

ГЕОЛОЖКИ ПРЕДПОСТАВКИ ЗА ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА ПЕРСПЕКТИВНИ ВОДОНОСНИ СТРУКТУРИ ЗА СЪХРАНЯВАНЕ НА ВЪГЛЕРОДЕН ДИОКСИД В СЕВЕРОЗАПАДНА БЪЛГАРИЯ (ЛОМСКА ДЕПРЕСИЯ)

Васил Балинов, Мариана Дончева, Ефросима Занева-Добранова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700; geoenergy@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Методичните подходи за идентифициране на перспективни за съхраняване на CO₂ водносни структури, разработени от авторите, са приложени за региони от Северозападна България (Ломска депресия). Извършените анализи и прогнозни оценки се базират на основните критериални показатели, свързани с геоложките условия и предпоставки (литоложки, структурно-тектонски, сеизмотектонски, петрофизични, хидрогеоложки и термобарични). Перспективните геоложки формации в Ломската депресия са с мезозойска и неозойска (долнокредно-миоценска) възраст. В тях се съдържат зонални проницаеми задруги, разположени сред кредно-неогенския регионален труднопроницаем комплекс и формират различни типове резервоарни системи. Резервоарните системи се характеризират с твърде разнообразен строеж и петрофизични показатели на изграждащите ги колекторни и изолиращи задруги. Структурно-тектонските условия обуславят присъствието на локални структури, към които са привързани различни типове природни капани. Те са свързани с определени стратиграфски нива и различни типове колекторни и изолиращи скали. Сеизмотектонските и хидрогеоложките условия на изучаваната територия са благоприятни за избора на перспективни обекти. На базата на анализа на геоложката информация са отделени четири перспективни водносни структури. Две от тях са разположени изцяло на територията на България. Колекторните задруги са изградени от теригенно-карбонатни (Горна Креда) и теригенни (Среден Еоцен) скали. Другите две структури са разположени частично на територията на Румъния. Колекторните задруги са представени от карбонатни скали (Креда). Определен интерес, особено от гледна точка на съхраняване на природен газ, представляват Ломската и Козлодуйската терциерни палеодолини, които са разположени на територията на България и Румъния.

GEOLOGICAL PRECONDITIONS FOR IDENTIFYING OF PERSPECTIVE AQUIFER STRUCTURES FOR CARBON DIOXIDE STORAGE IN NORTH-WEST BULGARIA (LOM DEPRESSION)

Vassil Balinov, Mariana Doncheva, Efrossima Zaneva-Dobranova

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

ABSTRACT. The methodical approaches for identifying of perspective aquifer structures for carbon dioxide (CO₂) storage, worked out by the authors, are applied for regions of North-Western Bulgaria (Lom Depression). The analyses and prognostic evaluations are based on the main criteria parameters, connected to the geological conditions and prerequisites: lithologic, structural-tectonic, seismotectonic, petrophysical, hydrogeological and thermobaric). The perspective geological formations in the Lom Depression are with a Mesozoic and Neozoic (Lower Cretaceous – Miocene) age. They contain zonal permeable formations, situated between the Cretaceous-Neogene regional hard-permeable complex and form different type reservoir systems. The reservoir systems characterize with variable structure and petrophysical parameters of the reservoir and sealing formations that build them. The structural-tectonic conditions determine the presence of different types of local structures. Different types of natural traps are bounded to them. They are connected with definite stratigraphic levels and different types of reservoir and sealing rocks. The seismotectonic and hydrogeological conditions in the studied territory are favorable for selection of perspective sites. Four perspective aquifer structures are separated on the base of geological information analysis. Two of them are situated entirely on the territory of Bulgaria. The terrigenous-carbonate (Upper Cretaceous) and terrigenous (Middle Eocene) rocks built the reservoir formations in them. The other two structures are situated on partially on the territory of Romania. The reservoir formations consist of carbonate rocks (Cretaceous). Of a great interest, especially from the point of view of the natural gas storage, are the Lom and Kozlodui Tertiary Paleo-valleys, which are situated on the territory of Bulgaria and Romania.

