

ПЕРСПЕКТИВНИ ГЕОЛОЖКИ ФОРМАЦИИ ЗА СЪХРАНЯВАНЕ НА ВЪГЛЕРОДЕН ДИОКСИД В МАРИШКИЯ БАСЕЙН (ГОРНОТРАКИЙСКА ДЕПРЕСИЯ – ЮЖНА БЪЛГАРИЯ)

Ефросима Занева-Добранова, Васил Балинов, Мариана Дончева

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

РЕЗЮМЕ. Обект на изследване и предварителна оценка са перспективните за съхраняване на CO₂ геоложки формации в Маришкия басейн, разположен в Загорското грабеново понижение на Горнотракийската терциерна депресия. Тези формации са в близост до райони с интензивно замърсяване на атмосферата с парникови газове (включително емисии на CO₂). Извършените анализи и прогнозни оценки се базират на основните критериални показатели, свързани с геоложките условия и предпоставки - литоложки, петрофизични, структурно-тектонски, хидрогеоложки и др. Дефинирани са перспективни резервоарни системи, намиращи се в обхвата на мезозойския и терциерния разрез. Те се характеризират с твърде разнообразен строеж и петрофизични показатели на изграждащите ги колекторни и изолиращи задруги. Благоприятни за съхраняване на CO₂ са среднотриаската варовиково-доломитна колекторна задруга и средноеоцеско-олигоценската вулканогенно-карбонатно-теригенна колекторна задруга. Структурно-тектонските условия са сложни и обуславят присъствието на грабенови структури в терциерния и на навлачни структури в мезозойския разрез. Към тях са привързани различни геоложки структури. Дефинираните и оценени по прогнозни данни две структури отговарят на изискванията и критериалните показатели за безопасно съхраняване на CO₂. По прогнозен капацитет структурите, свързани с Опан-Грудовския грабен, се приема като приоритетни за бъдещи геологопроучвателни и изследователски дейности.

PERSPECTIVE GEOLOGICAL FORMATIONS FOR STORAGE OF CARBON DIOXIDE IN MARITSA BASIN (UPPER THRACIAN DEPRESSION – SOUTHERN BULGARIA)

Efrosima Zaneva-Dobranova, Vasil Balinov, Mariana Doncheva

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

ABSTRACT. This study presents results of a preliminary assessment of perspective for CO₂ storage geological formations in Maritsa basin, located in Zagora graben depression of the Upper Thracian depression. These formations are close to areas of intensive atmospheric pollution by greenhouse gases (including CO₂ emissions). The analyses and prognostic assessments are based on the basic criteria related to geological conditions and prerequisites – lithologic, petrophysical, structural-tectonic, hydrogeological, etc. Perspective systems of reservoirs and seals within the Mesozoic and Tertiary section are defined. These systems include rather diverse in structure and petrophysical indicators reservoir and sealing formations. Favorable for storage of CO₂ are the Triassic limestone-dolomite reservoir formation and the Middle Eocene-Oligocene volcanogenic-carbonate-terrigenous reservoir formation. The structural-tectonic environment is complex and favors the development of graben structures within the Tertiary and of thrusts in the Mesozoic section. They control the formation of different types of natural traps, mostly combined ones. The two defined prognostic natural traps correspond to the requirements and criteria for safe CO₂ storage. According to prognostic storage capacity the natural trap, related to Opán-Grudovo structure, is considered to be the target cite for future exploration and research activities.

