

ХИДРОГЕОЛОЖКИ УСЛОВИЯ В РАЙОНА НА ЕЗЕРО СРЕБЪРНА

Калина Шопова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; kshopova@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Езерото Сребърна е защитен природен обект от национално и международно значение. Разположено е в Айдемирската низина, в непосредствена близост с река Дунав. Извършен е обзор на съществуващите геоложки и хидрогеоложки проучвания в района на езеро Сребърна. Направена е характеристика на отделните подземни тела, подхранващи и/или дрениращи влажната зона. Съставени са хидрогеоложка карта на горнището на Барем-аптския водоносен хоризонт и съвременен концептуален математически модел. Чрез модела за първи път се прави опит за изясняване на хидродинамиката на подземните води в района на езеро Сребърна.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN THE AREA OF SREBARNA LAKE

Kalina Shopova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; kshopova@abv.bg

ABSTRACT. The Srebarna Lake is a protected natural site of national and international significance. It is located in Aldemir plain, right next to the Danube River. An overview is made to the available geological and hydrological information for the area. A characteristic is made to the single underground objects, recharging and/or discharging the wetland. A hydrogeological map of the top of Baremian-Aptian aquifer and a recent conceptual mathematical model are drawn. Through this model for the first time it has an attempt to attain more information on the hydrodynamics of the underground waters in the Srebarna Lake area been made.

Въведение

Езеро Сребърна (фиг. 1) се намира в югозападната част на Айдемирската низина, в непосредствена близост до река Дунав при km 391-393. От 1949 г. езерото е подложено на значително антропогенно въздействие. Ликвидирана е естествената връзка на Сребърна с река Дунав – канала Драгайка. По-късно, в следствие изграждането на редица хидротехнически съоръжения във водосборната област на езерото, в това число на множество сондажи и кладенци е променен оттока на реките, зауставящи във влажната зона и притока на подземните води. Връзката на влажната зона с река Дунав е възстановена през 1978 г. в северозападната част на резервата, но не всяка година влизат дунавски води в езерото. През периода 1990-1993 г. водното ниво в езерото достига критичните 0.40-1.00 m. Като спешна мярка за възстановяване на влажната зона през 1994 г. в североизточната част на резервата, в близост до мястото на естествения канал Драгайка е изграден канал, свързващ езерото с река Дунав.

Геология и хидрогеология

Изученост на района

Първите сведения за геоложкия строеж на Добруджа се свързват с имената на А. Boué (1828), F. Toula (1890) и L. de Laupaу (1906). По-късно районът е изследван от Златарски (1927), Г. Бончев (1938, 1942), Коен, Е. Бончев, Чешитев и Караюлева (1956), Костадинов (1962) и др. Резултатите от геоложките картировки са обобщени от

Филипов (1995) в *Геоложка карта на България М1:100000* – картни листове Тутракан и Силистра.



Фиг. 1. Езеро Сребърна

Неогенските седименти са проучени много подробно от Станчева (1966), Стойков и Бресковски (1966), Попов (1986) и Коюмджиева (1981; 1989). По проблемите на кватернера са публикувани материали от Яранов (1961), Филипов и Микова (1967; 1977; 1983), Евлогиев (2000) и други изследователи.

Първите хидрогеоложки изследвания в Айдемирската низина са проведени във връзка с водоснабдяването на Добруджа и за изграждането на напоителна система и са свързани с имената на Бояджиев (1948; 1964), Кадиев (1951), Антонов (1953) и Марковски (1953). По-късно мащабни хидрогеоложки изследвания са проведени от проектантските организации Енергопроект, Водоканал-проект и Водпроект във връзка с андигирането на Айдемирската низина (Йотов, 1961), изграждането на ХТК "Силистра-Кълъраш" (Марков и др., 1989; Стоев и др., 1977; Петков, 1977 и др.), за разширяването на отводнително-напоителна система в Айдемирската низина (Грънчаров и др., 1970), както и за битово и промишлено водоснабдяване (Йотов, 1968; Лимонадов, 1966; Попова, 1988 и др.). Основни архивни източници за подземните води в района са докладите във връзка със съставянето на хидрогеоложки карти в М1:250000 (Антонов и др., 1968; Данчев и др., 1972).

