

ФИЗИЧЕСКИ И ИКОНОМИЧЕСКИ ИНДИКАТОРИ НА РЕСУРСНАТА ОГРАНИЧЕНОСТ

Юли Радев¹, Теодора Христова²

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700София, E-mail radev@bgc.bg

²Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700София, E-mail teodora@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Икономическото производство с участието на природни ресурси все по-често се представя като физичен и икономически процес едновременно. От една страна производството е термодинамичен разпад на енергия и материя, а от друга е генериране на полезност за потребителите. Особеното е, че липсва пряка връзка между физичните и икономическите показатели. Това е повод за противоречиви коментари и заключения. Последното важи в пълна сила за ограничеността на природните ресурси. Настоящата публикация представя основните физични и икономически индикатори на ресурсната ограниченост, както и способността на технологиите да преодолеят този проблем.

Ключови думи: ресурсна ограниченост, икономически индикатори, устойчиво развитие, JEL: E-21; Q-11, Q-32.

PHYSICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF RESOURCE LIMITATIONS

Yuli Radev¹, Teodora Hristova²

¹Mining and Geology "St. Ivan Rilski" 1700Sofia, E-mail radev@bgc.bg.

²Mining and Geology "St. Ivan Rilski" 1700Sofia, E-mail teodora@mgu.bg.

ABSTRACT. The economic production with participation of natural resources is increasingly presented as physical and economic process simultaneously. On the one hand, production is a thermodynamic degradation of energy and matter, and on the other, is a generation of utility for consumers. Specifically, there is no direct link between the physical and economic indicators. This is the reason for controversial comments and conclusions. The latter applies in full force to the limitations of natural resources. This article presents the main physical and economic indicators of resource limitations, and the ability of technology to overcome this problem.

Key words: resource limitations, economic indicators, sustainable development, JEL: E-21; Q-11, Q-32.

Въведение

В първи раздел са дискутирани основните физични индикатори на ресурсната ограниченост, а във втори икономическите индикатори. В трети раздел са представени някои от технологичните решения в минно-енергийния сектор, насочени срещу проблема с ограничеността. Четвърти раздел е за изводи и обобщения.

Физични индикатори

Значението на физичните индикатори е обикновено и недвусмислено. Тъй като земята е ограничена, тя съдържа ограничени количества нефт, въглища, мед, както и всяка друга субстанция. Затова и предлагането на минералните и енергийни ресурси, използвани като производствени фактори, винаги представлява една ограничена наличност. Физичните индикатори всъщност дават представа за тази наличност в определен момент от времето.

Икономическото търсене на природни ресурси е една непрекъснато променяща се величина, която води до потребление на предлаганото количество минерални стоки и до физическо изчерпване на находищата. От прог-

нозните тенденции на бъдещото потребление се определя бъдещия годишен добив, от който се изчислява жизненият цикъл или т.нар. оперативен период на всяка минерална стока.

Физичните индикатори на ресурсната ограниченост се класифицират в три основни категории: запаси; ресурси; и ресурсна база. Най-важната категория, запасите, са количествата ресурси, открити в находищата, които са добре проучени и тяхното изземване със съществуващата технология и при настоящите цени е икономически изгодно.

Данните за запасите, ресурсите и ресурсната база в отделените страни, и за света като цяло, може да се получат от Геоложките служби, правителствените агенции и международните организации. В таблица 1 са представени запасите в света на някои от по-важните минерални стоки. За да се оцени коректно очакваният оперативен период, е необходимо в прогнозата за производството да се отдели първичното производство и добива от вторично производство и рециклирането. Това разграничение е важно, тъй като само първичното производство изчерпва запасите. В таблицата са определени очакваните оперативни периоди, като се

допуска, че първичното производство нараства с годишна норма нула, два и пет процента. Средната норма на нарастване на първичното производство през последните тридесет години на отделните минерални стоки е илюстрирана в последната колона на таблицата. В повечето случаи тази норма е между нула и пет процента. Оловото и калаят са изключение. Техният ръст е (-0.5%) годишно.

