

ОЦЕНКА НА ОСНОВНИТЕ ФАКТОРИ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ УЯЗВИМОСТТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ В КРАЙДУНАВСКИТЕ НИЗИНИ

Алексей Бендерев, Мирослав Кръстанов, Бойко Беров

В статията се разглеждат хидрогеоложките условия, влияещи върху уязвимостта на подземните води спрямо количествени и качествени промени. Изготвени са карти в ГИС среда на най-значимите показатели, като е обърнато внимание и на влиянието на р. Дунав върху получените резултати.

Ключови думи: подземни води, уязвимост, замърсяване, ГИС, крайдунавски низини

ВЪВЕДЕНИЕ

Крайдунавските низини имат съществено значение за устойчивото развитие на Северна България. Това са райони с подходящи физикогеографски условия за развитие на селско стопанство и промишленост. Геолого-хидрогеоложките условия в тези низини от своя страна допринасят за наличието на съществени ресурси от подземни води, които гарантират както нормални условия на живот на населението, така и икономическо развитие на района. Във връзка с това гарантирането на количеството и качеството на подземните води е от изключително важно значение. Цел на настоящата работа е да се систематизират основните фактори, които могат да нарушат естественото състояние на подземните води, да се уточни върху кои от характеристиките им се осъществява това въздействие, както и кои хидрогеоложки характеристики имат пряко значение за проявата и силата на неблагоприятни въздействия, т.е. уязвимостта на подземните води. Обект на изследване са 6 от крайдунавските низини, които са включени в териториалния обхват на проекта Romanian – Bulgarian Cross-Border Joint Natural and Technological Hazards Assessment in the Danube Floodplain. The Calafat-Vidin – Turnu Măgurele-Nikopol sector.

КРАТКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА КРАЙДУНАВСКИТЕ НИЗИНИ

Съгласно приетото хидрогеолошко райониране на България разглежданият район попада в Долнодунавската артезианска област и по-точно в Севернобългарския артезиански басейн (фиг.1). Този басейн обхваща западните и средните



Фиг. 1. Местоположение на разглежданите крайдунавски тераси според хидрогеоложкото райониране на България (райониране, прието от МОСВ по Йовчев, Алтовски, 1975)

части на Дунавската равнина и Предбалкана, както и известни територии от източните им части.

Пространственото разпространение на повечето от водоносните хоризонти, комплекси и водоупори е свързано с тектонската обстановка. Платформеният характер на Северна България като цяло е причина за етажно разположени една над друга хидрогеоложки единици (Йовчев, Алтовски, ред., 1975; Антонов, Данчев, 1980). Водоносните скални комплекси имат широко площно разпространение в хоризонтална посока и променящ се във вертикално отношение литоложки състав и стратиграфски строеж. Характерна е хидродинамична, хидрохимична и хидрогеотермична зоналност както във вертикална, така и в хоризонтална посока. В зоните на подхранване на водоносните хоризонти водите са пресни, с активен водообмен и ниска температура. Със затъването им в дълбочина температурата постепенно се увеличава, променят се химичният и газовият им състав. Конкретно в района на изследване основната тектонска структура, предопределяща положението на хидрогеоложките единици, е Ломската грабеновидна депресия, която е наложена в западната част на Мизийската платформа (Атанасов, Богданов, Дачев, 1971). Ломската депресия е удължена в посока ЗСЗ-ИЮИ, разположена между Западния Предбалкан от юг и хорстовидни валообразни издигания от север и северозапад. Оста на депресията започва от гр. Димово, минава през Бяла Слатина и достига до с. Садовец. Дължината ѝ е 150 km, а широчината – около 70 km. Структурата е асиметрична, със стръмен ЮЗ склон и полегат СИ склон. В

строежа ѝ участват неозойски и горнокредни скали. Те имат разпространение само в границите на депресията. Отделят се в дълбочина от мезозойските водоносни хоризонти на Долнодунавската артезианска област от долнокреден водоупорен комплекс, наречен от И в. С т а н е в (1990) „долнокредна водоупорна плоча“, с дебелина, достигаща до около 1 km. Водоносните хоризонти и комплекси, формирани в най-младите скали, са разположени в централната част на депресията и покриват по-старите, като всички по-стари едновъзрастни скални комплекси са с по-широко площно разпространение в сравнение с лежащите над тях.