Въведение

Методът за съхраняване на CO₂ във водносни формации, независимо от неговия рисков характер, е особено перспективен както в световен мащаб, така и за условията на България, поради възможността за избор на геоложки структури със значителен капацитет.

Перспективите за съхраняване на CO₂ във водносни структури в България са свързани основно със северната ѝ част. Те се базират на резултатите от проведените значителни по обем геологопроучвателни и изследователски работи във връзка с изясняване на нефтогазоносната

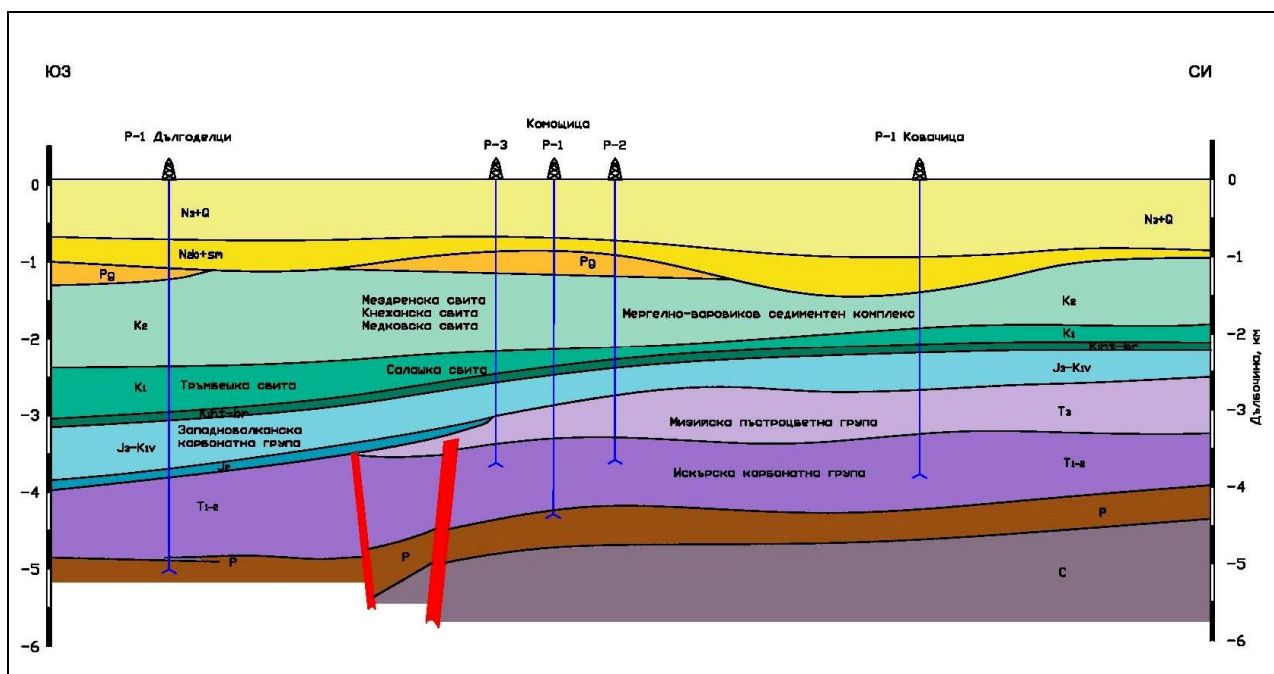
перспективност на различни стратиграфски нива от седиментния разрез. Установени и изучени са резервоарни системи с регионално, зонално и локално развитие. На различни стратиграфски нива са регистрирани разнотипни локални структури. Част от тях представляват потенциален интерес за съхраняване на CO₂.

За идентифициране и предварителна прогнозна оценка на перспективни обекти и свързани с тях потенциални хранилища на CO₂ е необходимо провеждането на изследователски работи, базирани на комплекс от геоложки предпоставки и критериални показатели: литоложки, структурно-тектонски, сеизмотектонски, петрофизични, хидрогеоложки и термобарични. Предмет на подобно изследване е районът на Ломската депресия (Северозападна България). Анализите, обобщенията и оценките са извършени на основата на разработените от авторите

методични подходи (Балинов и др., 2008), адаптирани към геоложките условия на изследвания район.