Не е изненада, че очакваните оперативни периоди са толкова различни. Бъдещото търсене и първичното

производство ще растат най-бързо в случаите, в които тези показатели са били на много ниски нива в продължение на години. Само за някои минерални стоки, като магнезият и поташът, които не са включени в таблицата, запасите са достатъчни за цяло хилядолетие при сегашните темпове на добив. По-голямата част от минералните ресурси и стоки ще се изчерпят в рамките на следващия век, а в отделни случаи и на няколко десетилетия

Таблица 1. Очакван оперативен период на запасите на някои минерални стоки

Минерални стоки	Запаси 2005	Среден годишен добив 2000-2005	Очакван оперативен период, в години, при ръст от:			Среден годишен ръст на добива, 1975-2005 %
			0%	2%	5%	
Въглища	987x10 ⁹	4561.3x10 ⁶	216	84	49	1.1
Нефт	1035x10 ⁹	23.7x10 ⁹	44	31	23	0.8
Природен газ	5145x10 ¹¹	80.5x10 ¹¹	64	41	29	2.9
Алуминий	25x10 ⁹	123.7x10 ⁶	202	81	48	2.9
Мед	340x10 ⁶	12.1x10 ⁶	28	22	18	3.4
Желязо	74x10 ¹²	529.5x10 ⁶	132	65	16	0.5
Олово	64x10 ⁶	3070.0x10 ³	21	17	41	-0.5
Никел	46x10 ⁶	1133.3x10 ³	41	30	14	1.6
Сребро	280x10 ³	16.1x10 ³	17	15	13	3.0
Калай	8x10 ⁶	207.7x10 ³	37	28	21	-0.5
Цинк	190x10 ⁶	7753.3x10 ³	25	20	16	1.9

Източник: Тилтон (2008), с. 329.

Бележки:

^a За другите метали, освен алуминия, запасите се измерват със съдържанието на метал. За алуминия запасите са измерени с количествата бокситна руда.

^b Запасите са определени в метрични тона с изключение на нефта в барели, и природния газ в кубически фута.

^c Очакваният оперативен период е определен преди данните за запасите и средния добив да се закръглят.

Този песимистичен сценарий предполага, че запасите представляват ограничена наличност от минерални стоки, която непременно ще бъде използвана в производството. Това обаче не е точно така. Докато с времето добивът изчерпва находищата, геоложките проучвания разкриват нови запаси. Нещо повече, повишавайки рентабилността на добива, новите технологии всъщност увеличават общото количество на запасите. Дори и в един статичен сценарий, в който не се извършват геоложки проучвания и не се разработват иновативни технологии, запасите може да нарастват като резултат от покачането на пазарните цени или понижаването на цените на труда, капитала или другите производствени фактори, използвани в добивната индустрия.

Увеличението на запасите във времето чрез проучване, нови технологии и т.н. означава, че в дългосрочна перспектива те не могат да бъдат надежден индикатор на ограничеността на минералните стоки. Минните и енергийните компании приемат запасите по-скоро като материална наличност, която могат да придобият с инвестиции в проучване и нови технологии. Статистиката показва, че в повечето минни сектори, когато компанията си осигурява запаси за 20-30 години напред (изчислени на база текущото производство), те губят интерес да инвестират в нови запаси.

Някои анализатори се опитват да преодолеят този проблем, като увеличават запасите по предварително приета схема. В *Ограниченията на растежа* Медоус и др., (1972), например, използват за тази цел т.нар. множител на запасите. Други предпочитат да се доверят на концепцията за ресурсите, вместо на запасите, като ресурсите включват запасите плюс количествата в находищата, които се очаква да бъдат разкрити или да се превърнат в икономически изгодни в близко бъдеще, като резултат от новите технологии. Всички тези опити обаче, страдат от същия проблем, който се проявява при оценката на запасите. Крайните оценки не отразяват достоверно ограничените наличности от оставащите минерални стоки.

Алтернативната физическа мярка, която се доближава в по-голяма степен до общите количества минерални стоки, е ресурсната база. Тази мярка обхваща цялото количество от даден минерален ресурс, съдържащи се в земната кора. Тя включва запасите, ресурсите, както и всички останали минерални проявления, независимо от степента на проученост и икономическата им ефективност.

При сегашните нива на добив, ресурсната база на всички оценени минерални стоки ще съществува милиони, в някои случаи милиарди години! И докато тези числа са прекалено абстрактни, за да предизвикат някакво сериозно безпокойство, те очевидно показват, че запасите и

ресурсната база не са много добри индикатори на дългосрочната ограниченост на минералните ресурси. Причините за това са няколко.