По-особено положение имат кватернерните водоносни хоризонти, които са наложени върху различни по възраст хидрогеоложки единици. С най-съществено значение са подземните води, формирани в терасата на р. Дунав. Предвид относително високия български бряг терасата има прекъснат характер – останали са само фрагменти в стари меандри на реката. По-големите от тях образуват няколко т. нар. крайдунавски низини, които в хидрогеолошко отношение представляват самостоятелни тела с ненапорни подземни води, свързани с р. Дунав. Общо на територията на България са отделени 12 такива низини, като 6 от тях са обект на настоящото изследване (табл.1). За всички е характерен двуслоен строеж – долен хоризонт, изграден от пясъци и чакъли, и горен – от песъчливи глинни. Долният хоризонт е много добър колектор за подземни води. Подхранването им се осъществява от валежи, страничен приток от съседни хоризонти и от р. Дунав при високи стоежи. Разтоварването е в р. Дунав и от водовземни съоръжения.

Т а б л и ц а 1

*Хидрогеоложки характеристики на разглежданите крайдунавски низини
(Антонов, Данчев, 1980; Benderev et al., 2013)*

№	Низина	Площ (km ²)	Дебелина (m)		Проводимост (m ² /d)	Ресурси на подземни води (dm ³ /s)	Обща минерализация (g/dm ³)
			горен слой	долен слой			
1	Видинска	201,8	4–20	1–17	500–2000	1125	0,4–0,9
2	Арчаро-Орсойска	48,9	2–12	4–25	60–3400	341	0,3–0,6
3	Цибърска	18,6	< 10	2–16	140–2600	117	< 1
4	Козлодуйска	39,3	4–8	4–8	150–2160	186	0,4–1,3
5	Островска	25,1	5–9	1,5–9	160–800	120	0,5–2,7
6	Карабоазка	221,9	4–12		500–2000	694	< 1

ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА ВЪЗМОЖНИТЕ ОПАСНОСТИ ЗА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

Промените на естественото състояние на подземните води имат два аспекта – количествен и качествен. Те могат да настъпят вследствие на въздействие на естествени и антропогенни фактори (Ward, Trimble, 2004).

А. Количествен аспект – изразява се в промяна на показатели, характеризиращи изменение в естествените ресурси и обеми на водите в подземните водни тела, както в посока тяхното увеличаване, така и намаляване. Основните показатели, които ги характеризират, са промени в нивото на подземните води, дебити на извори, хидравлични градиенти.

- Естествени фактори:

- нарастване или намаляване стойностите на инфилтрационно подхранване от валежи вследствие на климатични промени;

- повишение или понижаване на водни нива вследствие на различни стоежи на реките.

- Антропогенни фактори:

- експлоатация на подземни води;

- отводнителни и осушителни мероприятия;

- корекции на речни корита;

- застрояване;

- разораване и отнемане на почвен слой и др.

Б. Качествен аспект – изразява се в изменение на състава на подземните води и неговите физико-химични характеристики. Обикновено оценката за наличие на такива промени се прави на основата на хидрохимични мониторингови наблюдения и сравняване на получените резултати с нормативни изисквания. При установяване на по-високи стойности от нормативните показатели се говори за замърсяване на подземните води. Нарушаването на качествените показатели най-често могат да бъдат предизвикани от пряко въздействие, но често изменението на количествата на подземните води води до промени в качествения състав.

- Естествени фактори:

- постъпване на води с различен състав от съседни водоносни хоризонти и повърхностни водоизточници;

- постъпване на вещество от водовместващите скали и почвения слой;

- концентриране или разреждане на водите вследствие на климатични промени.

- Антропогенни фактори:

- всички антропогенни дейности, водещи до промяна в количествата на подземните води. Необходимо е да се отбележи, че при определени условия повишената експлоатация на подземни води може да доведе до привличане на некондиционни води от съседни водоносни хоризонти и от зони със забавен водообмен в същите водоносни хоризонти;

- пряко постъпване на замърсители вследствие на човешка дейност. Видовете човешка дейност, типът и количеството на замърсителите, начинът на тяхното постъпване, териториалният обхват (площно или локално) могат да са изключително разнообразни.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛТАТИ

Предвид разнообразието на възможните въздействия и конкретните хидрогеоложки условия, подходите за решаване на задачите за оценка на опасностите от въздействие върху подземните води, респективно тяхната уязвимост са многообразни и различни и често трябва да се подхожда комплексно (Белосова и др., 2006; Delleur, 1999; LaMoigne et al., 2009; Ward, Trimble, 2004; и др.). Проблемите, свързани с изясняване уязвимостта на подземните води в България, са били обект на редица изследвания, като първите опити в това отношение са свързани с изготвяне на Карта на уязвимостта на подземните води в България по методика, публикувана от Райкова и др. (1978). По-късно оценка на уязвимостта на подземните води за различни райони на страната са извършвани от Бендерев и др. (1992), Петров (2006), Orehova et al. (2009) и др.