През периода 1990-1999 г. се превеждат хидрогеоложки изследвания в района на езеро Сребърна във връзка с неговото възстановяване и опазване като защитена територия (Шопова, 1992; Спасов и др., 1993). Анализ, интерпретация и обобщение на наличната хидрогеоложка информация, с ресурсна оценка на подземните води от барем-аптския водоносен хоризонт в Северозападните склонове на Северобългарското сводово издигане и Александрийската депресия е извършено през 1994-1998 г. от колектив на Водпроект. В района на езеро Сребърна са изградени мониторингови пуктове за наблюдение на подземните води от алувиалния и барем-аптския водоносен хоризонти (Балев, 1994).

Геоложки строеж

В разглеждания район се разпространени седименти на кредата, неогена и кватерна. Русенската свита (rsK_1^{h-b}) е с широко разпространение в проучваната територия. Представена е от разнообразни варовици. В района на резерват Сребърна това са предимно порцелановидни варовици, напукани и окарстени с ръждиви петна на места, прослоени от бяла глина, креда, глина с чакъли. Мощността им в района на езеро Сребърна е около 300 m. Седиментите на Русенската свита са разкрити на повърхността в южната част на резервата - местност Канаричката. Разкрития се наблюдават и по склоновете на трите суходолия, заустващи във влажната зона. В обсега на езерото варовиците от Русенската свита са подпярни от албски мергели.

От направените сондажи около биосферният резерват се установява, че варовиците на Русенската свита се разкриват на дълбочина 5-8.5 m до 0 m от земната повърхност в южната част на изследвания район. В северозападната част на влажната зона, в основата на възвишението Карабурун кредните варовици са разкрити на дълбочина 20 m от земната повърхност. На изток, на хоризонтално разстояние 350 m те преминават в мергели. В североизточната част на резервата, югозападно от с. Айдемир варовиците на Русенската свита са разкрити в сондаж, на дълбочина 55 m под албски мергели.

В по-голяма част от Айдемирската низина, включително руслото на р. Дунав до към Силистра докватернерния разрез е представен от глинести мергели, които в дълбочина стават пясъчливи и от глауконитни пясъчници. В района на Силистра алтернативата от пясъчливи мергели и глауконитни пясъчници с албска възраст е определена от Евлогиев (2006) като Глауконитно-мергелна пясъчлива задруга. Като неофициална литостратиграфска единица тази задруга се въвежда за първи път от Филипов и Чешитев (1992). Дебелината на мергелните седименти е 20-180 m, като най-голяма тя е в крайбрежната ивица срещу Сребърненско блато. Мергелна водонепропусклива подложка е установена по сондажен път на 20 m от земната повърхност в северната част на езеро Сребърна. Върху нея лежи и руслото на река Дунав. На юг, в дере Кълнежа, заустващо в езерото, такива мергели липсват. Разпространението на албските мергели не е достатъчно добре установено в границите на влажната зона, поради строгия ѝ статут на защита.

Неогенските отложения в разглежданата територия са представени от три свити: Сърповска свита (sN_1^p) – сиви до светлокафяви на цвят варовити, тънкослойни, в отделни интервали пясъчливи глини; Айдемирска свита (aN_2^d) – бели, сиви, жълти до ръждиви, фини, дребно до среднозърнести пясъци, косо наслоени с прослойки от сивозелени пясъчливи глини; Сребърнишка свита (srN_2^r) – сиви, пясъчливи, варовити глини, преминаващи в сивосинкави до белезникави глинести варовици, плътни, здрави, често шуплести.

Стратотипът на Сърповската свита е в дола, намиращ се в североизточната част на село Ситово. Неогенските глини лежат върху порцелановидните варовици на Сребърнишка свита. Глините са с дебелина до 1 m., синкави до сиви, слабо пясъчливи, безструктурни. Пясъчливи глини на Сърповската свита се разкриват и на 2 km южно от с. Сребърна. Разкрити са на дълбочина 34 m в изградения сондаж до с. Ветрен на брега на р. Дунав.