Първо, по-голямата част от минералните стоки не се унищожават след като се добият и използват. Със сигурност светът днес има повече олово, мед и цинк, в сравнение с всеки друг период. Част от миналото производство на някои метали е деградирало и е изхвърлено. Но това, че възстановяването и преработването на тези материали понякога е скъпо, е въпрос на разходи, не на физическа наличност.

Второ, въпреки че рециклирането е невъзможно за енергийните ресурси, тяхната ограниченост все пак се компенсира от алтернативите за заместване и т.нар. възпиращи (бакстоп) технологии. В производството на електричество участват въглеродородни ресурси, уран, вятър, водна и слънчева енергия. Миксът от тези ресурси във всеки отделен период от време зависи от съотношението между разходите.

Разбира се, трябва да признаем, че на този етап нефтът има уникални характеристики, което затруднява и дори прави невъзможно неговото заместване в повечето му приложения. Автомобилите, използващи двигатели с вътрешно горене, са пример в това отношение. Но дори и в тази индустрия новите технологии бързо приближават перспективите за използване на електричество, горивни клетки и други алтернативни горива, които ще задвижват автомобилите на бъдещето. Масовото използване на тези технологично възможни решения е въпрос на разходи.

От гледна точка на алтернативите за заместване, изчерпването на даден ресурс е проблем, само когато всички възможности са ограничени по подобен начин. С други думи, въпреки че ресурсната база за много невъзобновими енергийни източници е неизвестна (или може да се окаже по-голяма или по-малка от приетата), енергията от някои възобновими източници, особено слънчевата, е неограничена.

Трето, дефиницията на ресурсната база изключва възможностите за разработване на природни ресурси от пространството или под земната кора. Такива перспективи изглеждат твърде далечни на този етап, но вече има планове за извършването на минни работи на Луната и на по-близките до земята астероиди. Историята показва, че много действия, които изглеждат неосъществими днес, могат да се окажат широкодостъпни само век или два по-късно.

Четвърто и може би най-важно, преди светът да добие и последната капка петрол или молекула сребро от земната кора, нарастващите разходи ще разрушат напълно търсенето. Това означава, че икономическото изчерпване ще застраши наличните ресурси далеч преди да настъпи физическото изчерпване на ресурсната база.

Ето защо разходите и цените, най-често коригирани с инфлацията, осигуряват по-добра система на ранно предупреждение за дългосрочната ресурсна ограниченост, в сравнение с физическите индикатори.

Икономически индикатори

Три икономически променливи описват най-точно ограничеността на минералните ресурси, както и на останалите природни ресурси, участващи в производството. Това са цена, разходи за добив и т.нар. цена на ползване. Трите икономически индикатора са обвързани помежду си в първото необходимо условие за оптимален добив на ресурсите. Според това уравнение цената на добиваните ресурси е равна на сумата от маргиналните разходи за добив и цената на ползване.

Цената на ползване е най-специфичната, но и най-дискусионната от трите икономически променливи. Тя се свързва не толкова с добива, колкото с текущото изчерпване на ресурсите. Цената на ползване е мярка на пропуснатото възстановяване на възобновимите ресурси и пропуснатите бъдещи ползи от невъзобновяемите ресурси. Тя е израз на приноса на ресурсната наличност към нетната печалба от добива. По правило, колкото по-голяма е тази наличност, толкова по-малки са разходите за добив и цената на ползване.

Терминът цена на ползване или *маргинална цена на ползване* (което е по-точното наименование) е въведен от Кейнс в неговата *Обобщаваща теория на заетостта, парите и лихвите* (1936). Вниманието на Кейнс е насочено към капитала, но той тълкува по подобен начин наличността от минерални ресурси: „Ако един тон мед е използван днес, той не може да се използва утре, а стойността, която този тон мед би имал, ако се използва утре, трябва ясно да се отчете като част от днешните разходи“ (Кейнс, 1936, с.73). Според някои съвременни автори, под цена на ползване Кейнс има предвид „загубата на стойността от понижаването на капиталовия актив с една маргинална единица“ (Кларк, 2005, с.106).

Във фундаменталната за икономическата теория на минното производство публикация „Икономика на изчерпаемите ресурси“ (1931) Харолд Хотелинг също аргументира необходимостта от компенсиране на производителите за пропуснатите бъдещи ползи от настоящия добив на неизчерпаемите минерални ресурси. Последователите на Хотелинг предпочитат термина цена на дефицита или рента на Хотелинг, вместо цена на ползване.

