

ОЦЕНКА НА ЗАПАСИТЕ И РЕСУРСИТЕ НА НАХОДИЩАТА НА ПОЛИМЕТАЛНИ РУДИ

Веселин Митев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: www.ves_mitev@abv.bg

Резюме. В доклада е представена методика за извършване на оценка на запасите и ресурсите на находищата на полиметални руди. Тя може да бъде използвана за широк кръг дейности като например за: оценка на запасите и ресурсите на етапа на геоложките проучвания и на етапите на планиране, строителство и експлоатация на находищата на полиметални руди. Методиката е приложима и при разработването и избор на проектни варианти, изготвяне на концесионни анализи и бизнес планове на минни инвестиции и осъществяване на периодичен инвестиционен контрол тяхното развитие. Представена е и спецификата на формиране на годишните нетни парични потоци на инвестиционните проекти, на разработването на математико-икономически модел и на участващите входящи параметри при оценката на запасите и ресурсите на находищата на полиметални руди. Разработената методика е приложима и при оценка на находищата и на други видове подземни богатства.

EVALUATION OF RESERVES AND RESOURCES OF DEPOSITS OF POLYMETALLIC ORES

Veselin Mitev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: www.ves_mitev@abv.bg

Abstract. Methods for economic evaluation of reserves and resources of deposits of polymetallic ores are proposed in the paper. They could be used in a wide range of activities, such as: for reserves and resources appraisal of economic evaluation of geological prospecting, planning, building and exploitation of polymetallic ore deposits. Methods could be used also for preparing and selection of variants for designing of mine sites, preparing of concession analysis and business plans of the mine investments and periodic control on its development. Specifics of defined of annual net cash flows, mathematics-economics model and its income parameters of economic evaluation are proposed in the paper. They could be used as well as realization of investment projects for exploration of other types of underground mineral resources.

Въведение

Оценката на запасите на находищата на полиметални руди се извършва с цел определяне на ефективния контур на находищата и ефективността от бъдещия добив. Такива оценки се извършват на всички етапи на проучване на находищата, проектиране, строителство, експлоатация и ликвидация на бъдещо или съществуващо добивно предприятие. Въз основа на икономически оценки се обосновават и технико-икономически кондации за изчисляване и оконтуряване на запасите и ресурсите в находищата. Тези оценки се извършват на базата на набраната до момента минно-геоложка, минно-технологична и стопанска информация относно природните особености на находището, равнището на минните технологии и техника, минните, преработвателните и другите разходи се изясняват с определена степен на определеност (Класификация ..., 1998).

Оценката на запасите на находищата на полиметални руди включва икономическа оценка на възвръщаемостта и ефективността на инвестиционните проекти, а също така и анализ на риска, с който се характеризират тези проекти.

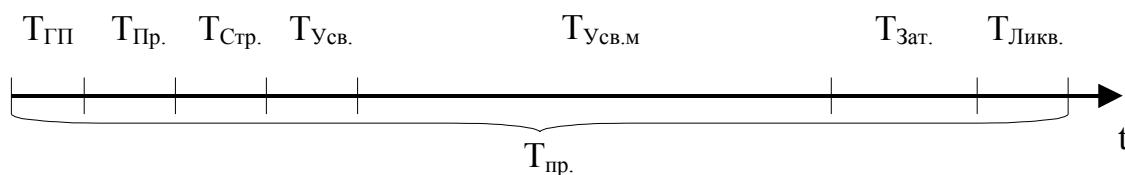
Същност на методите на оценката на запасите и ресурсите

Методиката относно оценката на запасите на находищата на полиметални руди е изградена върху допускането, че оценяването и класифицирането на запасите и ресурсите на находищата се извършват за целия период, през който се проявява ефектът от направените инвестиции и по-рядко за срока на концесията на находището. Продължителността на този период се нарича срок на икономически живот на проекта ($T_{пр}$).

Етапи на икономически живот на минни проекти

На фигура 1 е показана отделната етапност на периодите от срока на икономически живот на инвестициите в минния отрасъл.

Когато оценяваме нови находища е необходимо да преминем през всички етапи от икономическия живот на обекта, а когато оценяваме запасите на находище в експлоатация, консервация или ликвидация, тогава извършваме само технико-икономическа оценка (ТИО) на запасите и ресурсите за срока на концесията или до края на периода, за които се извършва оценката.



