

ГЕОЛОЖКИ ПРЕДПОСТАВКИ, ПРИНЦИПИ И КРИТЕРИИ ПРИ ИДЕНТИФИЦИРАНЕТО НА ПЕРСПЕКТИВНИ ГЕОЛОЖКИ СТРУКТУРИ ЗА ПОДЗЕМНО СЪХРАНЯВАНЕ НА ВЪГЛЕРОДЕН ДИОКСИД (CO₂) В БЪЛГАРИЯ

Васил Балинов, Ефросима Занева-Добранова, Мариана Дончева

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

РЕЗЮМЕ. Проблемът за подземното съхраняване на въглероден диоксид (CO₂) е изключително актуален. Той е свързан с глобалната промяна на климата на планетата в резултат на нарастващите емисии на парникови газове в атмосферата в резултат на човешката дейност. В България годишното количество на CO₂, което се отделя в атмосферата е от порядъка на 55000 Gg (55 Mt), с тенденция на нарастване.

От известните в световната практика методи най-перспективен, включително и за условията на България е методът за съхраняване на CO₂ във водоносни структури. При идентифицирането им се съблюдават известни изисквания на които те трябва да отговарят: благоприятен капацитет и проводимост, херметичност, повишена минерализация на водите, стабилна геоложка среда, CO₂ е в надкритично състояние и др. Изборът на перспективни структури се основава на посочените изисквания, на съвременните представи за механизма на процесите (физични, физико-химични и геохимични), съпътстващи нагнетяването на CO₂ и поведението му във времето и на прилагането на комплекс от качествени и количествени критериални показатели: литоложки, литолого-физични, структурно-тектонски, сеизмотектонски, хидрогеоложки, термобарични и икономически. Изследователските работи в изучаваните региони се провеждат в логична последователност, съобразно поставените цели: регионални (геоложки, геофизични и хидрогеоложки); характеристика на резервоарните системи; изучаване на локалните структури (избор на перспективни природни капани и прогнозна оценка на потенциалните хранилища на CO₂); сравнителни анализи и оценки.

Окончателните оценки за пригодността на изучаваните обекти за съхраняване на CO₂ се извършват на базата на допълнителни специализирани геологопроучвателни и изследователски работи.

GEOLOGICAL PREREQUISITES, PRINCIPLES AND CRITERIA TO THE IDENTIFICATION OF PROSPECTIVE GEOLOGICAL STRUCTURES FOR UNDERGROUND STORAGE OF CARBON DIOXIDE IN BULGARIA

Vassil Balinov, Efrosima Zaneva-Dobranova, Mariana Doncheva

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

ABSTRACT. The underground of carbon dioxide (CO₂) storage is a topical issue. It is associated with the planet's global climate change resulted from the increasing greenhouse gas emissions in the atmosphere as a result of human activity. In Bulgaria the annual amount of CO₂ that is emitted into the atmosphere is in the order of 55000 Gg (55 Mt), and is tending to increase.

The most prospective among the methods from the universally known practice, including the Bulgarian geological conditions, is the method of underground storage in water-bearing structure. There are some requirements observed during the identification and they shall be met: favorable capacity and permeability, leak-proofness, high salinity of the waters, stable geological environment, CO₂ is in above-critical state, etc. The choice of the prospective structures is based on the mentioned requirements, on the modern concepts of the process mechanism (physical, physicochemical and geochemical) concomitant to the injection of CO₂ and its behavior in the time domain and the application of qualitative and quantitative criteria: lithological, physicolithological, tectonic/structural, seismotectonics, hydrogeological, thermobarical and economical. The investigation work in the study areas are performed in a strict, logical sequence, in conformity with the set purpose: regional (geological, geophysical and hydrogeological); characteristic of the reservoir systems; local structures study (choice of prospective natural traps and the feasibility study of the potential CO₂ storages); comparative analyses and evaluations.

The final assessment of technology appropriateness of the explored sites for CO₂ storage shall be performed on the base of additional specialized geological exploration and investigation works.

Общи сведения. Актуалност на проблема

Проблемът за промяната на климата на планетата, предизвикана от нарастващите темпове на повишаване съдържанието на парникови газове в атмосферата, вследствие на човешката дейност, има глобален характер.