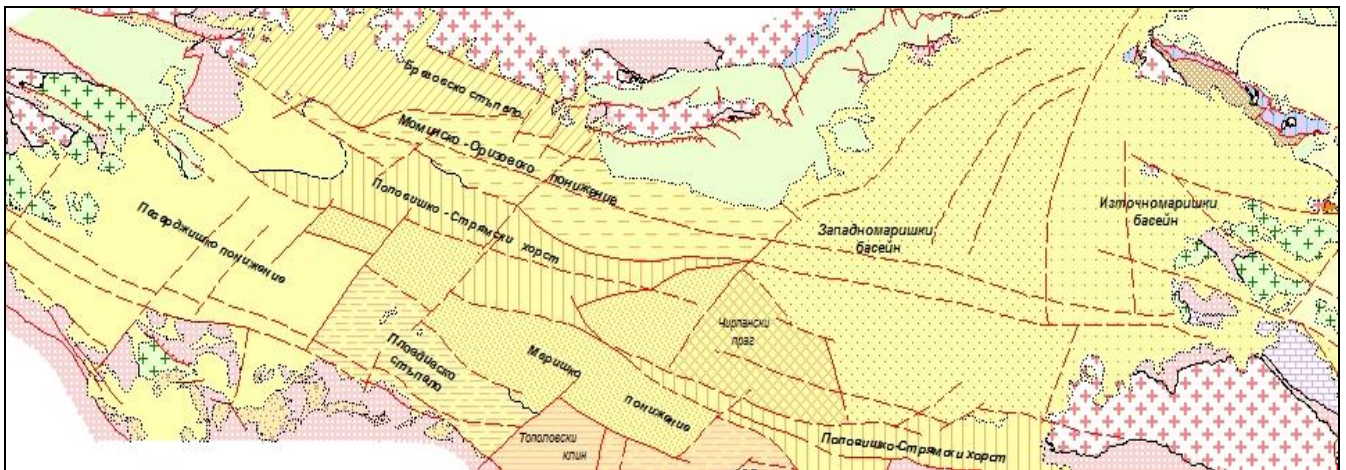
Въведение

На територията на Южна България са разположени значителни по мащаби източници на CO₂. В нейната централна част такива са ТЕЦ от комплекса "Марица Изток", край гр. Стара Загора. В близка перспектива се очаква годишните количества на емитирания от тези източници CO₂ да достигнат 20 Mt. Това определя необходимостта от провеждането на целенасочени изследователски работи, с цел идентифициране, изучаване и предварителна оценка на перспективни геоложки формации (структури) за съхраняване на CO₂. Те трябва да отговарят на необходимите за тази цел изисквания.

Определен интерес в това отношение представлява Горнотракийската терциерна депресия. Тя има твърде

сложен строеж и включва отделни хорстовидни и грабеновидни структури или понижения. Приноси към стратиграфията, литостратиграфията и структурата на терциера в Горнотракийската депресия имат различни автори (Добрев и др., 1972; Драгоманов и др., 1981; Боянов и др., 1989; Goganov, Atanasov, 1989; Драгоманов и др., 1991, непубл. данни; Горанов и др., 1992; Крыстев и др., 1992; Цанков и др., 1995, Dabovski et al., 2002; и др.).

В структурно отношение се открояват четири блокови структури от първи порядък: Пазарджишко понижение, Пловдивско понижение, Чирпански праг и Загорско понижение (фиг. 1) (Boyanov, Goganov, 2001). Перспективите за съхраняване на CO₂ са свързани със Загорското понижение, в което е разположен Маришкият басейн.



Фиг.1. Тектонска схема на Горнотракийската депресия (по Boyanov, Goranov, 2001)

Особености на геоложкия строеж

Допалеогенният фундамент на Загорското понижение има мозаично-блоков строеж (фиг. 2). Върху него са разположени разнотипни терциерни наслаги (фиг. 3). В границите на понижението се отделят два тектонски блока, предопределящи развитието на Западномаришкия и Източномаришкия басейн. Основното различие между двата басейна се изразява в различната пълнота на терциерния разрез. В Източномаришкия басейн липсват някои литостратиграфски единици, а други са със силно намалена дебелина. В Западномаришкия басейн присъства пълният набор от палеогенски и неогенски литостратиграфски единици, чиято обща дебелина превишава 1250 m. В основата си разрезът е представен от горноеоценски (приабонски) мергели и рифови варовици (мергелно-варовикова задруга), с прояви на среднокисел магматизъм. Долният Олигоцен (Рупел) е изграден от пирокластити, с кисел състав, в алтернация с органогенни варовици, пясъчници и алевролити, а средният и горният олигоцен – от монотонно редуване на аргилити, пясъчници, мергели и варовити глини (Езеровска свита). Над тях, с рязък преход и размив, следват миоценски континентални кластични седименти (пясъчничково-алевролитова задруга), както и алувиални и езерно-блатни въгленосни отложения, с възраст Късен Олигоцен-Среден Миоцен (Маришка свита). Терциерният разрез завършва с миоцен-плиоценски пролувиални, делувиални и алувиални наслаги (Ахматовска свита), които покриват с регионален размив пъстра подложка от допалеогенски скали и различни палеогенски литостратиграфски единици.