Легенда:

- 1) геоложки проучвания ($T_{ГП}$); 2) проектиране на обекта ($T_{Пр.}$); 3) строителство на обекта ($T_{Стр.}$);
- 4) усвояване на производствената мощност на обекта ($T_{Усв.}$); 5) функциониране на обекта с усвоена мощност ($T_{Усв.м.}$); 6)затихване на добива ($T_{Зат.}$); 7)ликвидация на производствените мощности и последиците от минната дейност върху околната среда ($T_{Ликв.}$).

Фиг. 1. Етапи в икономическия живот на проектите от минния отрасъл

Методи за извършване на оценки на запасите и ресурсите

Методите за извършване на оценки на запасите и ресурсите на различните етапи на проученост на находищата са дадени в таблица 1.

Таблица 1.

Методи за извършване на оценка на запасите и ресурсите

| Етап на проученост на находищата | Методи за извършване на оценка на запасите и ресурсите |
|---|--|
| След етапа на рекогносцировка или търсене | 1) Метод на аналога 2) По окрупнени показатели 3) Математическо моделиране |
| След етапа на предварително проучване | 1) Стопанските разчети 2) Математическо моделиране 3) По-рядко по окрупнени показатели |
| След етапа на детайлно проучване | 1) Стопанските разчети 2) Математическо моделиране |

Практиката при разработване на ТИО изисква оценка и избор на базов вариант на проект за добив, което се извършва на основата на метода на вариантите. Това е най-старият, най-простият и най-универсалният метод в инженерното дело. Всяка задача – малка или голяма, локална или комплексна, статична или динамична, качествена или количествена, може лесно да бъде решена по метода на вариантите (Велев, 1988). Същността на метода на вариантите се състои в сравнителна оценка на няколко проектни варианта (алтернативи) по един или няколко критерия за оптималност, които са зависими от входящите параметри на проекта.

Методът на вариантите е комбинация от евристични и строги методи. При него се търсят оптимални решения за основните елементи и техните параметри от оценката на запасите и ресурсите, от рудничната и преработвателната технологична схема, които са следните: варианти на оконтуряване на запасите (количество на запасите и средни съдържания на полезни компоненти); производствена мощност; начин на разработване на находището; схема на разкриване и подготовка на рудничното поле; система на разработване; добивна технология и техника; транспортна схема и механизация; обогатителна схема и техника; схема на финансиране на инвестицията и др. Този метод е основен и задължителен в практиката на рудничното проектиране. При

извършването на ТИО, както се вижда от табл. 1, се прилагат следните методи: метод на стопанските разчети и метод на математическото моделиране.

Методика за извършване на ТИО на запасите и ресурсите

Блок-схема на методиката за ТИО на запасите и ресурсите на нови находища на полиметални руди, оценка и избор на цялостен проектен вариант за инвестиране и вземане на решение за инвестиране е представена на фигура 2 (Митев, 2005).

При извършването на технико-икономическа оценка на запасите на находище в етап на експлоатация етап 1 от горната методика се ограничава само до анализ на изходните условия, а етапи (2) и (3) отпадат и се преминава директно към (4) етап.

Анализ на изходните условия и формиране на множество от допустими частични проектни варианти