Важен елемент от този проблем представляват емисиите от въглероден диоксид (CO₂), които се явяват основен продукт от изгарянето на изкопаемите горива или техни производни (въглища, нефтопродукти и др.). Ресурсите от тези полезни изкопаеми в световен мащаб са значителни, поради което тяхното използване като енергиен източник в

близка и средносрочна перспектива е неизбежно и безалтернативно. В не по-малка степен същото важи и за условията на България, която разполага със значителен собствен ресурс от въглища, основно лигнитни.

Годишното количество на емисиите на парниковите газове, продукт от дейности в различни стопански сфери в България за 2003 г., съставлява около 70000 Gg (CO₂ екв.), а на CO₂ около 55000 Gg (Христов и др., 2007).

Кардиналното решаване на проблема за намаляване на емисиите на CO₂ в атмосферата се свежда до тяхното трайно депониране в подходящи среди. От известните в световната наука и практика методи най-перспективните са свързани с подземното съхраняване на CO₂ във водоносни геоложки структури, които съдържат води с повишена минерализация. Тяхната реализация предполага осъществяването на сложен комплекс от геологопроучвателни и изследователски работи, които се провеждат в три основни етапа:

I етап – предварителен: идентифициране на перспективни геоложки обекти с потенциални възможности за съхраняване на CO₂;

II етап – проучвателен: изясняване на възможностите за съхраняване на CO₂, при съблюдаване на комплекс от критериални показатели и изисквания за охрана на земните недра и опазване на подземните води, водните басейни и атмосферата от замърсяване;

III етап – промишлен: подготовка и нагнетяване на CO₂, контрол и управление на процесите в близко-, средно- и дългосрочна перспектива.

Методи за подземно съхраняване на CO₂

В световната практика са известни следните методи за подземно съхраняване на CO₂:

- в нефтени и газови находища, чиято експлоатация е приключила;
- в нефтени находища, с цел повишаване извлекаемостта на нефта и следващо трансформиране на находищата в хранилища за CO₂;
- в минни изработки, камери в солни тела и др.;
- във въглищни находища, които не представляват интерес за добив на въглища, с цел стимулиране извлекаемостта на метана и следващо съхраняване на CO₂ в находищата;
- във водоносни структури.

С изключение на последния метод за съхраняване на CO₂ останалите методи в една или друга степен се прилагат в промишлената практика. В по-голяма степен това се отнася до онези от тях, които са свързани със стимулиране на нефтодобива или извличането на метана от въглищните пластове. Приложимостта на останалите методи не е свързана с особени проблеми, тъй като природните условия в значителна степен са известни и предопределени (съхраняване на CO₂ в нефтени и газови находища, чиято експлоатация е приключила, в солни тела и др.). Тяхната пригодност за съхраняване на CO₂ е регламентирана основно от дълбочината и капацитета им.

Методът за съхраняване на CO₂ във водоносни структури, независимо от неговия рисков характер, е особено перспективен, поради възможността за избор на обекти със значителен капацитет. Този метод се намира в начална фаза на промишлена реализация. Вниманието на световната наука и практика е ангажирано особено активно едва в началото на 90те години на миналия век, когато необходимостта от депониране на емисиите на CO₂, получени в резултат на човешката дейност, придобива неотложен характер. Изследователските и практическите дейности са насочени към разработване на теоретичните и приложните аспекти на проблемите, касаещи улавянето, подготовката, транспорта и съхраняването на CO₂. Поради изключителната им сложност и особено на проблема за съхраняването на CO₂, голяма част от тях все още не са намерили своето дефинитивно решение. Това е и една от основните причини, поради която в промишлена реализация се намират само няколко проекта, а други са в пилотна фаза (основно в страни от Западна Европа).

Перспективи за подземно съхраняване на CO₂ в България

Като се изключи метода за съхраняване на CO₂ във водоносни пластове, останалите методи, по различни причини, не представляват съществен интерес (малък капацитет, неподходяща дълбочина, неподходящ тип на продуктивните хоризонти на нефтените и газовите залежи, нарушена херметичност на продуктивните капани и др.).