При настоящото изследване основно са приложени възможностите на ГИС в съчетание с подходите, използвани в динамиката на подземните води (Гълъбов, 1982) и хидрогеоложкото моделиране. Прилагането на ГИС е от съществено значение при изготвяне на концептуалните модели и въвеждането на входната информация за тях. Методите на ГИС имат основна роля при оценка на ресурсите на подземните води (Cherkauer, 2004), изготвянето на карти на източниците на замърсяване, както и за оценка на уязвимостта на водоносните хоризонти (Ducsi, 1999). Най-добри резултати с използване на ГИС се получават при прилагането на различни методи за оценка на уязвимостта спрямо замърсяване, като най-популярният метод е DRASTIC (Aller et al., 1987). Системата DRASTIC представлява класификационна стандартизирана система за оценяване на потенциала за замърсяване (уязвимостта) на подземните води чрез схематизация на хидрогеоложките условия. Методът се отнася към т. нар. PCSM (point count system models), или методи, отчитащи тежестта на параметрите и тяхната значимост, добили съществено значение след навлизане на ГИС.

Системата включва набиране на данни за хидрогеоложките условия в даден регион и прилагане на схема за класифициране на хидрогеоложките параметри. Основните естествени фактори, които са включени в системата DRASTIC и определят потенциала на замърсяване на подземните води, са следните: D – дълбочина до нивото на подземните води, R – подхранване на подземните води (модул на подземния отток); A – литоложки строеж на водоносния хоризонт; S – почвен слой; T – топография (наклон на терена); I – въздействие на зоната на аерация; C – коефициент на филтрация на водоносния хоризонт. Това подреждане на факторите образува наименованието на метода DRASTIC. Отделните фактори представляват измерими параметри, всеки със своите тежест, интервали и класификации на интервалите. Оценяването на всяка област чрез системата DRASTIC включва не само даването на числов резултат, но и оконтуряването на съответните условия за потенциалния риск от замърсяване на водите. Прилагането на метода DRASTIC е удобно при регионални оценки на уязвимостта спрямо замърсяване, когато се разглежда единна водоносна система. Някои от параметрите зависят и от типа на замърсителя. Важно условие за прилагането на метода е и наличието

на достатъчна и коректна пространствена информация за всеки един от посочените параметри.

В изследваните крайдунавски низини ролята на всеки от посочените параметри за прилагане на метода DRASTIC е различна и дава отражение за негативно въздействие на различни естествени и антропогенни фактори:

✓ D – дълбочина до нивото на подземните води – поради сравнително плиткото залягане на ненапорните води в крайдунавските тераси и лесното достигане на потенциален замърсител до тях това е един от най-важните фактори. При плитко водно ниво от съществено значение са и колебанията му под влияние на подхранването и промяната на нивото в р. Дунав. При такива случаи може дори да се достигне до заблатявания и наводняване от подземни води. Съществена опасност в границите на населените места е, че в зоните с плитки подземни водни нива вследствие на покачването им може да има негативни последици от излив на замърсители в попивните ями;

✓ R – подхранване на подземните води (модул на подземния отток) – поради относително еднородните геоложки, геоморфоложки и хидрогеоложки условия, както и еднаквите валежи, този показател не се различава съществено в границите на съответната крайдунавска тераса;

✓ A – литоложки строеж на водоносния хоризонт – за всички крайдунавски низини е характерен двуслоен строеж с долен чакълесто-песъчлив слой и горен глинесто-песъчлив с незначителни промени в хоризонтално отношение. Наличната информация не позволява отделянето на зони с различни процентни съотношения между отделните зърнометрични фракции в отделните крайдунавски низини;

✓ S – почвен слой – в обсега на крайдунавските низини са разпространени алувиални и алувиално-ливадни почви и ливадни черноземи (предимно песъчливи), които са сравнително пропускливи за преминаване на падналите валежи през тях. Данните за дебелината на почвения слой не са достатъчни за изготвяне на съответния ГИС слой;

✓ T – топография (наклон на терена) – релефът на крайдунавските низини е равнинен, с отделни стъпала, маркиращи различните тераси, като преминаването от една тераса в друга става бързо и не дава отражение за формиране на повърхностен отток. Във връзка с това цялата площ на всяка крайдунавска низина може да се приеме за равнинна, с благоприятни условия за инфилтрация на падналите валежи;

✓ I – въздействие на зоната на аерация. Този показател е тясно свързан в количествено отношение с D (дълбочината до нивото на подземните води). В повечето случаи положението на водното ниво е в горния песъчливо-глинест хоризонт, който има повсеместно разпространение и по наличните досега данни може да се приеме за сравнително еднороден;

✓ C – коефициент на филтрация на водоносния хоризонт – това е важен параметър, имащ отношение за хоризонталната миграция на замърсители във водните тела, както и по отношение реакцията на водоносния хоризонт спрямо постъпване или експлоатация на води в него. Данните за този параметър са неравномерно разпределени в пространството. Повече информация има за долния чакълесто-песъчлив пласт.