Кратки сведения за геологията на района

Ломската депресия представлява главен геоструктурен елемент от Мизийската платформа. Седиментният разрез е представен от палеозойски, мезозойски и неозойски седименти (фиг. 1). Той е изграден от редуване на карбонатни, глинесто-карбонатни, глинести и кластични скали, които имат неравномерно разпространение в изследваната територия и най-често са в латерални преходи. Дебелините и пълнотата на разрезите се определят от изявите на тектонските фази, проявени с различен интензитет в отделни части на територията. На повърхността се разкриват неогенски и кватернерни наслаги. Най-дълбоките, разкрити със сондаж стратиграфски нива, са със силур-девонска възраст. В района попадат палеорусли от дренажна мрежа на две големи речно-долинни системи – Ломска и Козлодуйска, с дължина десетки километри (фиг. 2).



Фиг. 1. Геоложки разрез по линия I-I – виж фиг. 2 (по Монов, непубл. данни)

Анализ и оценка на геоложките предпоставки

Литоложки и петрофизични предпоставки

Литоложките и петрофизичните предпоставки се свеждат до наличието на проницаеми и труднопроницаеми скали (пластове, задруги, комплекси) с благоприятни колекторни и изолиращи качества. Намирайки се в определени пространствени взаимоотношения по между си те формират разнотипни природни резервоари. Обект на изучаване, от гледна точка на целите на настоящето изследване, е дефинираният на територията на Северна България кредно-неогенски регионален труднопроницаем комплекс (РТК), който е разположен в регламентирания дълбочинен интервал (750-2500 m). Той има широк стратиграфски диапазон и включва преобладаващо

глинесто-карбонатните и глинестите седименти от Хотрива до Дака (Атанасов, Боков, 1983). В него са отделени зонални проницаеми задруги (пластове, тела). Те са свързани с долнокредните (Хотрив, Барем, Апт и Алб) карбонатни и теригенно-карбонатни седименти, горнокредно-палеоценските (Ценоман, Сенон, Мастрихт и Дан) теригенни и карбонатни седименти, еоценските и миоценските теригенни седименти. Те формират разнотипни резервоарни системи, в изграждането на които участват следните проницаеми задруги: хотрив-баремска (карбонатна), апт-албска (теригенна), ценоманска (теригенна), горнокредно-палеоценска (кремъчно-карбонатна), средноеоценска (теригенна) и баденска (теригенна).

Таблица 1. Характеристика на кредно-неогенската резервоарна система в Ломската депресия

Характеристика на проицаемите задруги и колекторните скали			
<i>Хотрив-баремска проицаема задруга</i>			
Разпространение		северозападна част	
Литология		варовици	
Дебелина		m	110-140
Вместимост	порна	%	1-5
	каверново-пукнатинна		няма данни
Проицаемост	порна	md	до 5
	пукнатинна		няма данни
Дълбочина до горнището		m	-1600 до -3400
<i>Алт-албска проицаема задруга</i>			
Разпространение		източна част	
Литология		пясъчници и алевролити	
Дебелина		m	5-30
Вместимост	порна	%	до 15
Проицаемост	порна	md	5-10
Дълбочина до горнището		m	-700 до -3000
<i>Ценоманска проицаема задруга</i>			
Разпространение		южна част	
Литология		алевролити	
Дебелина		m	10-35
Вместимост	порна	%	до 18
Проицаемост	порна	md	над 1
Дълбочина до горнището		m	-1700(?) до -2200
<i>Горнокредно-палеоценска (мастрихт-дан) проицаема задруга</i>			
Разпространение		повсеместно	
Литология		варовици, възможно органогенни постройки на юг	
Дебелина		m	50-380
Вместимост	порно-кавернова	%	11-18
Проицаемост	порно-кавернова	md	200-300
Дълбочина до горнището		m	-400 до -1400
<i>Среденоеоценска проицаема задруга</i>			
Разпространение		централна част	
Литология		пясъчници и алевролити	
Дебелина		m	10-70
Вместимост	порна	%	10-39
Проицаемост	порна	md	1-1000
Дълбочина до горнището		m	-400 до -950
<i>Баденска проицаема задруга</i>			
Разпространение		северозападна част	
Литология		пясъчници и алевролити	
Дебелина		m	10-20
Характеристика на труднопроицаемия комплекс и изолиращите скали			
Литология		глинесто-карбонатни и глинести седименти	
Дебелина		m	до 1000
Изолиращи качества		добри	