Пясъците на Айдемирската свита се характеризират с коса, отчасти паралелна слоистост, указание за отлагане в плитки и неспокойни води. Пясъците са предимно кварцови с глинести минерали. В горните им части наблюдаваме конкреционни образувания. Те са с дебелина 2-8 m. Ясен профил на седиментите на дака се наблюдава западно от Силистра, по шосето за с. Професор Иширково. Разкриват се жълтеникаво-ръждиви, дребно до среднозърнести пясъци. При с. Смилец мощността на пясъците стига до 6.5 m.

Варовиците на Сребърнишка свита са здрави, покриват по-високите части на изследвания район. Те са с дебелината 40-50 m. В района на езеро Сребърна в западните и източните склонове на възвишенията Коджабаир и Карабурун варовиците се разкриват върху пясъците на Айдемирската свита. В горните части те са по-глинести, докато преминават във варовити глини с мощност 4 m. Седиментите на леванта се разкриват по склоновете на реките Сребърненска, Барбукска, Кълнежа и при с. Смилец. На изток, в района на с. Айдемир и Силистра варовиците са с малка мощност и преобладават понтските глини.

Кватернерът е представен от еоплейстоценски, плейстоценски и холоценски седименти – еолични образувания, алувиални отложения, езерно-блатни наслаги. Плейстоцен-еолични алувиални образувания са представени от червеникави пясъчливи глини, които са преход между грубокластичните еоплейстоценски материали и льосовия комплекс. В района на резервата Сребърна са разкрити в сондажните изработки в Калушево дере и в югозападната част на резервата.

Плейстоцен-еоличните образувания следват над червените глини с постепенен преход. Представени са от типичен льос-бежово-жълтеникав, финозърнест, лек, порьозен, слабо споена глинесто-алевролитова скала. Льосови отложения покриват покрайнините на резерват Сребърна.

Плейстоцен-алувиалните образувания са привързани към терасата на р. Дунав и р. Русенски Лом. Разполагат се трансгресивно върху размитите и окарстени варовици на Русенската свита. Представени са от разнокъсови, добре изгладени чакъли, примисени с пясък. Покрити са в повечето случаи от льосовия комплекс. Дебелината им е 10 m.

В северния участък на езеро Сребърна липсват обичайните за крайдунавските низини чакъли и пясъци (този факт е свързан с различния генезис на езерото). Алувиални отложения са разкрити в сондажни изработки в терасата на р. Дунав северно от с. Айдемир. Представени са последователно от плътна глина, фин плаващ пясък, чакъли с пясъчлив запълнител и валуни. В северозападната част на резервата, варовиците на Русенската свита изграждат подложката на алувиалните отложения. В района на с. Айдемир алувиалните отложения са с мергелна подложка.

През холоцена се образуват алувиални отложения на високата и ниската тераса на реките, които не се отличават от тези, формирани през плейстоцена. Залягат върху варовиците на Русенската свита и отдолу-нагоре са представени от чакъли, среднозърнести пясъци, плътни сиви глини, тъмно оцветени пясъчливи глини. Мощността на заливната тераса на р. Дунав достига 20 m, като пет от тях са пада та чакълите и пясъците.