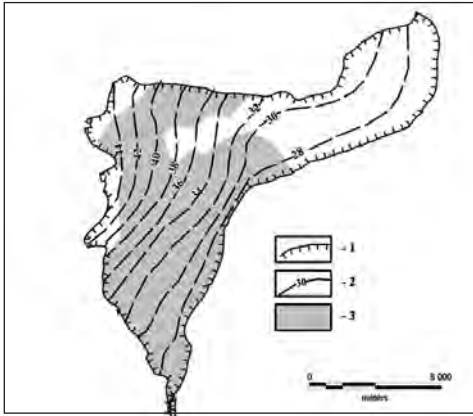
Направеният анализ показва, че поради относително малката площ на разпространение на водните тела в алувиалните наслаги на р. Дунав, както и поради недостатъчната информация или несъществените промени в пространственото изменение на някои параметри, има смисъл за обработка в ГИС да се включат само данните за дълбочина на водното ниво и за изменение на коефициента на филтрация. Имайки предвид целта на изследване за обща оценка на опасностите (не само замърсяване с конкретни замърсители) върху подземните води, според нас е по-подходящо анализът на тези компоненти да се даде поотделно в съответни карти:

- карта на дълбочина на водното ниво, в която да са локализирани зони с положение на водно ниво по-малко от 2 m, в които опасността от външни въздействия е по-висока – замърсяване, капилярно покачване на водно ниво, водещо до засоляване на почвите, временни и постоянни заблатявания и наводнения вследствие покачване на нивото на подземните води, влияние от техногенни мероприятия, свързани с изграждане на строителни изкопи и отводнителни мероприятия;

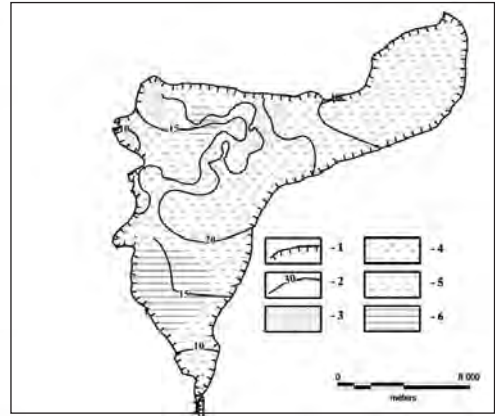
- карта на зони с различни филтрационни свойства на съответния водоносен хоризонт, в която да се отделят участъци с коефициент на филтрация: $<50 \text{ m/d}$; $50\text{--}100 \text{ m/d}$; $100\text{--}150 \text{ m/d}$; $>150 \text{ m/d}$. В зоните с най-високи стойности на коефициента на филтрация има условия, от една страна, за по-бърза хоризонтална миграция на замърсители в среда с по-ниска сорбционна способност, а от друга – за по-бързо разреждане на концентрациите и изнасянето им.

Успоредно с това според нас за оценка на възможни опасности, въздействащи върху подземните води, се извършва ГИС анализ и на други показатели, за които има необходимата информация и които не са включени в метода DRASTIC. Една важна характеристика на водоносните хоризонти, имаща значение за оценки както в количествен аспект, така и по отношение на миграция на замърсители във водоносните хоризонти, е посоката на движение на подземните води. За целта са съставени хидродинамични карти по данни за измервания на абсолютните коти на водни нива в един кратък период (през 1980 г.), когато в крайдунавските низини са прокарани голям брой сондажи и едновременно в тях е измерено положението на подземните води. Друга карта, която се съставя, е според дебелината на водоносителната зона на водните тела. Тя е построена на основата на два ГИС слоя – положение на водното ниво и долната част на водоносния хоризонт. Тя е от значение за определяне капацитивните възможности на водните тела, имащи въздействие върху разреждането на попаднали замърсители и възможностите за експлоатация на подземните води.

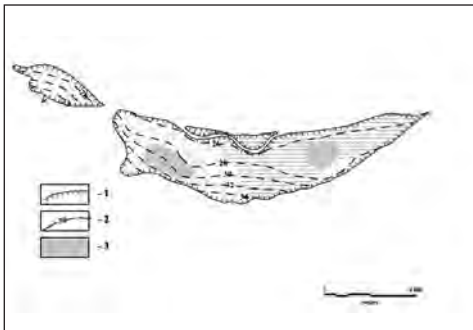
Предлаганият подход първоначално е приложен за Видинската низина (V e n d e r e v et al., 2013), а сега и за останалите разглеждани низини (фиг. 2–13).