В неокласическите модели на икономическия растеж, построени на базата на Теорията на управлението на Лев Понтрягин и др. (1965), цената на ползване играе ключова роля. Солоу (1974) и Стиглиц (1974) обаче налагат наименованието цена в сянка на ресурсите.

За съжаление нито една минно-добивна компания не обявява (и вероятно дори не се интересува от) очакваната нетна осъвременена стойност на загубата на бъдещите печалби. Затова и трудно се намират примери, в които мениджърите на мините умишлено намаляват рентабилното производство, за да увеличат бъдещите печалби с идеята, че сумарната (дисконтирана) печалба ще бъде по-голяма. Всъщност, рядко може да се намерят мениджъри на минни предприятия, които дори са запознати с концепцията цена на ползване.

Тази неприятна ситуация се усложнява допълнително от някои теоретични аргументи. Според Тилтън (2008), един от водещите съвременни анализатори на икономиката на минералните ресурси, несигурността, създавана от новите технологии и други случайните процеси, намалява до минимум практическата стойност на цената на ползване в реалните икономически взаимоотношения. Като пример той посочва разработването на железорудните находища в Швеция. В периода от началото на 20-ти век до 1950-те години се реализират много добри печалби, но те се дължат главно на близостта на мините до стоманената индустрия на Европа. Технологичната революция в морския транспорт на обемни товари през 1960-те и 1970-те години промени този факт и сега мините са затворени. Разбира се, Швеция може да съхрани своите запаси за бъдещето и те да ѝ донесат по-големи печалби, но въпреки това цената на ползване на желязна руда в тази страна през първата половина на 20-ти век е равна на нула.

Липсата на надеждни данни за цената на ползване за по-дълъг период от време превръща в сериозен проблем функцията ѝ на важен икономически индикатор. Това затруднява значително интерпретацията на другите две икономически променливи и оценката на дългосрочните тенденции за наличните изчерпаеми природни ресурси.

В емпиричните анализи се прилагат три различни индиректни метода за определяне на дългосрочните динамики на цената на ползване на минералните стоки: (1) Разлика между пазарната цена и маргиналните производствени разходи; (2) Стойност на място на маргиналните запаси; и (3) Очаквани геоложки разходи за разкриването на нови маргинални запаси. От опитите за конструиране на динамични редове на тази икономическа променлива, както и от емпиричните тестове на цените на невъзобновимите ресурси, може да се направи изводът, че цената на ползване по-скоро намалява, отколкото расте във времето.

Разходите за добив са ключов индикатор в първите научни изследвания на ограничеността на природните ресурси Барнет и Морс (1963). Те се представят като средни разходи и по-точно като сума от труда и капитала, необходими за производството на единица продукция. Тази мярка се основава на класическите представи за икономиката, според които в условията на намаляваща маргинална възвращаемост и ограниченост на природните ресурси нарастването на търсенето и изчерпването на ресурсите води до увеличение на разходите, свързани с тяхното потребление. Въпросът е може ли една такава тенденция да се компенсира от технологичния прогрес?

Крайните резултати за т.нар. не-ресурсни индустрии потвърждават слабата хипотеза на двамата автори, според която технологичният прогрес ще компенсира ограничеността на природните ресурси¹. Минно-добивната индустрия показва понижаване на средните разходи, превишаващо повече от половина същото понижаване в не-ресурсните индустрии. В селското стопанство средните разходи намаляват след 1929 г. на база труд, и остават

сравнително постоянни на база труд и капитал. Само в горското стопанство се наблюдава нарастваща ограниченост на ресурсите.

В *Ревизирана версия на ограничеността и растежа* Барнет (1979) обаче критикува разходите като статична мярка, която не отразява бъдещите ефекти. Освен това разходите за добив съдържат информация само за предлагането на пазара. Ако търсенето нараства с по-бързи темпове отколкото разходите за добив намаляват, то тези разходи ще дадат погрешен сигнал за намаляваща ограниченост. Обратното обаче също е възможно. Разходите за добив може да нарастват, въпреки че технологичният прогрес разработва заместители на почти всички възможни приложения на даден ресурс.

Цената и цената на ползване на ресурсите са носители на информация за търсенето на ресурсите и, поне в известна степен, за очакванията относно търсенето и ресурсната наличност. Това е причината те да са предпочитани индикатори на ограничеността на ресурсите.

Имайки предвид, че *цената* е сбор от разходите за добив и цената на ползване, следва, че тя обобщава в себе си както директните, така и индиректните разходи за добива на единица ресурс. Ето защо тя е най-достовярният икономически индикатор на ограничените природни ресурси.