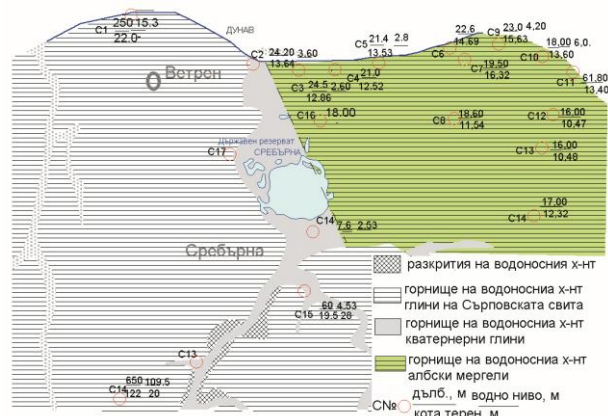
През холоцена се образуват делувиялни, пролувиални коолувиални и смесени типове кватернерни отложения, формирането на които е започнало още през плейстоцена. Езерно-блатни наслаги покриват повсеместно дъното на езеро Сребърна. Представени са от сиво-кафяви утайки, слабоуплътнени, богати на органични вещества. Дебелината на този горен слой е между 2.5 и 3.5 m, която е приблизително еднаква за по-голяма част от езерото. Само в североизточния край се установява едно локално изтъняване на блатния слой (до 1.2 m), където се оформя форма, наподобяваща старото русло на естествения канал Драгайка. Езеро-блатните утайки в района на резерват Сребърна са съвременни утайки, образувани основно през последния период, след андигирането на р. Дунав, когато се е нарушил водния баланс на влажната зона.

Хидрогеоложки условия

Геоложките условия в района на обекта предопределят наличието на следния хидрогеоложки разрез:

Барем-аптски водоносен хоризонт

Подземните води са се формирали в неравномерно окарстените варовици на Русенската свита. Варовиковия комплекс на барем-апта е покрит с кватернерни отложения – льос и алувиални отложения, плиоценски глини, неогенски пясъци и варовици. В района на езеро Сребърна водоносен хоризонт е разкрит на повърхността-местност Канаричката или е покрит от неогенски или кватернерни глини, които на места изтъняват и се създават условия за дрениране на карстови води в езерото (фиг. 2)



Фиг. 2. Хидрогеоложка карта на горнището на барем-аптския водоносен хоризонт в района на езеро Сребърна

Подложката на барем-апта е предимно от хотривски седименти – мергели, глинести варовици, варовици, пясъчливи варовици, по-рядко пясъчници. От юг на север мергелите намаляват и се заместват от варовици и глинести варовици. На север от линията Писанец-Побит камък-Климент седиментите на Русенската свита образуват общ водоносен хоризонт с валанжинските варовици на Каспичанската свита (Антонов, Данчев, 1980). Мощността на карбонатния комплекс, който е със слаб наклон на север и северозапад, в северната част на водоносния хоризонт, където е и езеро Сребърна е около 300 m.

В района на биосферен резерват Сребърна съществуват условия за пряко подхранване на Барем-аптския водоносен хоризонт от валежи, в участъците на разкриване на варовиците на Русенската свита на повърхността, в южната част на територията, както и от повърхностни води, при формирането на отток в заустващите се в езерото суходолия.

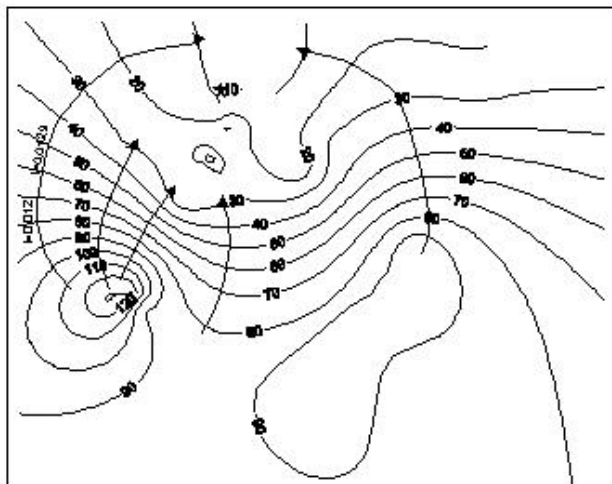
В отделни участъци – около Силистра например, Барем-аптския водоносен хоризонт е в хидравлична връзка с р. Дунав. Там през алувиалните отложения при високи водни стоежи реката подхранва Барем-аптския водоносен хоризонт.