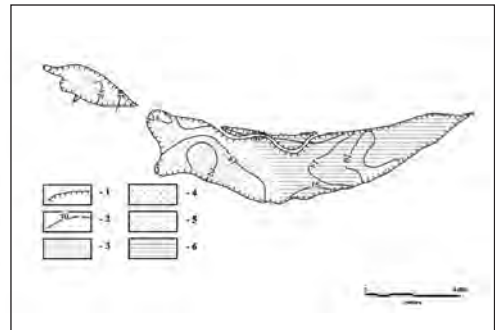
Фиг. 2. Положение на нивото на подземните води във Видинската низина: 1. Граница на низината; 2. Хидродинамична карта; 3. Зони с плитко разположено ниво под повърхността (<2 m)



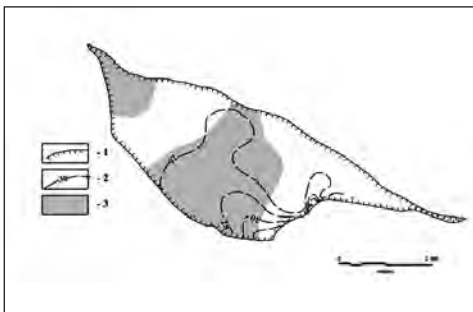
Фиг. 3. Характеристика на водонаситената зона във Видинската низина: 1. Граница на низината; 2. Дебелина на водонаситената зона (в m); 3–6. Зони с различни стойности на коефициента на филтрация: 3. <math>< 50 \text{ m/d}</math>; 4. $50 \div 100 \text{ m/d}$; 5. $100 \div 150 \text{ m/d}$; 6. $> 150 \text{ m/d}$



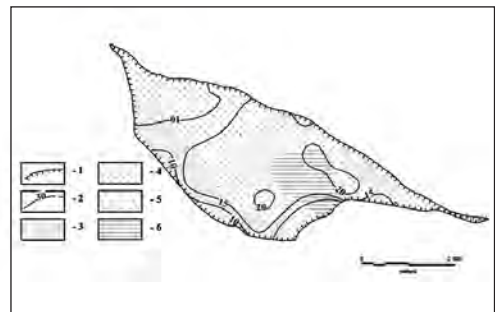
Фиг. 4. Положение на нивото на подземните води в Арчарската низина¹



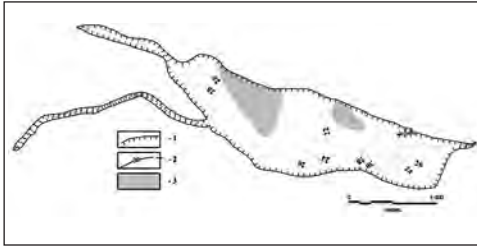
Фиг. 5. Характеристика на водонаситената зона в Арчарската низина²



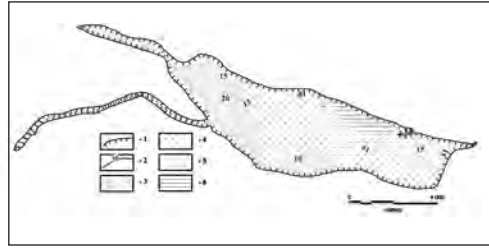
Фиг. 6. Положение на нивото на подземните води в Цибърската низина¹



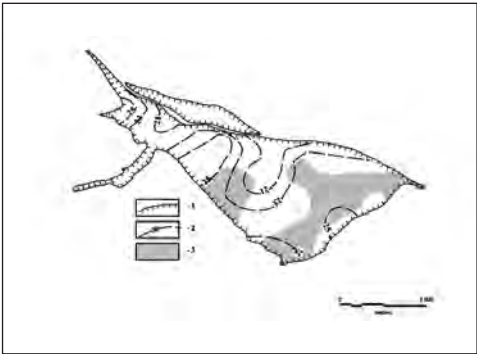
Фиг. 7. Характеристика на водонаситената зона в Цибърската низина²



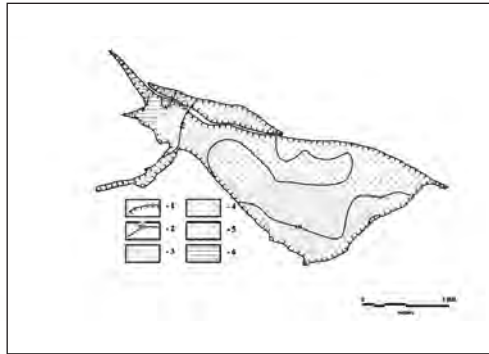
Фиг. 8. Положение на нивото на подземните води в Козлодуйската низина¹



