.* Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. [Текст]/ J. P. Lacaux // Remote Sensing of Environment, 2007. – V. 106. – pp. 66–74.
7. *Yun Du, Yihang Zhang, Feng Ling, Qunming Wang, Wenbo Li, Xiaodong Li* Water Bodies Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band [Текст]/ Yun Du // Remote Sensing, 2016. –V.8. –pp. 354–373.
8. *Xu H.* Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery [Текст]/ H. Xu // International Journal of Remote Sensing, 2006. - Vol. 27, No. 14. – pp. 3025–3033.

REFERENCES

1. Kogushko A. (2017) *Informacija pro meliorativnyj stan zroshuvalnyh zemel v zoni dijalnosti Ovidiopil'skogo UVG Odeskoi oblasti na pochatok polivnogo periody 2017 roky. Zvit* [Information about meliorative condition of irrigated lands in the area of Ovidiopol UVG activity in Odessa region at the beginning of the irrigation period in 2017 year. Report], Odesa: OGGME Archive, 30 p.
2. Medvedev O. (2018) *Zvit pro stan drenagnih diljanok u zoni obslugovuvannya Ovidiopil'skogo UVG* [Report of drainage areas condition in the Ovidiopol UVG service area], Odesa: OGGME Archive, 45 p.
3. Bahrawi, J. A., Elhag, M. (2019), Consideration of seasonal variations on water radiometric indices for the estimation of soil moisture content in arid environment in Saudi Arabia., *Applied ecology and environmental research*, V. 17(1), pp. 285–303.
4. Gao, B.C.(1996), NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment*, V.58, pp. 257–266
5. Joao Serrano, Shakib Shahidian, Jose Marques da Silva, (2019), Evaluation of Normalized Difference Water Index as a Tool for Monitoring Pasture Seasonal and Inter-Annual Variability in a Mediterranean Agro-Silvo-Pastoral System, *Water*, V. 11, pp. 62–82.
6. Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., Lafaye, M.(2007), Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal, *Remote Sensing of Environment*, V. 106, pp. 66–74.
7. Yun Du, Yihang Zhang, Feng Ling, Qunming Wang, Wenbo Li, Xiaodong Li, (2016), Water Bodies Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band, *Remote Sensing*, V.8, pp. 354–373.
8. Xu, H. (2006), Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 27, No. 14, pp. 3025–3033.

Надійшла 30. 04. 2020

С. В. Кадури́н¹, канд. геол. н., доц.,
Е. Э. Чуйко¹, ст. преподаватель,
О. Ю. Медведев², канд. геол. н., начальник гидрогеолого-мелиоративной
партии.

¹Одесский національний університет імені І.І. Мечникова,
кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,
Шампанский пер., 2, Одесса, 65058, Украина

²Одесская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция
Одесского областного управления водных ресурсов,
ул. Льва Смиренка, 33Б, г. Одесса, 65041, Украина
kadurins@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА УРОВЕННОГО РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ ОВИДИОПОЛЬСКОГО РАЙОНА ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ

Резюме

Представлено сравнение наземных наблюдений за изменениями уровня грунтовых вод в 2017 году в окрестностях села Надлиманское Овидиопольского района Одесской области и данных дистанционного зондирования Земли. Проведена обработка снимков спутниковой системы Sentinel-2 для этой же территории и за тот же промежуток времени с расчетом индексных значений обводненности NDWI, MNDWI, NDPI. Выявлены значимые коэффициенты корреляции между индексами обводнения территории и глубиной залегания уровня грунтовых вод для некоторых наблюдательных скважин. Показано, что методы ДЗЗ могут быть использованы для анализа обводнения территории с учетом некоторых ограничений.

Ключевые слова: ДЗЗ, Овидиопольский район, уровень грунтовых вод, NDWI, MNDWI, NDPI.

S. V. Kadurin¹,
E. E. Chuiko¹,
O. J. Medvedev².

¹Odessa I.I. Mechnikov National University,
Department of Engineering Geology and Hydrogeology,
Shampanskiy per, 2, Odessa, 65058, Ukraine

²Odessa hydrogeological melioration survey
Odessa Regional Department of Water Resources,
Lev Semerenko str, 33B, Odessa, 65041, Ukraine

REMOTE SENSING METHODS USING FOR THE UNDERGROUND WATER LEVEL ANALYSIS IN OVIDIOPOL AREA OF ODESSA REGION

Abstract

Problems statement and purpose. The studied area has a high level of agricultural development. There are different irrigation and drainage systems located there. As result, the underground water level is under intense technogenic impact. Evaluation and approbation of underground water level changes control methods with remote sensing methods for Ovidiopol area is the main goal of that work. The object of study is the groundwater level regime in local sites of the Lower Dniester irrigation system in Ovidiopol district, Odessa region. The subject of research is the water indexes, which are calculated on remote sensing results.

Data and methods. The local system of underground water observation includes 7 drillholes in Nadlimanskoe village and around. These drillholes located in different geomorphological, hydrogeological and technogenic conditions. Underground water level have been studied each month in 2017 year. Sentinel-2 2A images for each month from March 2017 to December 2017 were used for studied area. All satellite images has atmospheric correlation. Three water indexes NDWI, MNDWI, NDPI were calculated for drillhole points for each month in 2017 year.

Results. Significant coefficients of correlation were obtained in comparison between underground water level changes and water indexes in some drillholes points. The highest numbers of correlation connected with free of construction areas and for drillholes, which are located outside the villages. Water indexes have the same dynamics of changing as groundwater level. NDWI is the most informative and representative index for studied area. Other types of indexes should be used for build-up areas analyses. However, existed water indexes can be used for underground water level analyses in the open fields and in river slopes and valleys.

Keywords: remote sensing, underground water level, Ovidiopol area, NDWI, MNDWI, NDPI.