Перспективите за съхраняване на CO₂ във водоносни структури са свързани основно със Северна България. В резултат на проведените значителни по обем геологопроучвателни и изследователски работи, във връзка с изясняване на нефтогазоносната перспективност на различни стратиграфски нива от седиментния разрез, са установени и изучени резервоарни системи с регионално развитие. Също така на различни стратиграфски нива са регистрирани по различни методи (геофизични, сондажни, геолошко картиране) около 300 разнотипни локални структури. За изясняване на техните потенциални възможности за съхраняване на CO₂ е необходимо провеждането на изследователски работи с цел идентифициране и предварителна прогнозна оценка на перспективни природни капани.

Геоложките условия за територията на Южна България са твърде различни, в сравнение с тези в Северна България. Това определя прилагането на специфични методи и подходи при изследванията и оценките. Определен интерес представляват наложените терциерни депресии, в които са разположени грабенови структури, запълнени с терциерни седиментни наслаги. В тях се съдържат природни резервоари и специфичен тип природни капани. Те се намират в различна хипсометрична позиция (благоприятна или неблагоприятна), от гледна точка на съхраняването на CO₂. В някои от грабеновите структури интерес представляват и природни резервоари, разположени в мезозойския разрез на силно усложнения от тектонски нарушения фундамент.

Основни изисквания към обектите за подземно съхраняване на CO₂

Пригодността на природните обекти за съхраняване на CO₂, привързани към водоносни пластове, се определя от редица изисквания, които в обобщен вид се свеждат към следното:

(1) Привързаност към подходящи природни резервоарни системи, които притежават благоприятни качествени и количествени показатели:

а) колекторните задруги са изградени от подходящи типове скали (приоритетно теригенни), които притежават благоприятни показатели, обезпечаващи: достатъчен капацитивен потенциал, за съхраняване на предварително планирани количества CO₂; достатъчен филтрационен потенциал, обезпечаващ необходимата приемателна способност (проводимост) на пласта и реализирането на планираната във времето приемателна способност на сондажите (денонощна, месечна, годишна);

б) изолиращите задруги са изградени от подходящи типове скали (основно глинести, евапоритни и др.), които притежават благоприятни качествени и количествени показатели, обезпечаващи надеждно екраниране на хранилището на CO₂;

(2) привързаност към подходящи геоложки структури, които обезпечават трайно (за неограничено време) съхраняване на инжектираните количества CO₂, при съблюдаване на изискванията за охрана и опазване на земните недра и околната среда;

(3) водите от водоносните системи, към които са привързани обектите за съхраняване на CO₂, не представляват интерес за други цели;

(4) свързаност със стабилна геоложка среда, с ниска сеизмична (неотектонска) активност, което гарантира съхраняването на целостта на хранилището;

(5) да се намират в определен дълбочинен диапазон, при който CO₂ е в надкритични условия и вместващата среда е съхранила своите капацитетни и филтрационни показатели;

(6) приемливо разстояние от източниците на CO₂;

(7) икономическа целесъобразност.

Механизъм на съхраняване на CO₂

Той представлява съвкупност от физични, физико-химични и геохимични процеси, които съпътстват нагнетяването и поведението на CO₂ във времето, определят формата на присъствие на CO₂ в пластовата система и условията на съхраняването му в кратко-, средно- и дългосрочна перспектива.

Механизъм на физичните и физикохимичните процеси е свързан с изтласкването (заместването) на част от пластовата вода от нагнетявания CO₂, който, в зависимост от термобаричните условия, се намира в газообразно, течно или надкритично състояние. Тези процеси протичат при различни условия:

а) в локални структури, с преобладаващо вертикално движение на CO₂ (*"физичен механизъм в локални структури"*): чрез изтласкване на част от водата извън пределите на природния капан (при открит хидродинамичен режим); чрез заместване на част от

водата за сметка на еластичните свойства на пластовата система (при закрит хидродинамичен режим).

б) в открити резервоарни системи, комбинирано (вертикално и хоризонтално) движение на CO₂ (*"физичен механизъм в отворени резервоарни системи"*). Този механизъм на съхраняване на CO₂ е известен като *"хидродинамичен механизъм"* (Metz et al., 2005).

Механизмът на геохимичните процеси е свързан с различните форми на химично взаимодействие между CO₂, пластовата вода и вместващата среда. В зависимост от природните условия те протичат с различна интензивност и в различни времеви интервали, с образуване на нови продукти и променяща се геохимична обстановка.