През по-голямата част от 20 век цените на природните ресурси, участващи в производството на стоки и услуги, показват плоски или низходящи тенденции. Тази констатация е особено категорична за минералните ресурси. Но тъй като това са невъзобновими ресурси, те би следвало да бъдат много по-чувствителни спрямо нарастващата ограниченост и следователно на нарастващите цени. Все пак може да се обобщи, че като цяло през 20 век цените на минералните ресурси са намаляващи (Съливан и др., 2001). Изключение от тази ценова тенденция е периодът между 1945 г. и началото на 1980-те години. През голяма част от периода цените на невъзобновимите ресурси, като тези на медта, желязото, никела, среброто, въглищата, природния газ, както и общо на минералните ресурси, показват възходяща тенденция. Цените на почти всички минерални ресурси през 1970-те години, особено след нефтеното ембарго през 1973 г., отбелязват ръст.

Така се създадоха предпоставки за оформянето на U-образна ценова крива, която трябваше да се случи, когато изчерпването на ресурсите упражни достатъчно силен натиск върху цената, за да преодолее низходящо насочената сила на технологичния прогрес (Слейд 1982). Между другото, всички индикатори от този период вещаеха продължителен ръст на цените на невъзобновимите ресурси. Този сценарий обаче не се състоя.

Икономиката отговори на покачването на цените на минералните ресурси по няколко начина: 1. Произведоха се заместители; 2. Научните изследвания допринесоха за създаването на по-икономични технологии; 3. Разкриха се и започна добив на нови запаси; 4. Бяха разработени нови методи за проучване и намаляване на разходите за добив

¹ Според силната хипотеза това няма как да се случи.

на нискокачествени запаси; и т.н. Като резултат цените на повечето минерални ресурси в началото на 1980-те години се понижиха, някои от тях драстично. Според Хъмфрис (2001) ръстът на общата производителност на производствените фактори в минната индустрия е надвишил този в промишлеността като цяло. Понижението на цените се случваше, дори когато някои от страничните екологични ефекти, съпътстващи добива, бяха компенсирани.

Що се отнася до реалните цени на фосилните горива, с изключение на някои катаклизми през последните години, тенденцията след ценовия шок през 1979 г., също е низходяща. Нефтът е особено показателен пример в това отношение. След края на ценовата криза през 1982 г. общото потребление и потреблението на нефт на глава от населението в Северна Америка и Европа намаляват. Със спада на реалната цена на нефта в средата 1980-те години потреблението нараства бавно, но потреблението на глава от населението остава по-ниско от нивото на 1982 г. През първите години на 21 век потреблението в Северна Америка е малко над предходния връх от 1978 г., докато в Европа същото потребление е под предходния връх от 1979 г. Пониженото потребление в развитите страни беше компенсирано от нарастващото потребление в Азиатско-Тихоокеанския регион, и особено от двойното покачване на потреблението в Китай през 1990-те години.

Иновациите в минно-енергийния сектор

Значителното понижение в минералната интензивност на общото производство след средата на 1970-те години е доказателство за способността на иновациите да извеждат от употреба производствените ресурси, чиито цени нарастват постоянно (Тилтън, 1989). Разработването на метода за рафиниране на медната руда „Цялостно извличане с вятърна електроенергия“ (SX-EW) е само един пример за ефектите на технологичния прогрес. Този метод понижава значително разходите чрез елиминиране на разтопяването и рафинирането, и чрез оползотворяване по този начин на много бедна медна руда, включително такава, която е изоставена в предходни добивни работи (Тилтън и Ландсберг, 1999).

В крайна сметка, последва значителен спад цената на медта до нивата преди 1979 г., което опроверга опасенията за нарастване на бъдещото търсене и разходите за добив на медна руда.

Трябва да се има предвид, че заместването на металите в металоемки промишлени отрасли като химическата, нефтохимическата, целулозно-хартиената, нефтодобивната и газодобивната промишленост, цветната и черната металургия, топло- и атомната енергетика, авиацията, ракетостроенето и др., е необходимо и заради характерната силно агресивна среда, високи температури, налягания и скорости на потоците, т.е. факторите, способстващи за развитието на корозионните процеси. Загубите от корозия в тези отрасли води и до безвъзвратна загуба на минерални суровини. Така например в САЩ общите загуби от корозия за 20 години (от 1955 до 1975) са се увеличили 7-8 пъти, докато производството на стомана за същия период е нараснало само с около 20%.