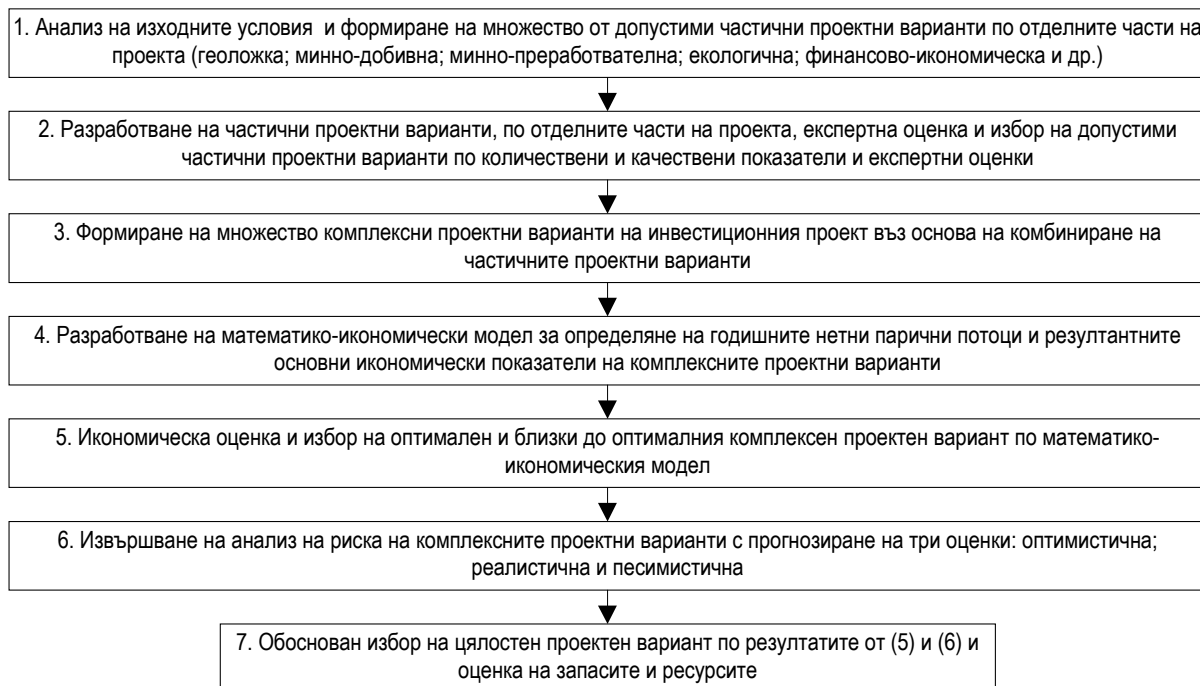
Анализът на извършените до момента геологопроучвателни работи в находището, технологичната и стопанска информация се използват за определяне на кондициите (изискванията) за оконтуряване на запасите и ресурсите в находището. Основен показател за вариантно им оконтуряване е бортовото (гранично) съдържание на полезен компонент (или компоненти), което се използва за определяне обема на рудата и средните съдържания на полезни компоненти (метали) в нея, необходими за последващото вариантно проектиране на добива и преработката на запасите и извършване на икономическа оценка на проектните варианти.

Изучеността на геоложката и технологичната информация, а също и специфичните условия на находището определят насоките за проучване на световния опит и практика за способности, технологии и техника на експлоатация, използвани при аналогични находища.

Икономическата информация се намира чрез анализ на необходимите фактори (входящи параметри) и правен анализ на нормативната уредба, свързана със специфичните условия на региона, в който се намира находището.

Формирането на допустимите частични проектни варианти се извършва на основата на анализ на изходните

условия от проведените до момента геологопроучвателни работи за оценяваното находище.



Фиг. 2. Блок-схема на методиката за ТИО на запасите и ресурсите на нови находища на полиметални руди

При непълната или неясната в геоложката, технологична или стопанската информация е препоръчително извършването на допълнителни проучвания на геоложките, технологичните и стопанските фактори (входящи параметри) или дадености на находището.

Разработване на частични проектни варианти

Ефективността на бъдещия добив при нови находища се лимитира от избора на доминиращ проектен вариант още в етапа на предпроектните проучвания. За това е необходимо още на този етап да се разгледат и оценят различните проектни варианти и да се направи избор на комплексен вариант на проектиране, който да се заложи в заданието за изготвяне на техническия или работен проект на минния обект. Този етап съвпада с извършването на технико-икономическата оценка на запасите и ресурсите и последвалото изготвяне на доклад за добив.

Разработването и оценяването на голям брой проектни варианти е продължителен и трудоемък процес. Невъзможността да се оценят количествено и стойностно такъв голям брой проектни варианти налага първоначално те да бъдат оценени качествено, а в последствие предпочетени такива да се оценят и количествено. За целта се използва евристичният подход при моделиране на проектни решения.

Евристичните методи представляват логическа последователност от работи, насочени към обосноваване на рационални решения, в случаите, когато са неприложими строги методи.