По сондажни данни, в горната част на дотерциерния фундамент, над палеозойските гранитоиди, са установени триаски, горнокредни и частично юрски седименти (фиг. 2). Тяхното присъствие в разглеждания район е незакономерно. Те отсъстват в отделни участъци, предимно в неговата югозападна част. Мезозойските наслаги изграждат горнокредната флишка карбонатна задруга и среднотриаската варовиково-доломитна задруга.

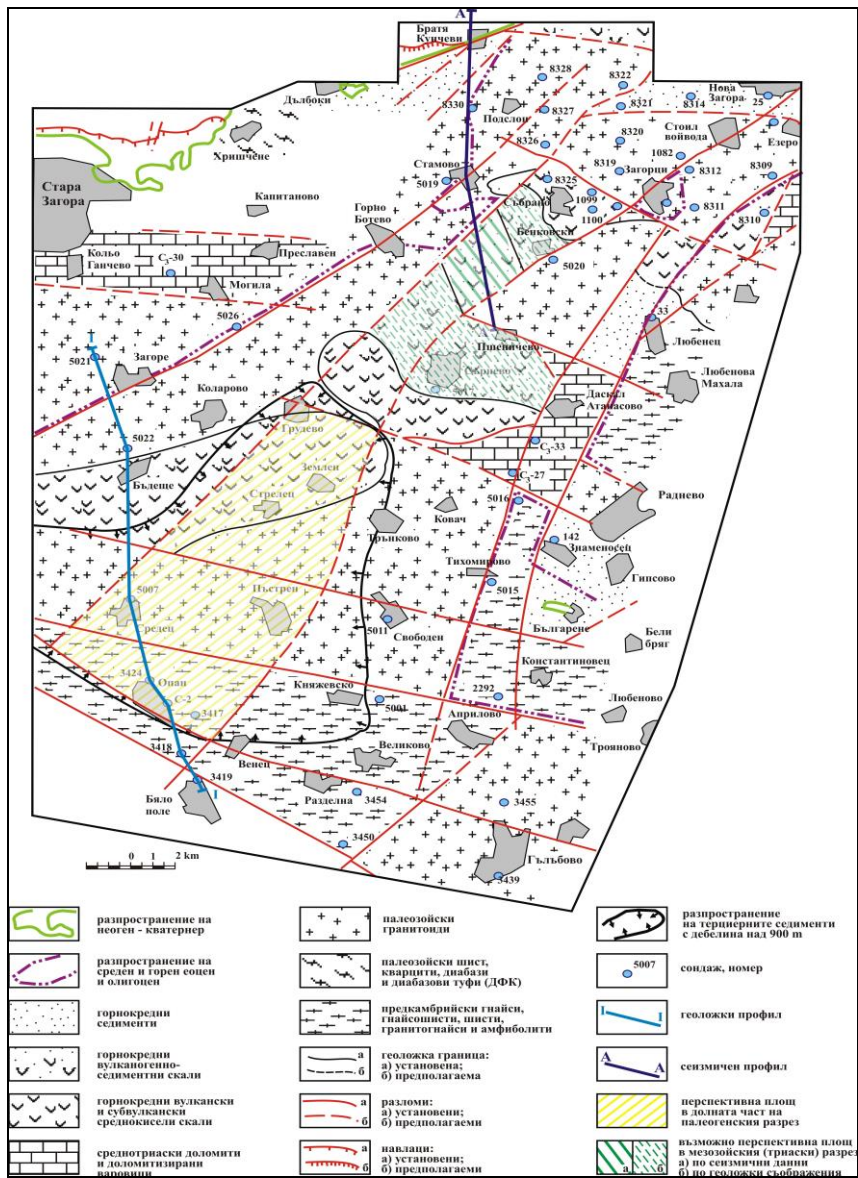
Нови данни за геоложкия строеж на изучавания район са получени от интерпретацията на сегмент от регионалния сеизмичен профил СГ-1 (с. Пшеничево – с. Хан Аспарух – с. Братя Кунчеви). На сеизмичния разрез (фиг. 4) се отделят две навлачни пластини, разположени една върху друга, които са част от дотерциерния фундамент на Горнотракийската депресия. Пълният им разрез включва: палеозойски гранитоиди; долнотриаски конгломерати, пясъчници и аргилити; среднотриаски доломити и доломитизирани варовици; долно-средноюрски пясъчници и аргилити; горнокредна вулканогенно-седиментна задруга с флишки характер и разливи от андезити и субвулкански тела.