Те се характеризират с разнообразен литоложки състав, променливи дебелини и ниски до средни петрофизични показатели (табл. 1). Типът на колекторите е порен, порно-пукнатинен и порно-каверново-пукнатинен. Дълбочините до тяхното горнище са от -3400 до -400 m. В отделни райони към хотрив-баремската, ценоманската, и горнокредно-палеоценската проницаема задруга са установени газови проявления.

Труднопроницаемите скали, сред които са вместилища на промишлените тела, са изградени от глинесто-карбонатни и глинести седименти, с преобладаващо добри изолиращи качества.

Структурно-тектонски предпоставки

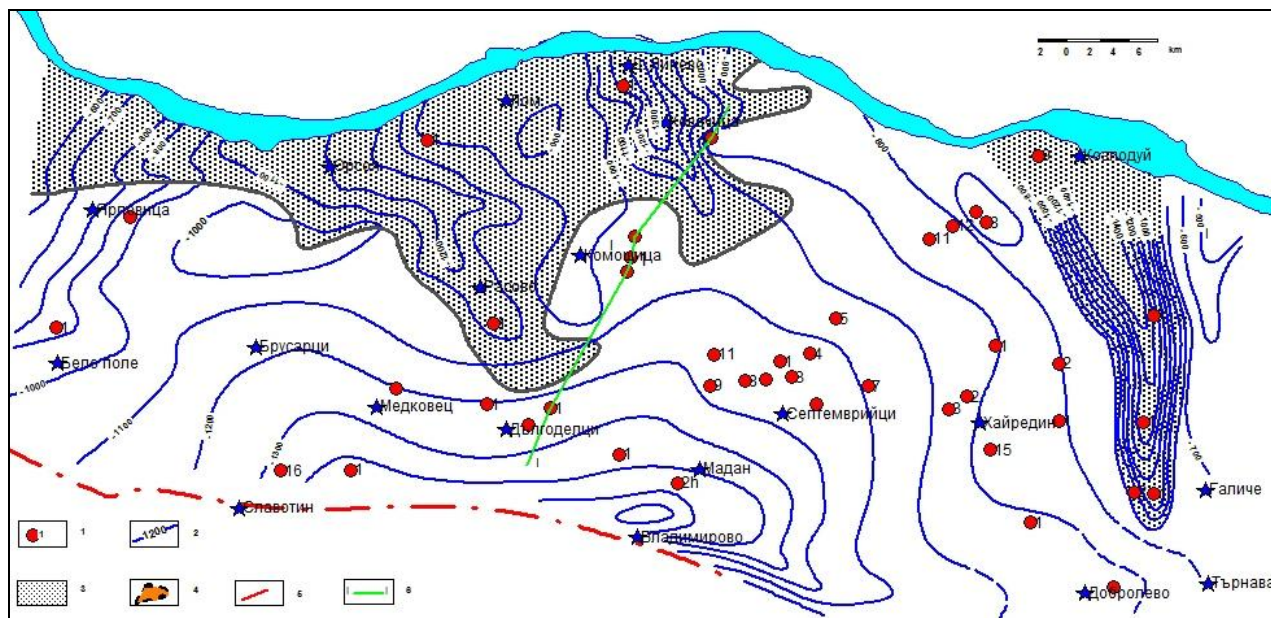
Интерес, от гледна точка на настоящото изследване, представляват локалните структури, свързани с Долнокредната, Горнокредната и Палеогенската серия.