Карстовите подземни води се дренират в р. Дунав и в езеро Сребърна. При разкритията на варовиците на повърхността в южната част на резервата подземните води от Барем-аптския водоносен хоризонт се дренират

под формата на извори и временни потоци. Динамичният разход на Барем-аптския водоносен хоризонт е 1125 l/s (Балев, 1994).

Филтрационните параметри на Барем-аптския водоносен хоризонт са определени в два опитни участъка около резерват Сребърна. Първият гидроучастък е разположен в южната част на с. Сребърна – на игрището, а втория по Калушево дере, заустващо в езерото. Определените филтрационни параметри показват за първия участък водопроводимост $T=61-78 \text{ m}^2/\text{d}$, пиезопредаване $a=1.2-6.1 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{d}$, водоотдаване $\mu=0.001-0.005$. За вторият гидроучастък определените филтрационни параметри са водопроводимост $T=551-683 \text{ m}^2/\text{d}$, пиезопредаване $a=2.97 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{d}$, водоотдаване $\mu=0.022$.

Подземната вода на Барем-аптския водоносен хоризонт е предимно хидрокарбонатно-калциево-магнезиева по тип. През август 2005 г. са направени замервания на водните нива на подземните води от Барем-аптския водоносен хоризонт в района на езеро Сребърна. Изчертана е хидродинамична мрежа (фиг. 3). Определен е градиента на подземния поток на барем-аптския водоносен хоризонт в района на езеро Сребърна – 0.012-0.0129.



Фиг. 3. Хидродинамична карта на подземните води на барем-аптския водоносен хоризонт на езеро Сребърна

Плиоценски водоносен комплекс

Формиран е от пясъците и глинестите варовици на Айдемирската и Сребърнишката свити, с долен водоупор глините на Сърповската свита. Плиоценските седименти са установени в ивица, широка около 20 км покрай р. Дунав, от Русе до Силистра. Южната им граница на разпространение минава по линията Червена вода-Белица-Добротица-Страцимир. Неогенските седименти залягат върху вододелните масиви (Данчев, 1972). Разкриват се в литоложия разрез от абсолютна кота 24 до 89-92 m (Евлогиев и др., 2006). На вододелните била плиоценския хоризонт е покрит с лъос и образува с него общ водоносен хоризонт. По тип водите в пясъците и лъосовия комплекс са порови и пукнатинни във варовиците. По характер водоносния хоризонт е безнапорен.

Плиоценски водоносен комплекс се подхранва от атмосферни валежи и се дренира в р. Дунав и в речните долове (чешма до игрището в с. Сребърна $Q=0.5-2 \text{ l/s}$,

чешма в с. Ситово, с. Ветрен) и от долнокредните варовици при неиздържан водоупор от глините на Сърповската свита. Около езеро Сребърна са установени по доловете извори, дрениращи плиоценска вода – чешма Тодоранка, чешма в селото и др.

Коефициента на филтрация в пясъците на Айдемирската свита е 1.5-3.5 m/d. Водоотдаването е 10-12%. Мощността на водоносния хоризонт е малка – от 5 до 25 m. Филтрационните свойства на гленестите варовици на Сребърнишката свита не са големи.

Естествените ресурси на плиоценския водоносен хоризонт са 175-250 l/s. Регламентирано водопотребление от него се осъществява от ВиК-Силистра чрез ПС-Ветрен-кладенец Сребърна с дебит 6-7 l/s. В миналото подземните води от ПВХ са били основен източник за питейно битово и друго водоснабдяване. Сега са заменени с по-добре защитени от замърсяване подземни води от Барем-аптския водоносен хоризонт и горноюрския-валанжински хоризонт. Ползването на плиоценски води продължава и сега за различни нужди. Водите са хидрокарбонатно-магнезиево-калциеви с повишено съдържание на натрий. Водоносния хоризонт е слабозащитен от замърсяване.