Първоначално вариантно се определят основните входни минно-геоложки, минно-технологични и стопански параметри, разработват се проектни варианти по

цялостната технологична верига до получаването на крайни продукти с определена степен на завършеност. Това се извършва по съществуващите в световната практика технологии и подходи, прилагани при аналогични находища и определяне по експертен път на предпочитани варианти на основните технологични решения. Вариантите се разработват по окрупнени най-вероятни стойности на входните параметри, а получените резултати се оценяват по набор от икономически показатели, имащи за цел оценка и избор на доминиращ цялостен проектен вариант на изземване на запасите от находището и преработката на получената руда до завършени продукти (концентрации или крайни метали). Това очертава основните насоки за вариантното разработване на проектите на минните обекти на етапа на предпроектните проучвания.

Формиране на множество комплексни проектни варианти

За по-голяма яснота формираните множество комплексни проектните варианти се идентифицират с код, като всяка поредна цифра от номера на варианта представлява етапен вариант на решение от цялостния проект въз основа на комбиниране на предпочетените частични проектни варианти по отделните части на проекта.

Разработване на математико-икономически модел Определяне на годишните нетни парични потоци на проектните варианти

Математико-икономическия модел се разработва въз основа на приета методика за определяне на годишните нетни парични потоци на проектите за експлоатация и преработка на полиметални руди. За условията на България могат да се използват следните литературни източници: (Evaluatoin ..., 2000, Митев, 2005).

На фигура 3 е представена методиката за определяне на нетните годишни парични потоци на минни проекти с

вграждане на инфлацията в паричните потоци и на цената на капитала и риска в дисконтовата норма.

| | |
|---|--|
| Обем на продажбите x Продажна цена | = Нетни приходи от продажба на продукция (НППП) |
| - Парични намаления | - Оперативни разходи (ОпР) - Транспортни разходи (ТрР) - Концесионно възнаграждение (КВ) - Административни разходи (АдР) - Местни данъци и такси (МДТ) |
| - Непарични намаления | - Амортизации (А) |
| | = Финансов резултат преди данъци - ФРПД Увеличения (+) и Намаления (-) на финансовия резултат за целите на данъчното облагане |
| - Непарични намаления | - Амортизации (А) |
| | = Финансов резултат за целите на данъчно облагане –ФРЦДО |
| | - Корпоративен данък (КД) |
| | = Финансов резултат след данъци – ФРСД (Нетен финансов резултат - НФР) |
| - Капитални разходи | - Инвестиции през годината (И) |
| + Непарични намаления правени за целите на данъчното облагане | + Амортизации (А) |
| + Парични постъпления от остатъчна стойност на дълготрайните активи | + Остатъчна стойност на дълготрайните активи на края на инвестиционния живот (ОС ^{ДА}) |
| | = Нетен годишен паричен поток (НПП) |

Фиг. 3. Методика за определяне на нетните годишни парични потоци на минни проекти

Годишните нетни парични потоци на комплексните проектни варианти за добив и преработка на руди представляват функция на входните променливи за проекта в математико-икономическия модел.

Определяне на индивидуалните входни параметри за проектните варианти

Входящите параметри (променливи^{*} и постоянни) в математико-икономическия модел за оценка на проектните

варианти за добив и преработка на руди са дадени на таблица 2 (Митев, 2005).

При въвеждане в математико-икономическия модел на индивидуалните входящи параметри на комплексните проектни варианти се получават съответните индивидуални изходни основни икономически показатели – нетна осъвременена стойност (NPV) и вътрешна норма на възвръщаемост на проекта (IRR). За въвеждането на допълнителни критерии при избора на окончателен проектен вариант според (Митев, 2006) се използват и

Таблица 2.