По горнището на **Долнокредната серия**, се очертава широкомащабна позитивна двукуполна структура в северозападната част на Ломската депресия. Част от тази структура е разпространена и на територията на Румъния. Към нея е привързан природен капан от структурен (антиклинален) тип, свързан с промишлените карбонатни скали с горноюрско-валанжинска, бериаска и аптска възраст. Те се покриват от труднопроницаеми скали с албска, ценоманска и туронска възраст.

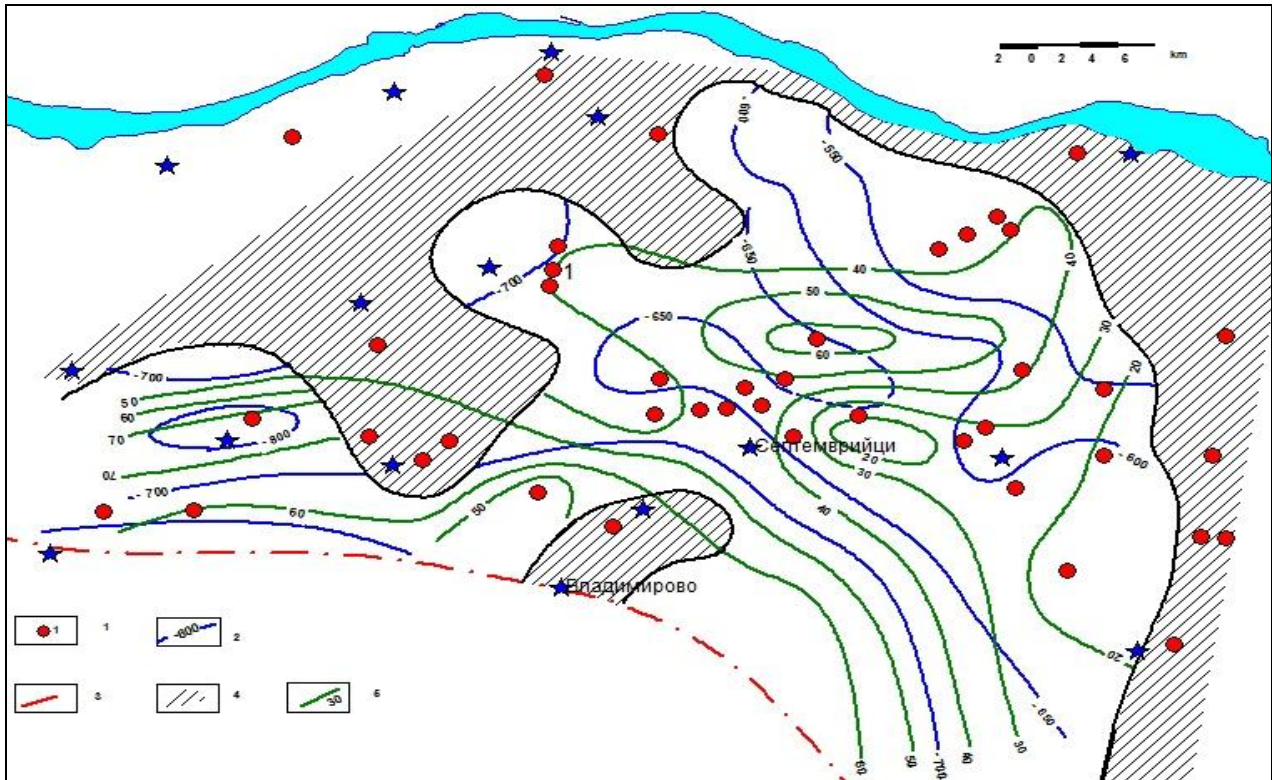
По горнището на **Горнокредната серия** се очертава широкообхватна структура в югозападната част на Ломската депресия. Тя е формирана в резултат на моноклинално издигане на горнокредните седименти. Проницаемите скали обхващат отложенията на Ценомана и Долния Сенон. Те се покриват от труднопроницаемите скали на Горния Сенон и Кампана. На север, изток и запад колекторите фациално прехождат в труднопроницаеми скали. Те формират литоложки ограничен тип природен капан.