Използването в индустриалното производство на нови полимерни вещества, притежаващи същите якостни характеристики както металите, със сигурност понижава търсенето, а от тук и цените, на металите и металните минерални ресурси. Пример в това отношение е компанията BASF, която лансира производството на модулна монтажна система за соларни инсталации, като носещите елементи не са изработени от метал, а от инженерна пластмаса. Тази иновация бързо бе доразвита от нейните конкуренти Ensinger и Goldbeck Solar. Основното предимство на новата технология е, че соларните панели могат да се монтират върху хоризонтални покриви полесно и по-бързо. Новият материал Ultramid е вид полиамид и е много по-лек, освен че е и евтин.

Новите технологии съкращават потреблението на метали за пренос на информация, като резултат от заместването на металните проводници с оптични. С помощта на софтуерни решения и DVB-C тюнер се подобрява скоростта и количеството на пренос на информация. Като пример може да се посочи новият стандарт за телевизия IPTV.

Опитите за ограничаване на потреблението на желязо в развиващите се страни през последните години доведе до увеличаване на добива на цинк. Този метал, който има по-положителен електрически потенциал от железните метали, може да корозира и да предпази стоманените съоръжения. Като покритие дава дълъг живот на конструкциите на сградите, превозни средства, машини и домакински уреди. Друг подобен пример е използването на титан вместо стомана както в космическата авиация, така и в денталната медицина, производството на огнестрелни оръжия и други, което също води до намаляване на цената на ползване.

Повишеното търсене на полимерни вещества води до повишаване на цената за производството на полимерни материали, а следователно и на търсенето на нефт. Освен това производството им е свързано с голямо количество отделяни вредни вещества и с развитието на технологиите като естествен отговор на механизмите на пазара. Като техни заместители са налагат материалите с карбонови влакна. В отговор на тези процеси промишлените предприятия постигат намаляване на цената на медицински уреди и потребителска електроника чрез внедряване на композитни материали с карбонови влакна, какъвто е новият смартфон на Samsung.

Развитието на компютърните технологии и насочващото сондиране, които не бяха предвидени от Барнет (1979), понижиха значително разходите за проучване и добив и повишиха печалбата от съществуващите петролни запаси. Размерът на доказаните запаси в глобален план нараства от 660 млрд. барела в края на 1980 г. до 1009 млрд. барела в края на 1990 г. Въпреки че през периода 1991-2000 потреблението е приблизително 250 млрд. барела, в началото на 21 век доказаните запаси надвишават 1046 млрд. барела.

Тъй като запасите са ограничени, добивът на нефт все пак не може да се повишава до безкрайност. М. Кинг Хубърт (1969) твърди, че заради производствените техно-

логии връзката между производството и времето се описва от камбанообразна крива с положителен експоненциален ръст на производството в първите години, и последващ експоненциален спад до нула. Площта под кривата се определя от количеството извлекаеми запаси. С помощта на тази концепция и оценката на общите запаси Хубърт прогнозира връх в нефтеното производство на САЩ около 1970 г.

Като време прогнозата на Хубърт се оказва правилна, въпреки че върхът беше по-голям от очаквания. Освен това, действителното понижение в производството през следващите години е по-бавно от предвиденото. Производството през 2000 г. е почти на половината от върховото производство, вместо предвижданите 1/3. Технологичните разработки повишават печалбата от съществуващите нефтени запаси и позволяват експлоатацията на находища, които преди това са били икономически неизгодни. Върхът в световното производство трябваше да се случи между 1990 г. и 2000 г., в зависимост от това дали niskият или високия край на площта на оценяваните запаси щеше да се окаже по-коректен. Действителното производство обаче не следва камбанообразната крива. То достигна временен връх през 1979 г., след което последва спад в началото на 1980-те, за да започне бавно покачване през последните години на 1980-те и през 1990-те години. Между другото подобна структура се наблюдава в добива на природен газ в САЩ, чиито връх Хубърт предвиди за 1980 г. Тези примери показват, че производството не зависи само от производствените технологии, но и от пазарните условия и технологичните иновации (Клеваланд и Кауфман, 1991).