Геохимичният механизъм включва следните елементи на химично взаимодействие (Metz et al., 2005; Chadwick et al., 2007):

а) *разтваряне на CO₂ в пластовата вода ("разтворително съхраняване")*. То има доминираща роля във времеви интервал до десетки и стотици години;

б) *химично взаимодействие с карбонатни минерали. ("йонно съхраняване")*. То има доминираща роля във времеви интервал от стотици до хиляди години;

в) *химично взаимодействие с некарбонатни минерали. ("минерално съхраняване")*. То протича в дългосрочен времеви интервал (от хиляди до милиони години).

Посочените форми на геохимичния механизъм на съхраняване на CO₂ имат различна степен на изява, в зависимост от конкретните природни условия. При отворени за латерални движения водоносни системи имат място всички форми на геохимичния механизъм. При затворените (изолирани) природни капани преобладаващо място има *"разтворителното съхраняване"*.

Геоложки предпоставки за подземно съхраняване на CO₂ във водоносни пластове. Критериални показатели

На базата на посочените изисквания и на изложения в схематичен вид механизъм на процесите, съпътстващи нагнетяването и съхраняването на CO₂, са дефинирани основните геоложки предпоставки и критерии за съхраняване на CO₂ във водоносни пластове. Те са обособени в няколко групи: литоложки, структурно-тектонски, сеизмотектонски, литолого-физични (петрофизични), хидрогеоложки и термобарични.

Литоложки предпоставки. Ролята на тези предпоставки е свързана с присъствието в седиментния разрез на определени типове проникваеми (колекторни) и труднопроникваеми (изолиращи) скали (скални задруги). При подходящи пространствени взаимоотношения помежду им и благоприятни качества те формират природни резервоарни системи, в които могат да съществуват потенциални обекти за съхраняване на CO₂. Колекторните и изолиращите задруги се оценяват по различни качествени и количествени показатели: строеж, литоложки особености, площна издържаност, дебелина, напуканост, тип на колекторите и физичните им показатели

(вместимостни, филтрационни, физико-механични и др.), изолиращи показатели на покривката (налягане на пробива, дифузионна проницаемост, порометрични характеристики и др.), тектонска нарушеност и др. Основните критериални показатели за оценка на колекторните и изолиращите задруги са представени в таблица 1 (Metz et al., 2005; Chadwick et al., 2007).

В световната литература не се третира въпроса за пригодността на напуканите теригенни колектори като възможна среда за съхраняване на CO_2 . Това е обяснимо, като се имат предвид ниските капацитетни възможности на пукнатинните системи и специфичния механизъм на процесите на изтласкване (заместване) на водата от нагнетявания CO_2 .

По сложен е въпросът за пригодността на напуканите и кавернозни карбонатни колектори. Това е свързано с възможните химични процеси между CO_2 , водата и карбонатните минерали. Този въпрос е дискуссионен, поради което на настоящия етап в световната практика те не се разглеждат като подходяща среда за съхраняване на CO_2 . Трябва да се отбележи обаче, че при други благоприятни предпоставки, дори при стойности на пукнатинно-каверновата вместимост от порядъка на 1%, карбонатните комплекси в границите на локални обекти могат да притежават значителен капацитет.

Таблица 1

Основни количествени критериални показатели при избора на перспективни локални структури (природни капани) за съхраняване на CO_2

№	Показатели, размерности	Благоприятни	Неблагоприятни или предпазливи
1	Капацитет	по-голям от емитираните количества	по-малък от емитираните количества
2	Дълбочина до върха на колекторната задруга, m	>800; <2500	<800; >2500
3	Дебелина на колекторната задруга (ефективна), m	>50	<20
4	Порестост на колекторните скали, %	>20	<10
5	Проницаемост на колекторните скали, md	>300	<10
6	Общо съдържание на соли в пластовата вода, g/l	>100	<30
7	Възможна нарушеност на покривката	отсъствие	присъствие в хоризонтални варианти
8	Дебелина на покривката, m	>100	<20
9	Капилярно противоналягане („налягане на пробива“)	по-голямо от прогнозното налягане на CO_2	съизмеримо или по-малко от прогнозното налягане на CO_2

Структурно-тектонски предпоставки. Тяхната роля е свързана с формирането на различни типове локални структури (природни капани), които при благоприятно съчетание на други фактори, могат да представляват интерес като локални обекти за съхраняване на CO_2 . Особено важен е въпросът за херметичността на природните капани. Те трябва да удовлетворяват изискванията за постоянно престояване на CO_2 в потенциалните хранилища. Такава роля могат да изпълняват всички типове природни капани: структурни, литоложки ограничени (стратиграфски) и комбинирани.