В централната част на Ломската депресия се очертава мащабна структура по горнището на **горнокредните седименти**. Разпространена е и на територията на Румъния. Проницаемите скали са свързани с карбонатните седименти на Мاستрихта. Покриват се от труднопроницаеми палеогенски наслаги. Природният капан е от структурен (антиклинален) тип.

В **средноеоценския разрез** от централната част на Ломската депресия е установено присъствието на пясъчничово тяло с моноклинално издигане в северна посока (фиг. 3). Вместено е сред труднопроницаемите еоценски седименти. В резултат на фациално заместване се очертава литоложки ограничен природен капан.



Фиг. 2. Структурна карта по горнището на горнокредната серия в част от Ломската депресия (по Боков и др., 1987, непубл. данни П 87): 1 – сондаж, номер; 2 – изохипса, m; 3 – зони, засегнати от преднеогенската ерозия на горнокредните седименти; 4 – контури на локалните позитивни структури, проявени в Горнокредната серия; 5 – тектонско нарушение; 6 – геоложки профил



Фиг. 3. Разпространение на средноеоценската пясъчникова задруга в Ломската депресия (по Боков и др., 1987, непубл. данни): 1 – сондаж, номер; 2 – изохипса, m; 3 – тектонско нарушение; 4 – отсъствие на задругата; 5 – изопахита, m

Сеизмотектонски предпоставки

Неотектонският и сеизмотектонският анализ показват, че изследвания район е с възможно най-ниските въздействия от сеизмични огнища. Според изведената регресия (Шанов, 1997) за повторемост на земетресенията, събития с магнитуд (M) от 0 до 2 стават средно статистически на всеки 4.7 години, с M до 3 – на всеки 10,8 години, с M между 3 и 4 – на всеки 25 години, а с M > 4 до 5, на всеки 57.8 години. Тези резултати свидетелстват за изключително слаба сеизмичност, което е благоприятен фактор за изграждане и функциониране на всякакъв тип отговорни съоръжения. В по-неблагоприятна позиция в това отношение се намира районът в източната част на Ломската депресия. Анализът на активността на разломите в изследвания район показва, че те се явяват като ограничителни структури на активния сегмент на Предбалканския разлом. Това обаче не означава, че те притежават потенциал за генериране на по-силни събития (Георгиев, Шанов, 1991).

Хидрогеоложки предпоставки

Разглежданата територия попада в обсега на Ломския подрайон на Северобългарския артезиански басейн (Станев, Веселинов, 1989). Интерес представляват долнокредния, горнокредния, палеогенския и неогенския водоносен комплекс. Към тях са привързани разглежданите проницаеми задруги и природни капани. Кредните и палеогенския водоносен комплекс са сравнително слабо изучени. Те са с променлива водообилност. При изпитание на сондажи са получени притоци от вода с дебити от 1.3 до 210 m³/d (в горнокредния водоносен комплекс) / до 600 m³/d (в палеогенския водоносен комплекс). Водите са напорни, порно-пукнатинни и пукнатинни, с променлив състав (табл.

2). Водите на неогенския водоносен комплекс са с интензивен водообмен, с изключение на изолирани водоносни лещи и прослойки в баден-сарматския разрез, където са отбелязани повишени температури и минерализация (табл. 2). Анализът на информацията дава основание да се направи извода, че хидрохимичните показатели на водите от разглежданите водоносни комплекси, както и техните хидродинамични показатели са твърде променливи. Поради това, оценката на тези показатели, от гледна точка пригодността на водоносните формации за съхраняване на CO₂, следва да се разглежда отделно за всяка една от потенциално перспективните геоложки структури и природни капани.

Заклучение

На базата на анализа и оценката на геоложките условия за съхраняване на CO₂ във водоносни формации в райони от Северозападна България (Ломска депресия) са идентифицирани перспективни водоносни структури, които представляват потенциални хранилища на CO₂. Те са привързани към различни стратиграфски нива (долна креда – среден еоцен). Дълбочината им варира в граници от 800 до 2000 m. Локалните структури и свързаните с тях природни капани са от различен тип – структурни (анти-клинални) или литоложки ограничени. По предварителни оценки те отговарят на изискванията за съхраняване на CO₂ във водоносни структури.