Мезозойските седименти в горната пластина вероятно са в значителна степен денудирани, а в долната са запазени различни части. Дебелината на долната пластина варира от 900 до около 1400 m. Комплексната навлачна пластина е севервергентна и се приема за част от т.нар. Светиилийска единица, която изгражда Светиилийските височини и навлачната пластина между гр. Стара Загора и с. Хрисчени (Цанков и др., 1995а; 1995б).

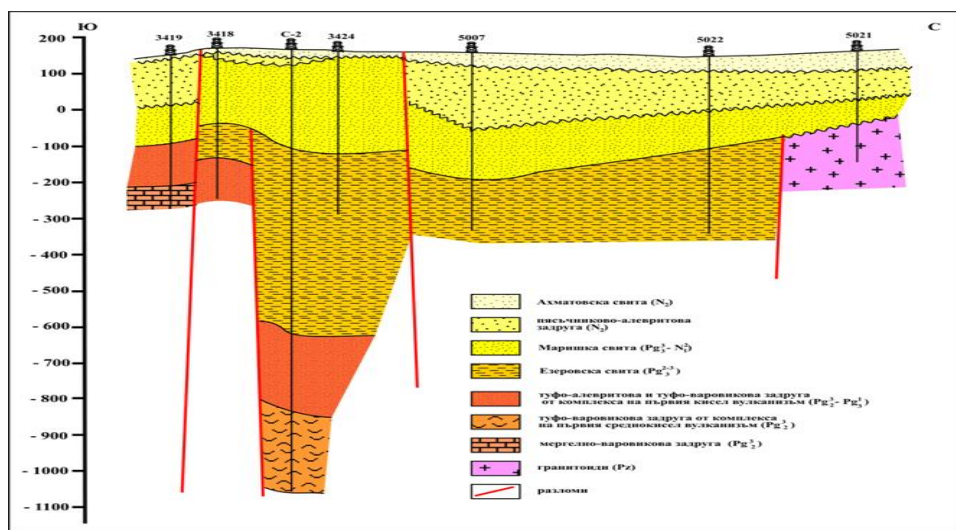
Перспективни резервоарни системи и потенциални геоложки структури

Развитието на природните резервоари в Западномаришкия басейн е свързано със специфичните особености на неговия структурно-тектонски и литостратиграфски (терциерен и мезозойски) строеж.

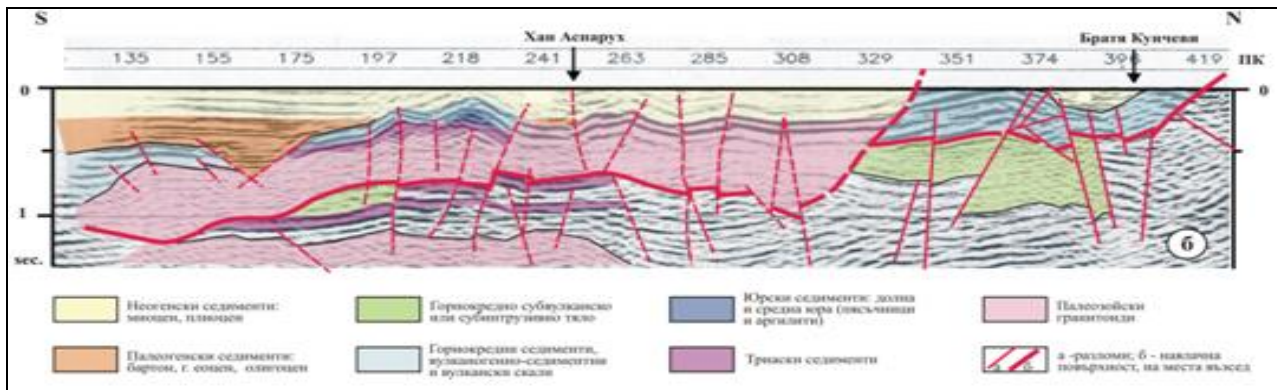
В терциерния разрез, на базата на наличната геолого-геофизична и сондажна информация и проведеното от авторите литолого-физично разчленение, в Западномаришкия басейн е дефиниран природен резервоар, свързан със средноеоценско-олигоценската вулканогенно-карбо-натно-теригенна колекторна задруга. В изграждането му участват средноеоценско-олигоценската вулканогенно-карбонатно-теригенна колекторна задруга и ограничаващата я отгоре олигоценско-миоценска теригенна изолираща задруга и отдолу – докамбийски