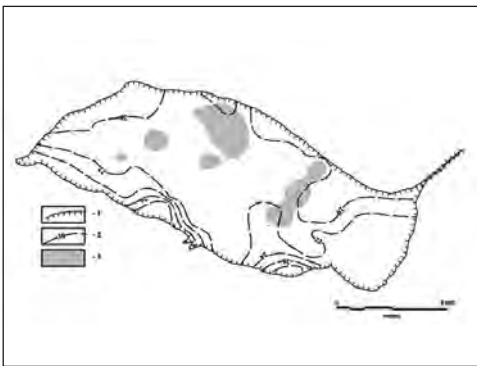
Фиг. 9. Характеристика на водонаситената зона в Козлодуйската низина²



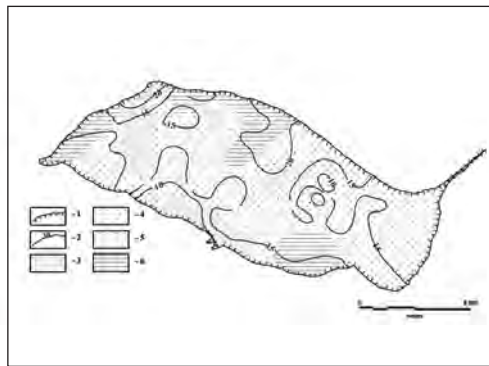
Фиг. 10. Положение на нивото на подземните води в Островската низина¹



Фиг. 11. Характеристика на водонаситената зона в Островската низина²



Фиг. 12. Положение на нивото на подземните води в Карабоазката низина¹



Фиг. 13. Характеристика на водонаситената зона в Карабоазката низина²

1 виж легендата от фиг. 2
2 виж легендата от фиг. 3

ДИСКУСИЯ

Както бе отбелязано, картите са изготвени по данни от проведени масови сондирания, филтрационни изследвания, проведени през 1980 г., като и измервания на водно ниво в един кратък период, при който не е имало промени в хидродинамичните условия (ниво на р. Дунав и притоците и валежно подхранване). Предвид на това, че положението на нивото на подземните води се изменя във времето, изготвените карти, с изключение на тези, съставени по коефициент на филтрация, дават генералните тенденции в изменението на използваните параметри. Оценката на достоверността на получените карти може да се направи след анализ на диапазона на изменение на нивото на подземните води. В крайдунавските низини има изградена мониторингова мрежа на Националния институт по метеорология и хидрология и Басейнова дирекция Дунавски район за количества и качества на подземни води (табл. 2).

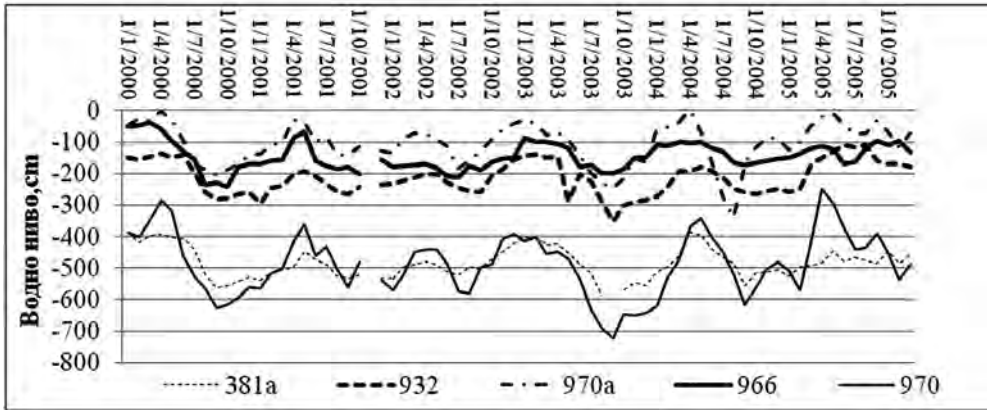
Т а б л и ц а 2

Мониторингови пунктове за наблюдение на нивото на подземните води с налична публикувана (Project JICA, 2008) и предоставена ни информация от Басейнова дирекция Дунавски район за 2011 г.