Идентифицирането на подходящи за целите на съхранението на CO_2 природни капани, е изключително сложна задача. Особено трудно е прогнозирането на ролята на тектонските нарушения в границите на природните капани, като възможна проводяща или изолираща среда. Важна е също така ролята на тектонските нарушения на природните резервоари извън границите на локалните структури. Тази роля е свързана с хидродинамичния режим на водоносните системи и произтичащия от това механизъм на формиране на хранилищата на CO_2 в условията на открит или закрит в хидродинамично отношение режим.

Сеизмотектонски предпоставки. Те имат непосредствено отношение както към избора на перспективни структури, така и към проблемите на геоложкия риск, свързани с възможното нарушаване на целостта на изградените вече хранилища на CO_2 в резултат на неотектонското развитие на териториите, в които са разположени локалните обекти.

Особен интерес представлява районирането на териториите по основни характеристични показатели: степен на земетръсна активност (магнитуд), местоположение на епицентрите на земетресенията, хипоцентрални дълбочини, периоди на повишена активност, връзки с определени сеизмични зони, механизъм на по-силните земетресения, най-вероятната им честота и повтораемост и др.

Друг важен аспект представлява анализът на разломната мрежа и идентифицирането на тектонските нарушения, които притежават характеристики на съвременни активни разломи, с оценка на възможното въздействие върху локалните структури.

Литолого-физични (петрофизични) предпоставки. Те касаят основните физични показатели на колекторните и изолиращите задруги, които определят тяхната способност да изпълняват ефективно своето предназначение. По отношение на колекторните задруги такива са вместимостните и филтрационните показатели. По отношение на изолиращите задруги (покривки) основен количествен показател, който определя екраниращата способност е „налягането на пробива“. Той е еквивалентен на капилярното налягане в най-големите по размер порни канали на изолиращата покривка, което може да бъде преодоляно от налягането на нагнетявания CO_2 (превишаващото налягане). Тъй като определянето на този показател е трудно, изолиращите качества на труднопроницаемите скали се оценяват и по други показатели („дифузионна проницаемост“, порометрични

показатели), които се корелират добре с “налягането на пробива”.

При предварителните оценки, когато количествена информация отсъства, се използват качествени показатели (строежа и литоложките особености на изолиращите скали).

Важен елемент от изследванията на труднопроницаемите покривки представляват физико-механичните (якостни) показатели, които обуславят склонността на скалите към напукване. В райони с повишена сеизмична активност при определени обстоятелства е възможно нарушаване на целостта на покривката и компрометиране на нейната екранираща роля.

Основните количествени показатели на колекторните и изолиращите задруги са дефинирани като критериални и техните минимални стойности са показани в таблица 1.

Хидрогеоложки предпоставки. Тяхната роля има различни аспекти. Хидрохимичните показатели (тип на водите, състав, минерализация и др.) представляват важен критерий при избора на подходящи обекти. Водите в потенциалните обекти за съхраняване на CO₂ трябва да притежават качества, които ги правят негодни за използване за други цели (битови, промишлени, лечебни и др.). Такива най-често са високоминерализираните води (табл. 1) (Metz et al., 2005; Chadwick et al., 2007). Ролята на тези показатели се заключава също така във възможностите за прогнозиране на древни и съвременни процеси на опресняване на водите. При определени геоложки условия, това може да се смята като признак за активен динамичен режим на водите и признак за възможно изтичане на част от нагнетявания CO₂ в местата на разтоварване (дрениране) на системата.

Хидродинамичните условия имат пряко отношение към механизма на формиране на хранилищата на CO₂. При открит хидродинамичен режим, когато процесите на заместване на водата с CO₂ са съпроводени с изнасяне на водата от празнините, “коефициентът на запълване” (“коефициентът на ефективност”) може да достигне 0.4-0.6. При закрит хидродинамичен режим, когато процесите на заместване на част от водата в празнините с CO₂ са за сметка на еластичните свойства на пластовата система, “коефициентът на запълване” (“коефициент на ефективност”) вероятно не превишават 0.3 (Metz et al., 2005; Chadwick et al., 2007).