Фиг. 2. Геоложка карта по долнището на Терциера в част от Западномаришкия басейн (по Л. Драгоманов и А. Горанов)



Фиг. 3. Геоложки профил I-I (по Л. Драгоманов) (вж. фиг. 2)



Фиг. 4. Сеизмичен разрез (по Велев, Горанов и Драгоманов) (вж. фиг. 2)

гнайси, палеозойски гранити, горнокредни вулкански и субвулкански тела или горнокредни флишки и вулканогенно-седиментни скали (фиг. 2). В северна и източна посока природният резервоар незакономерно намалява своя обем или напълно отсъства. Затова интерес представлява развитието му в югозападната част от разглеждания район. Тук дебелината на терциерния разрез надвишава 900 m. Предполага се, че колекторната задруга е представена в пълния си обем (фиг. 3). Тя се покрива от олигоцен-миоценови преобладаващо труднопроницаемите скали на Езеровската и Маришката свита. Над тях са разположени неогенските наслаги на пясъчничково-алевролитовата задруга и/или на Ахматовска свита. Подложката е разнообразна. В участъците, където горнокредните седиментни или вулканогенно-седиментни скали отсъстват, за подложка на палеогенската колекторна задруга служат докамбрийски гнайси или палеозойски гранити.

В мезозойския разрез, на базата на сеизмичните данни (фиг. 4), е дефиниран перспективен природен резервоар, свързан със среднотриаската варовиково-доломитна колекторна задруга. Той е разположен в долната пластина на дотерциерния фундамент, където колекторната задруга има по-сложен, нееднороден строеж. Тя е изградена от среднотриаски и горнотриаски варовици и доломити, които са разделени от среднотриаски черни аргилити, прослоени от алевролити и пясъчници. Ролята на покривка изпълняват труднопроницаемите палеозойски гранитоиди, принадлежащи на горната навлачна пластина. За подложка служат вероятно преобладаващо труднопроницаеми долнотриаски глинесто-теригенни наслаги (конгломерати, пясъчници и алевритови глинести шисти), под които е възможно да присъстват палеозойски гранити.

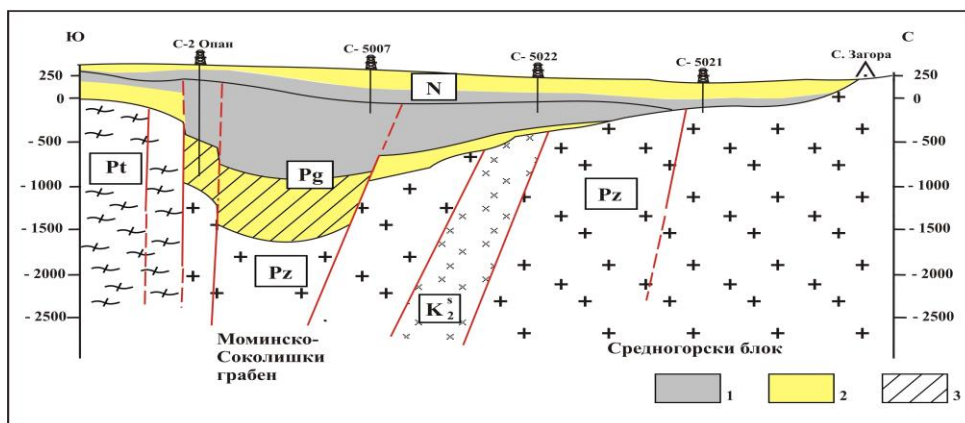
На базата на анализа на геоложките условия и критериите за съхраняване на CO₂, в Западно-маришкия басейн са дефинирани две потенциални геоложки структури, привързани към отделените перспективни резервоари (фиг. 2 и 3): а) геоложка структура, свързана със средноеоценско-олигоценската вулканогенно-карбонатно-теригенна колекторна задруга в Опан-Грудовския грабен; б) геоложка структура, свързана с варовиково-доломитната колекторна задруга в средногорнотриаския разрез в Сърнево-Бенковския грабен.