Кватернерен водоносен хоризонт

Според типа на наслагите съществуват два основни кватернерни водоносни хоризонта:

Подземни води в лъосовите отложения

Лъосовият комплекс покрива почти 80% от територията на Барем-аптския водоносен хоризонт. Мощността му достига до 40 m. Основата му е глина, която не е свършен водоупор и позволява инфилтрация на вода в дълбочина. Лъосът има много добра поглъщателна способност, обусловена от голямата му пористост, достигаща 52%. Дребнозърнестият му строеж предопределя ниска филтрационна способност – до 2 m/s. В лъосовият комплекс са акумулирани безнапорни по характер и порови по тип подземни води. Подхранването му е от атмосферни валежи, а дренирането в основата на доловете и в долуплежащите водоносни хоризонти.

Водоносен хоризонт в терасата на р. Дунав

Представлява двуслоен водоносен хоризонт, с водопропусклива долна част от средни и едри чакъли и разнзърнести пясъци, преобладаващи нагоре в глини и пясъци. Общата дебелина на хоризонта достига до 29 m, а на долната му част – до 14 m. Водопроводимостта на чакълите е от 250-1250 m²/ден, а водоотдаването 23% (Балев, 1994). Формираните в него води са полунапорни и ненапорни. Подземните води в алувиалните отложения в разглеждания район са оскъдни. Динамичният им запас е около 860 l/s. В участъка между езеро Сребърна и р. Дунав долния чакълест хоризонт е представен от варовити полузаоблени късове с пясъчливо-глинест запълнител, представляващи алувиални пролувиални отложения на води идващи в миналото по долините на реките заустващи във вложната зона. Мощността на тези чакъли е 1-4 m. Горният водоносен хоризонт в този район е представен от блатни глини с мощност 6-20 m. В крайбрежната ивица в този участък над блатните глини се установяват

маломощни дунавски пясъци и чакъли, припокрити с алувиални глини (Данчев, 1972).

Въз основа на проведените проучвания през 1992 г. в биосферния резерват Сребърна, при ниски водни нива на река Дунав е съставената хидродинамична карта на подземния поток в терасата на река Дунав, в участъка на резервата. Филтрационния поток е насочен към река Дунав, по старото корито на канал Драгайка. При ниски дунавски стоежи разликата в напорните градиент в изследвания район са малки – 0.01. Подземната вода на водоносен хоризонт в терасата на р. Дунав е по тип хидрокарбонатно-калциева, хидрокарбонатно-калциево-магнезиева, с обща минерализация 0.326-1.9 g/l.

Заклучение

Притокът на подземните води към езеро Сребърна обуславя съществуването на влажната зона особено през последните 50 години. При ликвидиране на връзката на езерото с р. Дунав (1949); при липса на достатъчен приток на повърхностни води от сухдолията, зауставщи в резервата; при изпарение над 1000 mm/год, което значително надвишава количеството на падналите валежи (500 mm/год) те са основният приходен елемент във водния баланс на езеро Сребърна. Без тяхния приток езерото вече би трябвало да е пресъхнало.

Литература

Антонов, Х. 1953. *Хидрогеоложки проучвания на Западна Добруджа за нуждите на идеен проект*. С., Архив ХЕП.
Антонов, Х. 1962. *Хидрогеоложко райониране на България*. С., БАН, 1.
Антонов, Х., Л. Йотов. 1968. *Подземните води в Айдемирската низина*. С., ВМГИ, НИС.
Балев, Х., Д. Найденов и др. 1994. *Обяснителна записка: Анализ, интерпретация и обобщаване на наличната хидрогеоложка информация с ресурсна оценка на подземните води от барем-аптския водоносен хоризонт в северозападните склонове на Северобългарското сводово издигане и Александрийската депресия*. С., Геофонд КГМР, №V-0428.
Бончев, Г. 1942. Теренът на дунавското прибрежие в Тутраканско и Силистренско. – *Спис. БАН*, 65, кл. прир. мат., 32, 1-8.
Бончев, Г. 1923. Геологично-хидрологични проучвания на Делиормана в свръзка с водоснабдяването на безводните му крайща. – *Год. Соф. унив., ФМФ*, 19, 1, 321-379.
Бончев, Е., Г. Чешитев, Е. Карагулева. 1956. Бележки върху стратиграфията на апта в североизточна България. – *Изв. Геол. инст.*, 4, 59-76.
Бояджиев, Н. 1948. *Хидрогеоложко проучване за водоснабдяване на Добруджа-II-ри район*. С., Архив Водоканалпроект.
Бояджиев, Н. 1964. Карстовите басейни в България и подземните им води. – *Изв. Инст. хидрология и метеорология*, 2, 45-96.
Данчев, Д. 1972. *Доклад за извършените проучвания по съставяне на хидрогеоложка карта в М1:25000 на част Западна Добруджа (Силистренско, Разградско и Шуменско) II-ри етап*. С., Архив Водпроект.