Входящи параметри на проектните варианти

| | |
|---|--|
| <p>а) геоложки:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ запаси от руда, <i>t</i> ▪ средни съдържания на метали, <i>g/t</i> или %; ▪ разходи за геоложки проучвания, хил.USD. <p>б) минно-технологични:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ количествени загуби при добив, %; ▪ качествени загуби при добив, %; ▪ годишен добив на руда по години, <i>t/год.</i>; ▪ обем на прокараните вертикални шахти, <i>m³</i>; ▪ обем на прокараните минни изработки, <i>m³</i>; ▪ средна цена на 1 <i>m³</i> минни изработки, <i>USD/m³</i>; ▪ схема на инвестициите по отделните групи ДМА и ДНА по години, хил.USD; ▪ планови разходи на единица добита руда, без амортизации, <i>USD/t</i>; ▪ разходи за рекултивация на замърсени от добива терени, <i>USD/t</i> скална маса. | <p>в) обогатително-технологични:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ извличания при обогатяване, %; ▪ добиви на концентрати, %; ▪ схема на инвестициите за обогатяване по години в хил.USD ▪ единични променливи разходи за обогатяване на рудата, <i>USD/t</i> руда; ▪ постоянни разходи за обогатяване на рудата, без амортизации, хил.USD; ▪ разходи по депониране на отпадъка от обогатяването и опазване на околната среда, <i>USD/t</i> отпадък; ▪ единични транспортни разходи до металургичното предприятие, <i>USD/t</i> концентрат; <p>г) металургично-технологични параметри:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ извличане при металургия, %; ▪ разходи за преработка, % от стойността на металите в концентратите. |
|---|--|

| | |
|--|---|
| <p>д) финансово-икономически параметри:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ прогнозни цени на металите, USD/t или USD/tr.oz.; ▪ административни разходи, хил.USD; ▪ годишни амортизационни норми по групите дълготрайни активи, съгласно данъчното регулиране на разходите за амортизация, %; | <ul style="list-style-type: none"> ▪ регулиране на разходите за амортизация, %; ▪ корпоративен данък, % ▪ местни данъци и такси, хил.USD; ▪ дисконтна норма, %. |
|--|---|

* За целите на изготвянето на анализ на чувствителността на оценката в методиката идентифицираните входящи променливи са дадени с курсив.

показателите дисконтиран (динамичен) срок на откупуване (DPBP), индекс на рентабилността (PI), осъвременена стойност на концесионното възнаграждение ($PV^{Royalties}$) и загуба на пазарна стойност (ценност) при добива, обогатяването и металургията (Z^{EPM}) (Митев, 2006).

Икономическа оценка и избор на оптимален и близки до него комплексни проектни варианти

Икономическата оценка се извършва чрез въвеждане на входящите параметри за проекта в математико-икономическия модел. Основните икономически показатели за оценка на проекти са функция на годишните нетни парични потоци и се определят по съществуващите методи за икономическа оценка на инвестиционни проекти.

Извършване на анализ на риска на комплексните проектни варианти

Методи за анализ на риска. Същност и приложимост

Съществуващите методи и подходи за анализ на риска при инвестиционни проекти (Георгиев, 1999; Evaluation ..., 2000; Митев, 2005) са систематизирани на таблица 3.

При анализа на риска най-голяма приложение намират следните методи: анализ на чувствителността на оценката; Монте Карло симулацията и методът на рисковия дисконтов фактор, а най-често използваните критерии за вземане на решение в условия на риск и неопределеност са: критерий "краен песимизъм" (критерий на Уолд); критерий на Лаплас; критерий на Бейс-Лаплас и критерий на Севидж.

Критериите за вземане на решение в условия на риск и неопределеност дават възможност за лесно подреждане по резултатите от анализа на риска на проектните варианти и избор на оптимален проект вариант като носят допълнителна информация на инвеститора за количественото измерение на риска.

Обоснован избор на комплексен проект вариант

Въз основа на резултатите от оценката на възвръщаемостта и риска на предпочетените проектни варианти се извършва обоснован избор на цялостен проект вариант на базата на очакваната (най-вероятна) стойност, зоната на вариране и процентния размер на

изменение на основните икономически показатели спрямо най-вероятните им стойности. Определят се и т.нар. "стратегически или чувствителни променливи" за инвестицията, т.е. променливите, чието изменение оказва най-голямо влияние върху основните икономически показатели. Тези променливи се разглеждат като рискови променливи за бъдещия проект. Тяхното наблюдение през икономическия му живот е от съществено значение за неговия успех.

Оптималният комплексен проект вариант се приема като оптимална (най-ефективна) възможност за разработване на находището при конкретна геоложка, технологична и икономическа изученост, настоящите и очаквани стопански условия. Така определеният оптимален комплексен проект вариант ще послужи за очертаване на рамките за изготвяне на технически или работен проект на бъдещото минно предприятие, а също така и за оценка и оконтуряване на запасите и ресурсите в находището.