Характеристика на геоложката структурата в Опан-Грудовския грабен

Дефиниране. Структурата и свързаната с нея потенциално хранилище на CO₂ е привързана към грабеновидна тектонска единица (фиг. 5). Тя е латерално ограничена от труднопроницаемите палеозойски гранитоиди, протерозойски метаморфити и горнокредни вулкански и субвулкански тела. Изолиращата покривка, представена от труднопроницаемите наслаги на Езеровската (Среден Олигоцен) и Маришката (Горен Олигоцен-Неоген) свита, осигурява надеждна херметичност. Капацитивният и филтрационният потенциал на структурата се формира главно от порното пространство на пясъчниците и пясъците в глинесто-пясъчниковата (Среден Еоцен), туфоваровиковата задруга и туфо-алевролитовата (Горен Еоцен-Долен Олигоцен) задруга.

Геометрия на структурата. Има неправилна форма, с размери 6.6 x 17 km (фиг. 3). Дълбочината от повърхността до проникновения комплекс е от 800 до 1300 m (средно 1150 m) (фиг. 5).

Колекторна задруга. Представена е от Глинесто-пясъчниковата задруга (Среден Еоцен) и от Туфоваровиковата и Туфо-алевролитовата задруга (Горен Еоцен-Долен Олигоцен). Най-пълно е преминалата от сонд. С-2 Опан. Глинесто-пясъчниковата задруга е изградена от континентални, различно споени гравелити, пясъчници, рядко дребнокъсови конгломерати, алевролити и глинети. Туфо-варовиковата задруга е представена от органични варовици, прослоени със среднокисели туфи и туфови пясъчници. Туфо-алевролитовата задруга е изградена от редуване на туфови и нормални пясъчници, на места рахли, непроменени туфи и рахли пясъци, в алтернация с глинети и алевролити. В границите на структурата посочените скални разновидности имат различна дебелина и пространствено поведение. Средната дебелина на колекторната задруга съставлява около 700 m. Разнообразието на литоложките типове и разновидности проникваеми скали в разреза предполага широк диапазон на изменение на физичните им показатели. В съседни площи порестостта на палеогенските скали варира от 9 до 24% (средно 15%), а проникваемостта се изменя от 1 до 740 md (сонд. С-4 Калековец). Най-добри колекторни качества притежават вероятно пясъчниците, пясъците, непроменените туфи и конгломератите.



Фиг. 5. Геолого-геофизичен разрез (по Кръстев и др., 1992, с допълнения), съвпадащ с геоложки профил I-I и местоположение на природния резервоар: 1 – труднопроницаеми седименти; 2 – проницаеми седименти; 3 – перспективен участък

Изолираща задруга (покривка). Представена е от труднопроницаемите наслаги на Езеровската (Среден Олигоцен) и Маришката (Горен Олигоцен-Неоген) свита. Изградена е от незакономерно редуване на туфи, мергели и глини, с прослойки от пясъчници и алевролити. Дебелината ѝ е от 700 до 1000 m (средно 900 m). Като се има предвид литоложката характеристика на труднопроницаемите наслаги и голямата им дебелина се предполага, че те се характеризират с добри изолиращи качества.

Хидрогеоложки условия. Изпитания на сондажи в разглежданата структура отсъстват. В съседни райони еоценски и олигоценски водоносни тела показват дебита от 4 до над 250 m³/d, проводимост – 10-25 m²/d, минерализация – от 2 до 11 g/l, pH – около 7. Водите са от хлор-сулфатно-натриев тип. Посочените данни, свидетелстват за закритост на водоносните системи, в границите на разглеждания район.