Колекторните задруги, с които са свързани перспективните природни капани, са изградени от теригенни или карбонатни скали. Теригенните колектори са от порен тип. По прогнозни оценки техните количествени показатели са в границите на основните критериални

Таблица 2. Характеристика на водоносните комплекси в Ломската депресия

Водоносен комплекс, свързан с хотрив-баремската, апт-албската и ценоманската проницаема задруга (Долна Креда)		
Тип на водите	хлор-калциев, хлор-магнезиев	
Обща минерализация	g/l	29-45
Пиезометрично ниво	m	от -18 - +150
Геотермичен градиент	°C/100 m	3-4
Температура	°C	80-95
Водоносни комплекси, свързани с горнокредно-палеоценската и средноеоценската проницаеми задруги		
<i>Ценоман-долносенонски водоносен комплекс</i>		
Тип на водите	хлор-натриев, хлор-магнезиев, сулфатно-натриев, хидрокарбонатно-натриев	
Обща минерализация	g/l	13-36
Пиезометрично ниво	m	+216 - +733
<i>Мастрихтски водоносен комплекс</i>		
Пиезометрично ниво	m	+215
<i>Палеогенски водоносен комплекс</i>		
Тип на водите	хлор-натриев, хлор-калциев	
Обща минерализация	g/l	76
Температура	°C	38-45
Проводимост	m ² /d	10
Водоносен комплекс, свързан с баденската проницаема задруга (Неоген)		
Тип на водите	хлор-натриев	
Обща минерализация	g/l	35-50
Температура	°C	29

изисквания. Значителната литоложка изменчивост определя вариациите на вместимостните и филтрационните им свойства. Порестостта е в границите от 5 до 35%, като преобладаващите стойности са между 15 и 20%. Проницаемостта се изменя от няколко единици до няколко десетки милидарси. Ефективната дебелина на колекторните задруги в отделните природни капани е от 10 до 35 m. Прогнозният капацитет варира в широки граници – от няколко десетки до няколко стотици млн. t.

Карбонатните колектори, с които са свързани част от перспективните природни капани, са от смесен тип, най-често порно-каверново-пукнатинен. Те се характеризират с ниски вместимостни показатели (пукнатинно-каверновата вместимост не превишава 1%) и с благоприятни филтрационни качества. Поради значителната дебелина на карбонатните колекторни задруги прогнозният капацитет на природните капани достига няколко стотици млн. тона CO₂.

В долнокредно-миоценския разрез на Ломската депресия са отделени четири перспективни структури. Две от тях обхващат част от територията на Румъния. Ломската и Козлодуйската палеодолини, които са перспективни както за търсене на въглеродородни акумулации, така и за съхраняване на CO₂, също така са развити и на територията на Румъния.

ЛИТЕРАТУРА

- Атанасов, А., П. Боков. (ред.). 1983. *Геология и нефтогазоносна перспективност на Мизийската платформа в централна Северна България*. С., Техника, 287 с.
- Балинов, В., М. Дончева, Е. Занева-Добранова. 2008. Методични подходи при идентифициране на перспективни водоносни структури за съхраняване на въглероден диоксид. – *Научно-техническа конференция с международно участие "Нефтогазоносна перспективност на Балканско-Черноморския регион"*, Варна, 172-180.
- Георгиев, Ц., С. Шанов. 1991. Съвременна геодинамика на западната част на Мизийската платформа (Ломска падина). – *Българско геоф. спис.*, 67, 3, 3-9.
- Станев, И., С. Веселинов. 1989. Вертикална зоналност на подземной гидросфери болгарской части Нижнедунайского артезианского бассейна. – *Geologica Balc.*, 19, 3, 69-79.
- Шанов, С. 1997. *Съременно и неотектонско поле на напреженията в източната част на Балканския полуостров*. Дисертация за присъждане на научната степен "доктор на геологическите науки". С., Геологически институт, БАН, 194 с.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Геология и проучване на полезни изкопаеми", ГПФ