Именно технологичните иновации и стремежът за търсене на нови източници на енергия станаха причина за увеличаване на относителния дял на възобновяеми източници в производството на електрическа енергия над 10%. Това от една страна понижава допълнително потреблението и цената на нефта, но от друга има негативно въздействие върху баланса на екосистемите. Например, инсталираните ветрогенератори в Добруджа са на пътя на мигриращите птици и са сериозна опасност за изчезващата червеногуша гъска.

Европейските директиви за повишаване на косинус фи ($\cos\phi$) и прогнозирането на седмичния трафик със сигурност намаляват потреблението на електрическа енергия. Като резултат от тези изисквания и за да не усъвременяват технологичните си линии, което би повишило цената, много фирми предпочетоха да изнесат замърсяващите си производства в Африка и Азия.

Практики за намаляване на потреблението на енергия, с цел понижаване на цената, са смяната на лампите с нажежаеми жичка с LED, като по прогнози LED осветлението ще заема 75% от световния пазар до края на 2020 година.

Въвеждането на честотно управление на мощностите в големите производства води до енергоспестяване, повишаване на рентабилността и конкурентоспособността. В момента пазарният дял на честотните преобразуватели в световен мащаб се оценява на около 3 млрд. долара и се

очаква ежегоден ръст от около 5,8%. Роля в увеличаването на пазарния дял на честотните преобразуватели имат и достиженията на компютърната и микропроцесорна техника, които доведоха до разработването на интелигентни системи за управление (Петлешков и др., 2014).

Рециклирането на органични и неорганични продукти не просто понижава тяхната цената, но и допринася за подобряване на благоприятната среда за живеене и качеството на екосистемите. Пример в това отношение е компостирането на биологични отпадъци (трева, растителни храни), като продукт от дейността е т.нар. компост, който може да се използва за стимулиране и възобновяване на почвите.

Все пак в стремежа си да отговори на предизвикателствата на ресурсната ограниченост някои от новите производства повишават нивото на замърсяване на околната среда. Например, предаването на данни чрез сателити създава магнитно поле, което замърсява екосистемите. За съжаление все още няма достоверни научни резултати за влиянието му върху живите организми включително и хората.

Обобщаващ коментар

Нарастащото търсене на природни ресурси е предизвикателство пред човешката изобретателност да продължи да преодолява неизбежната ресурсна ограниченост. Съотношението на запасите от въглеводородни (фосилни) горива спрямо ръста на потреблението е същото както през миналия век, и това е доказателство за ефективното внедряване на технологиите за проучване и разработване на минерални и енергийни ресурси през последните десетилетия.

Все пак глобалното предлагане на нефт и газ е ограничено и не може да продължава вечно. Повечето прогнози сочат, че вече е достигнато подножието на производствения връх. Запасите от въглища са по-големи от тези на нефта, но и негативните екологичните последици от тяхното използване в производството на енергия са много по-мащабни. Основни възобновими заместители на традиционните енергийни източници за сега са слънчевата термална и волтаична енергия, вятърът, геотермалната енергия, и енергията от биомаса. Но дали новите технологии ще позволят същия стандарт на живот, какъвто осигуряват фосилните горива, трудно някой може да прогнозира. Независимо от оптимистичните и песимистичните сценарии за бъдещето, поне в близка перспектива няма признаци за някакъв особен дефицит.

Същата констатация може да се направи за повечето минерални ресурси, както и за продукцията на селското стопанство и горската промишленост.

За съжаление обаче световната икономика не разполага с достатъчно опит в опазването на благоприятните среди за живеене, генерирани от природните ресурси. Заради специфичната си същност тези среди са обект на множество пазарни и правителствени пропуски. Ползите от тях невинаги са забележими, затова когато се

взимат решения за експлоатацията на природни ресурси, участващи в производството, те често се пропускат. Това води до деградиране на много от екосистемите на земята. Неспособността да се отделят и оценят ползите от благоприятните среди за живеене, ограничават възможностите за разработването на технологии, които запазват или възстановяват естествените екосистеми. По нататъшното разрастване на населението и икономиката означава още по-голям екологичен натиск. Затова, без значително подобрене на опазването на околната среда, бъдещето на ресурсите, осигуряващи благоприятната среда за живеене, осигурявана от природните ресурси сериозно е застрашено.

Първата стъпка в това отношение трябва да е коригиране на институционалните пропуски, водещи до подценяване на тези екологични стоки и услуги. Такава стъпка е необходима, независимо дали устойчивият растеж се разглежда като ефективност или справедливост. Трябва да признаем, обаче, че сама по себе си тя е огромно предизвикателство. Функционирането на екосистемите и взаимодействието между отделните техни елементи е прекалено сложен процес, за да се предлагат прости рецепти.