Прогнозни показатели. Прогнозният капацитет на разглежданата структура е оценен на базата на следните показатели: дълбочина – 2000 m; площ – 113 x 10⁶ m²; обща дебелина (средна) – 700 m; ефективна дебелина (средна) – 175 m; порестост – 1 5%; степен на запълване на порите – 30/40%; пластова налягане - 19,5 MPa; пластова температура - 60 °C. Той е оценен на 866 Mt (при степен на запълване на порите с CO₂ 40%) и 650 Mt (при степен на запълване на порите с CO₂ 30%).

Характеристика на геоложката в структурата на Сърнево-Бенковския грабен

Дефиниране. Структурата и свързаното с нея потенциално хранилище на CO₂ е околтурена на базата на данните от сеизмичните изследвания (фиг. 4). Приема се, че върху палеозойските гранитоиди присъстват мезозойски скали (вероятно триаски), с обща дебелина 620-880 m (долна пластина), които се покриват от навлечената втора (горна) пластина от гранитоиди, с дебелина 560-1000 m и мезозойски скали (триаски, юрски, горнокредни), с дебелина до 420 m. Поради отсъствие на данни за нейното пространствено поведение, са разгледани два варианта. При първия вариант структурата е ограничена от СЗ и ЮИ от разломи, а от СИ и ЮЗ границите са прокарани на разстояние 1600 m от сеизмичния профил. При втория вариант, по общи геоложки съображения, може да се

допусне, че структурата има по-широко разпространение. Тя, както и навлечената пластина, вероятно са ограничени на СИ и Ю-ЮЗ от горнокредни вулкански и субвулкански тела (фиг. 2). Изолиращата покривка, представена от труднопроницаемите скали на палеозойските гранитоиди, осигурява надеждна херметичност на структурата по цялата площ на нейното разпространение. Капацитивният и филтрационният потенциал се формира от каверново-пукнатинната вместимост на варовиците и доломитите на средния и горния триас.

Геометрия на структурата. Първи вариант: структурата е тектонски ограничена на СЗ и ЮИ и е с размери 3x3 km. Дълбочината от повърхността до горницето на проницаемия комплекс е около 800 m. Дебелината му е от 100 до 150 m, средно 125 m. Втори вариант: структурата е ограничена от вулкански и субвулкански тела и е с размери 5x10 km и средна дебелина 125 m.

Колекторна задруга. Тя включва седиментите на Босненската и Троянската свита (съответно Среден и Горен Триас). Разрезът е представен от редуване на доломити и доломитизирани варовици. Между тях се намират среднотриаски черни аргилити, прослоени от алевролити и пясъчници, богати на органично вещество (Лепенски член на Васильовската свита – Среден Триас). По геоложки съображения и аналогия с подобен тип карбонатни колектори, за каверново-пукнатинната вместимост е приета стойност 1%, а за проницаемостта – 10 md.

Изолираща задруга (покривка). Тя е изградена от палеозойски гранити. Дебелината ѝ е от порядъка на 400-450 m. Като се има предвид тяхната литоложка характеристика и значителната им дебелина може да се приеме, че те се характеризират с добри изолиращи качества.

Хидрогеоложки условия. Информация за водите от изследвания район отсъства. Данните от изследванията на триаски водоносни тела, разкрити със сондажи в съседни райони показват, че водите са от сулфатно-бикарбонатно-натриев тип, с минерализация около 2 g/l. Измерените дебита са от 8 до над 800 m³/d, а проводимостта на пласта – 10-30 m²/d. Среднотриаският проницаем комплекс, в

разглеждания район, се намира вероятно в условия на пасивен или блокиран водообмен. Няма данни за инфилтрация на води по разломи.

Прогнозни показатели. Прогнозният капацитет е оценен на базата на следните показатели: дълбочина – 1025 m; площ – $9,75 \times 10^6$ m² (I вариант) и $48,5 \times 10^6$ m² (II вариант); обща дебелина (средна) – 125 m; ефективна дебелина (средна) – 125 m; пукнатинно-кавернова вместимост – 1%; степен на запълване на порите – 80/60/40%; пластово налягане – 10,25 МПа; пластова температура – 40°C.