Заклучение

Същността на оценката на находища е в прогнозирането на годишните нетни парични потоци, на базата на спецификата и уникалността на находищата и приетите основни инженерни и управленски решения при проектирането, експлоатацията, преработката и реализацията на полиметалните руди и техните продукти. Необходимо е да се оцени как всяко едно от основните инженерни и управленски решения влияе върху резултативните икономически и технико-икономически показатели, чрез съответните входящи параметри.

В етапа на оценяване на проектните варианти се получават и междинни технико-икономически и икономически показатели, които могат да се включат като допълнителни критерии за избор на оптимален вариант или да послужат за допълнителна информация за инвеститора.

Основните икономически показатели (NPV, IRR, DPBP и PI) носят достатъчно информация за извършване на обоснован избор на предпочитани проектни варианти на инвестицията.

Таблица 3.

Методи и подходи за анализ на риска на инвестиционни проекти

| Методи за анализ на риска: | Подходи за анализ на риска: |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ на чувствителността на оценката (Sensitivity analysis) 2. Метод на равновесната точка (Break-even Point Method) 3. Измерване на несигурността и риска с вероятностното разпределение (Measuring Risk with Probability Distribution) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Теория на очакваната полезност и избягване на риска (Utility Theory and Risk Aversion) 2. Дърво на решение за инвестиране (Decision Tree for Investment) 3. Критериите: максимин (maximin); минимакс (minimax); минимин (minimin); максимакс (maximax). |

| | |
|---|---|
| <p>4. Монте Карло симулация (Monte Carlo Simulation)</p> <p>5. Метод на безрисковия еквивалент (Certainty-Equivalent Approach)</p> <p>6. Метод на рисковия дисконтов фактор (Risk Discount Factor Method)</p> | <p>4. Критерий на:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● “краен песимизъм” (на Уолд - The Wald Criterion); ● “краен оптимизъм” ● Бейс-Лаплас (The Bayes-Laplace Criterion) ● Лаплас (The Laplace Criterion) ● Севидж (The Savage Criterion) ● Хурвиц (The Hurwicz Criterion) ● обобщен критерий на Беляев (The Beliaev Criterion) |
|---|---|

Всички входящи параметри в математико-икономическия модел не могат да бъдат еднозначно определени, т.е. те са случайни величини. Това налага те да се прогнозира по експертен път на базата на експертни оценки като бъдат определени техните най-вероятни (очаквани) стойности и се дефинират условни интервали на тяхното изменение. Определянето на вероятностното им разпределение в интервала на тяхното изменение е препоръчително, но води до усложняване на оценката на риска.

Всяко находище или инвестиционен проект сам за себе си е уникален и не е задължително да се прилага унифициран методичен подход за икономическа оценка и анализ на риска. Специалистите оценители на находища е целесъобразно да прецизират кои методи за икономическа оценка и кои методи и критерии за извършване на анализ на риска са най-подходящи при оценката на запасите и ресурсите на полиметални находища.

Литература

- Велев, М. *Проектиране на подземни рудници*. ДИ Техника, С., 1988, 100 с.
- Георгиев, Ив. *Основи на инвестирането*. УИ Стопанство, С., 1999, 248-269.
- Класификация на запасите и ресурсите на находищата на твърди подземни природни богатства, приета с РМС №413 от 1998 г.
- Митев, В. Методика за икономическа оценка на възможностите за ефективно разработване на нови находища. I. Същност на разработената методика. *Минно дело и геология*, 1, 2005, 19-22.
- Митев, В. Методика за икономическа оценка на възможностите за ефективно разработване на нови находища. II. Резултати от приложението на методиката в реални условия. *Минно дело и геология*, 2, 2005, 13-18.
- Митев, В. Показатели за оценка на инвестиционни проекти при минния добив. *Минно дело и геология*, 5, 2006, 22-23.
- Evaluation of Mineral Resources under Market Economy Conditions*, Course Notes. Workshop, Sofia, 2000, p. W50(new).

Препоръчана за публикуване от Редакционна колегия