Евлогиев, Й. 2000. Кватернерът в североизточна България. – *Сп. БГД*, 61, 1-3, 3-25.
Златарски, Г. 1927. *Геология на България*. С., Унив. библиотека №65, 266 с.
Кадиев, Б. 1959. *Карстовите подземни води в България*. С., Архив ХЕП.
Кадиев, Б. 1951. *Хидрогеоложки проучвания на Айдемирската низина във връзка с напоителната система*. С., Архив ХЕП.
Кюмуджиева, Е., Е. Попов. 1988. Литостратиграфия на неогенските седименти в Североизточна България. – *Палеонт. стратигр. литол.*, 25, 3-26.
Йотов, Л. 1961. *Доклад за хидрогеоложки условия на Айдемирската и Попино-Гарванската низина, с оглед андигирането и отводняването им при баражиране на р. Дунав*. С., Архив на Дирекция Проучване към Енергопроект.
Йотов, Л. 1968. *Определяна на ресурсите и условията за експлоатацията на пресните подземни води в Айдемирската низина*. С., Архив на Дирекция Проучване към Енергопроект.
Лимонадов, К. 1966. *Техническо икономичен доклад за водоснабдяването на Силистренски окръг – район с. Сребърна*. С., Архив на Водоканалпроект, №160.
Марковски В. 1953. *Заклучение на хидрогеоложките условия по терасата на р. Дунав западно от гр. Силистра*. С., Архив на Дирекция Проучване към Енергопроект.
Петков, Ц., К. Опря. 1977. ТИД за района на Черна вода на р. Дунав, Хидровъзел, том-II, Инженерна геология, хидрогеология и строителни материали створ "Силистра-Кълъраш", Архив Дирекция Проучване към Енергопроект.
Попова, Н. 1988. *Водоснабдяване на с. Ветрен, Силистренска община – строителство на проучвателен експлоатационен тръбен кладенец, стадий-работен*. С., Архив Водоканалпроект.
Спасов, К. 1993. *Изграждане на хидравлична връзка между езеро Сребърна и река Дунав при високи води*. МОСВ.
Стоев, Г. 1977. *Обект "Створ Силистра-Кълъраш" - защита на гр. Силистра (предварителни данни)*. С., Архив Енергопроект.
Филипов, Л., Л. Микова. 1983. Кватернерните отложения в Добруджа. – *Сп. БГД*, 44, 2, 149-157.
Шопова, К. 1992. *Хидрогеоложки условия в БР Сребърна*. Дипл. работа, С., Архив ВМГИ.
Яранов, Д. 1961. Границата плиоцен-плейстоцен и стратиграфията на кватернера в България. – *Спис. БГД*, 22, 2, 187-204.
Boué, A. 1928. Zusammenstellung der bekannten geognostischen Thatsachen über die europäische Türkei und über Kleinasien. – *Leonard's Ztschr. Mineral.*, 22, 1, 270-282.
de Launay, L. 1906. L'hydrologie souterraine de la Dobroudja bulgare. – *Annales des Mines, Sér. X*, 10, 115-175.
Toula, F. 1890. *Geologische Kartenskizze von Donau-Bulgarien und Ostrumelien nebst den angrenzenden Gebieten*. Wien.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Хидрогеология и инженерна геология", ГП