При приетите прогнозни показатели капацитетът на потенциалното хранилище на CO₂, при първия вариант, е оценен на 6.1 Mt (при степен на запълване на пукнатините и каверните 80%), 4.5 Mt (при степен на запълване на пукнатините и каверните 60%) и 3.0 Mt (при степен на запълване на пукнатините и каверните 40%). При втория вариант капацитетът на потенциалното хранилище на CO₂ е съответно 30.1 Mt (при степен на запълване на пукнатините и каверните 80%), 22.5 Mt (при степен на запълване на пукнатините и каверните 60%) и 15.0 Mt (при степен на запълване на пукнатините и каверните 40%).

Сравнителни оценки

Сравнителният анализ на прогнозните показатели на перспективните геоложки структури и свързаните с тях потенциални хранилища на CO₂ в Западноаришкия басейн, позволява да бъдат направени следните по-важни изводи:

- дефинираните и оценени по прогнозни данни две геоложки структури отговарят на изискванията и критериалните показатели за безопасно съхраняване на CO₂;
- от гледна точка на прогнозния капацитет и други благоприятни показатели (литология, тип и физични показатели на колекторите, хидрогеоложка закритост, отдалеченост от източниците на емисии – 20-30 km и др.), по-голям интерес представлява геоложката структура, свързана с Опан-Грудовската грабен. Поради това тя се приема като приоритетна за бъдещи геологопроучвателни и изследователски дейности;
- съпоставката на прогнозните годишни количества на емисиите на CO₂ от ТЕЦ в комплекса “Марица изток”, с прогнозния капацитет на геоложката структура, свързана с Опан-Грудовската грабен (650-870 Mt) показва, че при

потвърждаване на пригодността на тази структура за съхраняване на CO₂, тя може да бъде използвана за нагнетяване на CO₂ за период от 30 до 40 години.

Литература

- Боянов, И., Ж.. Шияфова, А. Горанов, Е. Коюмджиева. 1989. Средно- и горноолигоценски седименти и вулканити в западната част на Загорското понижение. – *Спис. БГД*, 50, 2, 57-65.
- Горанов, А., И. Боянов, Г. Атанасов. 1992. Литостратиграфска подялба на палеогена и неогена от Източните Родопи и корелацията ѝ с палеогена и неогена от Горна Тракия. – *Год. СУ, ГГФ*, 82, 1, 169-182.
- Добрев, Т., В. Иванова, С. Пищалов. 1972. Основни черти на геоложкия строеж на Горнотракийската депресия по геофизични данни. – *Проучв. геофизика, Юбил. сб. Ком. геол.*, 19, 1, 119-134.
- Драгоманов, Л., В. Казаринов, Е. Коюмджиева, И. Николов, Е. Енчев, Х. Христов. 1981. Палеогеография на неогена в Пазарджишко и Пловдивско. – *Палеонт., стратигр. и литол.*, 14, 65-75.
- Кръстев, Н., Т. Добрев, Л. Драгоманов. 1992. Основные морфоструктурные особенности допалеогенового фундамента Вернефракийской депресии и его осадочного чехла. – *Geologica Balc.*, 22, 4, 57-89.
- Цанков, Ц., Л. Филипов, Н. Кацков. 1995а. *Обяснителна записка към Геоложка карта на България в М 1:100000, к. л. Стара Загора*. С., “Геология и геофизика” АД, 58 с.
- Цанков, Ц., Р. Наков, Н. Недялков, Д. Ангелов. 1995б. *Обяснителна записка към Геоложка карта на България в М1:100000, к. л. Нова Загора*. С., “Геология и геофизика” АД, 86 с.
- Boyantov, I., A. Goranov. 2001. Late Alpine (Palaeogene) superimposed depressions in part of South-East Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 31, 3-4, 3-36.
- Goranov, A., G. Atanasov. 1989. Lithostratigraphic subdivision of the East Rodope and Upper Thracien Paleogene. – *Geol. Rhodopes. 1st Bulgarian-Greek Symposium*, 1, 14-21.
- Dabovski, C., I. Boyantov, Kh. Khrishev, T. Nikolov, I. Sapounov, Y. Yanev, I. Zagorchev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. – *Geologica Balc.*, 32, 2-4, 9-15.