Литература

- Петлешков А., Н. Стоманярски, Св. Цветкова, В. Петрова. 2014. *Изследване на ефективността на електрозадвижвания на асинхронен двигател*, <http://ecad.tu-sofia.bg>.
- Barnett, H. 1979. Scarcity and Growth Revisited. In *Scarcity and Growth Reconsidered*, edited by V. K. Smith. Baltimore: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, 163–217.
- Barnett, H., and C. Morse. 1963. *Scarcity and Growth: The Economics of Natural Resource Availability*. Baltimore: Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.
- Cleveland, C.J., and R.K. Kaufmann. 1991. „Forecasting Ultimate Oil Recovery and its Rate of Production: Incorporating Economic Forces into the Models of M. King Huppert”. *The Energy Journal* 12 (2): 17–46.
- Hubbert, M.K. 1969. Energy Resources. In *Resources and Man: A Study and Recommendations*, edited by the Committee on Resources and Man, National Academy of Sciences, National Research Council. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Humphreys, D. 2001. „Sustainable Development: Can the Mining Industry Afford It?” *Resources Policy* 27 (1): 1–7.
- Jevons, W.S. 1865. *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal Mines*, edited by A. W. Flux, 1965. Reprints of Economic Classics. New York: Augustus M. Kelley.
- Keynes JM 1936. *The general theory of employment, interest, and money*. Harcourt, Brace, and Co., New York.
- Krautkraemer, J.A. 1998. Nonrenewable Resource Scarcity. *Journal of Economic Literature* 36 (4): 2065–2107.
- Krutilla, J.V. 1967. Conservation Reconsidered. *American Economic Review* 57 (4): 777–786.
- Malthus, T. 1798. *An Essay on Principle of Population*. Modern edition published 1983. London, Penguin Books Ltd.
- Myers N and J.L. Simon 1994. *Scarcity or Abundance? A Debate on the Environment*. New York, Norton.
- Meadows, D.H., D.L. Meadows, J. Randers, and W.W. Behrens III. 1972. *The Limits to Growth: A Report for The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- Mill, J.S. 1848. *Principles of Political Economy with some of their applications to Social Philosophy*, edited by Sir W.J. Ashley, 1965. Reprints of Economic Classics. New York: Augustus M. Kelley.
- Neumayer E 2000. „Scarce or abundant? The economics of natural resource availability”. *Journal of Economic Surveys* 14(3): 307-335.
- Pontryagin L.S, Boltyanskii V.G, Gamkrelidze R. V, Mishchenko E. F 1962. *The Mathematical Theory of Optimal Processes* (Russian), English translation: Interscience.
- Root, T.L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rosenzweig, and J.A. Pounds 2003. „Fingerprints of Global Warming on Wild Animals and Plants”. *Nature* 421 (January 2): 57–60.
- Slade ME 1982. „Trends in natural-resource commodity prices: an analysis of the time domain”. *Journal of Environmental Economics and Management* 9: 122-137.
- Solow, Robert M. 1974. „Intergenerational Equity and Exhaustible Resources”, *Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources*, 29-46.
- Stiglitz, J.E. 1974. „Growth with Exhaustible Resources: Efficient and Optimal Growth Paths”. *Review of Economic Studies*. 41 (Symposium on the Economics of Exhaustible Resources): 123–138.
- Stokey E and Zeckhauser R 1978. *A Primer for Policy Analysis*. New York, Norton.
- Sullivan, D.E., J.L. Sznoppek, and L.A. Wagner. 2001. „20th Century U.S. Mineral Prices Decline in Constant Dollars”. Open File Report 00-389. Washington, DC: U.S. Geological Survey.
- Tilton, J. 1989. „The New View of Minerals and Economic Growth”. *Economic Record* 65 (190): 265–278.
- Tilton J. 2001. „Depletion and the Long-run Availability of Mineral Commodities”, International Institute for Environment and Development, <http://pubs.iied.org>.
- Tilton, J. E. 2002. On Borrowed Time? Assessing the Threat of Mineral Depletion, <http://www.mines.edu>
- Tilton, J. 2008. „Depletion and the Long-Run Availability of Mineral Commodities,” paper presented at the 21 st World Mining Congress in Krakow, Poland, on September 8.