Термобарични предпоставки. Те регламентират условията, при които CO₂ се намира в течно или надкритично състояние. В надкритичната област, в зависимост от налягането и температурата, плътността на CO₂ се изменя от 300 до 800 kg/m³. При тези условия той се стреми да заеме издигнатите части на локалните структури. Важна особеност, свързана с надкритичните условия на съществуване на CO₂, е пониженото превишаващо налягане, което “аккумуляцията” на CO₂ упражнява върху изолиращата покривка, в сравнение с това на CO₂ в газообразно състояние. Това определя по-малките изисквания по отношение на изолиращите

качества на труднопроницаемата покривка и понижава риска от пробиви и изтичане на CO₂ през нея.

Посочените обстоятелства намират количествен израз чрез хипсометричното положение (минималната дълбочина) на най-издигнатите части на локалните структури (потенциалните хранилища на CO₂), при което CO₂ се намира в надкритични условия. В зависимост от термобаричните условия на конкретните потенциални обекти, минималната дълбочина се приема за 800-850 m (Metz et al., 2005; Chadwick et al., 2007).

Долната граница на дълбочинния обхват на перспективните структури се приема за 2500 m. Това ограничение се въвежда основно по технологични и технико-икономически причини. Освен това, при по-големи дълбочини вместимостните и филтрационните показатели на скалите се влошават. Посочените стойности на дълбочините са регламентирани като критериални показатели (Табл. 1).

Последователност на изследванията. Характеристични показатели

Изследователският процес при идентифицирането на перспективни водоносни структури за съхраняване на CO₂ предполага съблюдаването на определена последователност на анализите, обобщенията и оценките, която може да се представи в следния схематичен вид:

(1) регионални геоложки обобщения: литолого-стратиграфски, структурно-тектонски, сеизмотектонски, хидрогеоложки.

(2) регионални резервоарни обобщения: характеристика на колекторните и изолиращите комплекси, задруги, тела (стратиграфска привързаност, строеж, литология, дебелини, пространствено поведение, колекторни и изолиращи качества).

(3) изследвания на локалните структури:

а) *дефиниране и предварителен избор на перспективни локални структури и природни капани:* отделяне на безперспективни локални структури и природни капани по избрани критериални показатели; дефиниране на възможно перспективни капани, които отговарят на основни критериални показатели;

б) *характеристика на перспективните природни капани:* тип и геометрия; показатели на колекторните задруги; показатели на изолиращите покривки;

в) *хидрогеоложки условия:* основни хидрохимични, хидродинамични и хидрогеотермични показатели на водоносните системи и водите (състав, минерализация, тип, pH, пиезометрично водно ниво, налягане, температура, филтрационни показатели и др.).

(4) прогнозна характеристика на потенциалните хранилища на CO₂. Предварителната оценка на потенциалните хранилища на CO₂ включва следните прогнозни показатели: дълбочина до долната граница на разпространение на CO₂ в потенциалните хранилища; геометрични показатели (размери, площ, дебелина – обща и ефективна, обем на порите – общ и ефективен); термобарични показатели (пластово налягане, пластова температура, плътност на CO₂, степен на запълване на празнините с CO₂ (“коефициент на запълване”).

(5) избор на обекти за бъдещи допълнителни геологопроучвателни и изследователски работи.

(6) изготвяне на програма за бъдещи геологопроучвателни и изследователски работи.

Заклучение

Изложените принципи и критерии имат специфични измерения в зависимост от конкретните геоложки условия. Те са приложими за условията на България при идентифицирането на перспективни локални структури, като потенциални обекти за съхраняване на CO₂.

Литература

- Христов, Х., Х. Василев, Б. Нешев и др. 2007. Изготвяне на годишна инвентаризация на емисиите на парникови газове (две инвентаризации, за 1989 г. и 2005 г.). – *Отчет по Договор с ИАОС при МОСВ*.
- Chadwick, A., R. Arts, C. Bernstone, F. May, P. Zweigel (Eds.). 2007. Best practice for the storage of CO₂ in saline aquifers. Observations and guidelines from the SACS and CO₂ – *STORE Projects*.
- Metz, B., O. Davidson, H. Coninek, L. Loos (Eds.) 2005. *Carbon Dioxide Capture and Storage*. Cambridge University Press, New York.

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