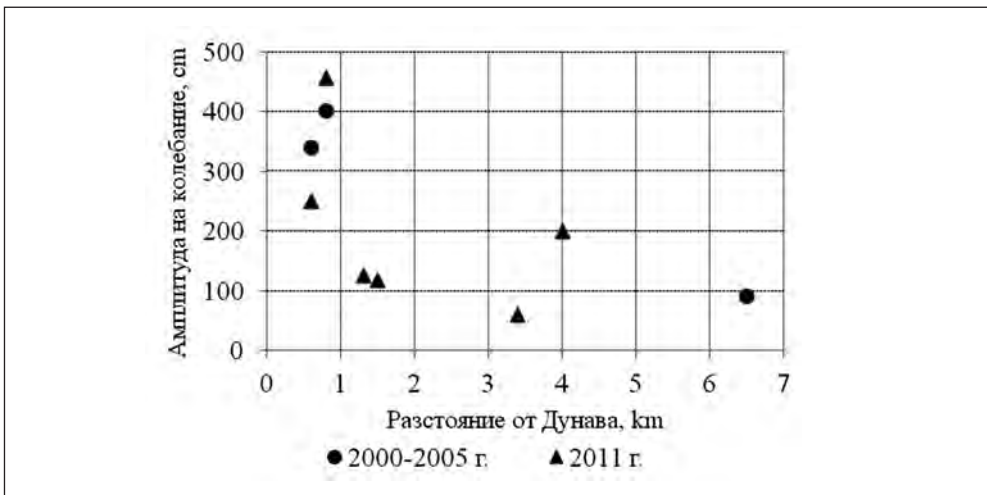
№ пункт	Населено място	Низина	Период на наблюдение	Разстояние до р. Дунав (km)
324в	Слана бара	Видинска	2005–2012г.	3,4
381а	Дунавци	Видинска	1960–2012 г.	1,3
932	Добри дол	Арчар-Орсойска	1977–2012 г.	1,5
970а	Козлодуй	Козлодуйска	1992–2012 г.	0,6
943б	Остров	Островска	2007–2012 г.	4
970	Загражден	Карабоазка	1980–2012 г.	0,8
966	Брест	Карабоазка	1980–2012 г.	6,5

Анализът на режимните наблюдения показва, че нивата на подземните води се колебаят съществено (фиг. 14), като амплитудата на тяхното изменение зависи до голяма степен от отстоянието на съответния мониторингов пункт от р. Дунав (фиг. 15).

Причината за значително по-високите стойности на колебанията на нивата на подземните води в близост до р. Дунав са свързани с подпора им от реката. Установяват се две зони. В първата амплитудата на колебание е между 2 и 5 m. Тази зона е в непосредствена близост до реката (до 1 km), където колебанията на нивото на подземните води са пряко свързани с водните ѝ стоежи. Вследствие на това в релефните понижения на тази зона често се случва изключително плитко разположение на нивата на подземните води, както и образуване на



Фиг. 14. Колебания на водните нива в мониторингови пунктове в периода 2000–2005 г. (по данни на J I C A, 2008)



Фиг. 15. Амплитуда на колебания на нивата на подземните води в зависимост от отстоянието им от р. Дунав през различни периоди.

заблътвания и временни водни площи. Тази зона би трябвало да бъде изключена от изготвените хидродинамични карти на дълбочината и дебелината на водоносните хоризонти, защото тези показатели са силно променливи. Посоката на движение на подземните води се променя периодично в зависимост от това дали р. Дунав подхранва или дренира подземните води в тази зона. В останалата част на низините амплитудата на колебанието на нивото на подземните води е по-малко – най-често около 1 m и по същество не променя тенденцията на промяна на използваните показатели и получените карти могат да бъдат използвани за по-нататъшни анализи и оценки на опасностите за промяната на количествата и качествата на водите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направеният анализ на възможните опасности от естествени и антропогенни въздействия върху подземните води показва, че в крайдунавските низини има условия за неблагоприятни промени в количествено и качествено отношение. Това въздействие до голяма степен зависи от тяхната уязвимост, определяща се от хидрогеоложките особености на водоносните хоризонти. Първостепенно значение имат посоката и скоростта на движение на подземните води, дебелината на водонаситената част, дълбочината на нивото на подземните води под повърхността, филтрационните параметри. Следващи стъпки са свързани с наслагване в ГИС на получените карти, с различни слоеве с потенциални и активни източници на замърсяване и съоръжения, разкриващи и експлоатиращи подземни води. Независимо че част от посочените характеристики се променят във времето, изготвените ГИС слоеве и карти са приложими за териториите на крайдунавските низини, с изключение на ивица в близост до реката, където динамиката на промяна на нивото на подземните води и посоката на движение е силно променлива в зависимост от стоежите на р. Дунав.

Благодарности

Авторите благодарят на Басейнова дирекция Дунавски район за предоставените данни от проведените от тях мониторингови наблюдения за качествения състав на подземните води.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов, Хр., Д. Данчев. 1980. Подземни води в НРБ. С., „Техника“, 360.
- Антонов, Хр., Бл. Райкова. 1972. Опит за типизиране на пресните подземни води в България по степен на уязвимост от замърсяване. – Хидрология и метеорология, 6.
- Атанасов, А., С. Богданов, Х. Дачев. 1971. Мизийска плоча. – В: Тектонски строеж на България. С., ДИ „Техника“, 138–203.
- Бендерев, А., С. Веселинов, С. Бресковски, П. Стефанов, М. Паскалев. 1992. Качествена характеристика и условия на защитеност на пресните подземни води в района на селата Беглеж, Петърница, Горгалово. – Минно дело и геология, 6, 20–271.
- Белоусова, А., И. Гавич, А. Лисенков, Е. Попов. 2006. Екологическа гидрогеология. Москва, Академкнига, 400 с.
- Гълъбов, М. 1982. Динамика на подземните води. С., „Техника“, 378.
- Йовчев, Й., М. Алтовски (ред). 1975. Обяснителна записка към хидрогеоложката карта на НР България в М 1:200 000. Национален Геофонд, МИЕТ.
- Петров, В. 2006. Хидрогеоложка характеристика на плиоценския водоносен комплекс на територията на Софийската котловина. Автореферат на дисертация, 37 с.
- Райкова, Бл., Е. Стоева, К. Спасов. 1978. Някои методични основи при съставянето на картата за уязвимостта на пресните подземни води в НРБ към замърсяване. – Хидрология и метеорология, 6, 12–20.
- Станев, Ив. 1990. Дълбочинна хидрогеоложка подялба (райониране) на България. Хабилизационен труд за ст.н.с. I ст., НИПИ – КГ.

- Aller, L., T. Bennett, J. H. Lehr, R.J. Petty, G. Hacket. 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluation ground water pollution potential using hydrogeological settings. EPA-600/2-87-035, EPA, Washington, DC.
- Benderev, A., M. Krastanov, N. Dobrev. 2013. Status and problems of the use of groundwater for drinking Danube lowlands purposes (the example of the Vidin Lowland). – In: Procc. 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2013, vol.II, Hydrogeology, Engineering Geology and Geotechnics. 279–286.
- Cherkauer, D. 2004. Quantifying Ground Water Recharge at Multiple Scales Using PRMS and GIS Groundwater. Vol. 42, Issue 1, p 97–110.
- Delleur, J. (ed.). 1999. The Handbook of Groundwater Engineering. CRC Press LLC, 969 p.
- Ducci, D. 1999. GIS Techniques for Mapping Groundwater Contamination Risk. – Natural Hazards November 1999, Vol. 20, Issue 2–3, pp 279–294
- LaMoreaux, F., J. LaMoreaux, M. Soliman, B. Memon, F. Assaad. 2009. Environmental Hydrogeology, CRC Press LLC, 373 p.
- Orehova, T., P. Gerginov, O. Karimova. 2009. Groundwater vulnerability map for the Ogosta River Basin, northwestern Bulgaria. – GEOLOGICA BALCANICA, 37. 3–4, 38. 1–3, 59–67.
- Ward, A., S. Trimble. 2004. Environmental Hydrology. Lewis Publishers, 462 pp.
- Project “The Study on Integrated Water Management in the Republic of Bulgaria” 2006–2008. Japan International Cooperation Agency (JICA)

Геологически институт при БАН

ASSESSMENT OF THE MAIN FACTORS WHICH INFLUENCE THE VULNERABILITY OF GROUNDWATER IN THE DANUBIAN LOWLANDS

Al. Benderev, M. Krastanov, B. Berov

(S u m m a r y)

Groundwaters in the Danube lowlands are the object of investigation. These lowlands are fragments of terraces of the Danube River, which form independent water bodies with shallow situated groundwater. An analysis has been made of the main indicators that are essential to determine groundwater vulnerability on the basis of possible natural and anthropogenic hazards impact over the groundwater quantity and quality. Maps have been prepared in GIS environment of the most important indicators with attention on the influence of the Danube River on the obtained results. The direction and speed of movement of the groundwaters, thickness of the water saturated part, the depth of the groundwater level beneath the surface and filtration parameters are of primary importance. Although some of these characteristics are changeable over time, prepared GIS layers and maps are applicable to the territories of the Danube lowlands, with the exception of a strip near the river, where the dynamics of change in the level of groundwater and the direction of movement is highly variable depending on the level of position levels of the Danube River.