

Chetverik, M. S., Kosenko, V. I. and Derevyanko, V. I., Polyakov M. S. Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (1998), "Method for pit working-out", State Register of Patent of Ukraine, Kiev, UA, Pat. No. 22470 A.

4. Бубнова О. А. Відновлення властивостей порушених гірничими роботами земель / Е. А. Бубнова // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр. – Днепропетровск, 2011. – № 94. – С. 17–23.

Bubnova, Ye. A. (2011), "Recovery soil properties are violated mining", *Geo-Technical Mechanics*, no. 94, pp. 17–23.

5. Ворон Е. А. Свойства создаваемой почвы при послойной горнотехнической и биологической рекультивации / Е. А. Ворон // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: НГУ, 2010. – № 5. – С. 23–28.

Voron, Ye. A. (2010), "Properties of soil created with layered mine technical and biological reclamation", *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 5, pp. 23–28.

**Purpose** is to study the use of man-made areas and disturbed geological environments at the end of mining operations with open and underground mining.

**Methodology.** By establishing a relationship of social, climatic and geomechanical factors of the region with the parameters, properties of man-made and broken open and underground development of geological environments at the end of mining operations determined by the direction of their use.

**Findings.** The analysis of the creation of housing projects, tourism, recreation complexes in quarries abroad are considered social, geo-mechanical, climatic problems in creating spaces in waste quarry towns and cities. The results of the work IGTM NAS of Ukraine on the use of arrays of disturbed mining activities are given.

**Originality.** The first displayed the necessity of the use of technogenic and disturbed by mining geological media in conjunction to social, geomechanical, climatic factors and industrial region and technogenic and disturbed geological environments.

**Practical value.** Brief results of reclamation projects developed by mining activities damaged arrays, which can serve as a basis for designing other quarry are given.

**Key words:** open-pit mining, climate of quarry, technogenic and disturbed geological environments, recultivation, rehabilitation of properties.

Рекомендована к публикации  
д. т. н. М. С. Четвериком

Поступила 18.11.2016



УДК [339+613.31-032.25+621.3]:622.3

Производство

М. С. Четверик /д. т. н./

Институт геотехнической механики  
им. Н. С. Полякова Национальной академии  
наук Украины, г. Днипро, Украина  
e-mail: chetverik.mihail@inbox.ru

## Проблемы обеспечения населения продовольствием, пресной водой, электроэнергией и их взаимосвязь с добычей полезных ископаемых

M. S. Chetverik /Dr. Sci. (Tech.)/

Institute of Geotechnical Mechanics N. S. Polyakov  
NAS Ukraine, Dnipro, Ukraine  
e-mail: chetverik.mihail@inbox.ru

## The problems of providing the population with food, fresh water, electricity and their relationship with mining

**Цель.** Определение перспективных направлений развития горнодобывающей промышленности Украины на основе установленной взаимосвязи между обеспечением населения продовольствием, пресной водой, электроэнергией и добычей полезных ископаемых.

**Результаты.** На основе теории смены энергетических систем мира во времени установлено волно-вое развитие экономики и определены периоды ее подъема и спада, что позволило установить законо-

## ГОРНОРУДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

мерности уменьшения времени их эффективного применения. Это позволило обосновать перспективные направления развития горнодобывающей промышленности Украины. Установлено, что необходима переориентация структуры экономики Кривбасса и горнорудных предприятий. Предложены варианты многопрофильной деятельности горнодобывающих предприятий, которые позволят повысить их экономическую эффективность на продолжительный период и улучшить экологическое состояние регионов.

**Научная новизна.** Изучена в комплексе взаимосвязь между обеспечением населения мира продовольствием, пресной водой, электроэнергией и добычей полезных ископаемых. Показано, что смена энергетических систем мира приведет к новым направлениям в области добычи полезных ископаемых.

**Практическая значимость.** Показано, что повышение экономической эффективности горнодобывающих предприятий Украины и улучшение состояния окружающей среды возможны путем расширения их деятельности в направлениях, которые являются проблемными для мира и Украины. (Ил. 9. Табл. 1. Библиогр.: 9 назв.)

**Ключевые слова:** добыча полезных ископаемых, население мира, продовольствие, шахтные и карьерные минерализованные воды, энергетика, шахты, карьеры, отвалы, хвостохранилища.

**Постановка проблемы.** Единственным производителем и потребителем материальных благ является человек. Повышение и расширение потребностей человека, увеличение народонаселения мира более высокими темпами, чем производство материальных благ, выдвигают на первый план проблемы, в соответствии с решениями которых будет формироваться структура экономики мира и Украины. Это проблемы: старение населения мира, обеспечение населения мира продовольствием, пресной водой, энергетикой, ускорение процессов развития. Проблемы возникли на данном уровне развития производительных сил. Их решение прямо или косвенно повязано с добычей полезных ископаемых (о чем будет сказано ниже). В то же время потребность в некоторых полезных ископаемых с развитием технического прогресса снижается (например, ртуть, слюда, асбест и др.), а потребность в других увеличивается. Взаимосвязь указанных выше проблем мира с добычей полезных ископаемых недостаточно раскрыта. Это не позволяет определить перспективные направления развития горнодобывающей промышленности Украины, что является целью этого исследования. В изложенной постановке ранее этот вопрос не изучался.

### 1. Удовлетворение потребностей и добыча полезных ископаемых

По данным ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде), количество извлеченных из Земли полезных ископаемых увеличилось с 22 млрд т в 1970 г. до 70 млрд т в 2010 г. [1]. Это привело к ускорению процессов изменения климата и загрязнения воздуха. К середине текущего столетия прогнозируют, что мир будет потреблять около 180 млрд т полезных ископаемых в год.

На территории Украины предприятиями горнодобывающего и металлургического комплекса особенно насыщена Днепропетровская область, которая составляет чуть более 5 % и расположена в центре Украинского кристалли-

ческого щита. Разведанные запасы полезных ископаемых составляют около 50 % государственных. В области добывают 100 % марганцевой руды, 80 % железной, уран, титан, уголь и многие другие полезные ископаемые. В то же время, земли области характеризуются как лучшие черноземы мира, которые при добыче полезных ископаемых складировать или уничтожают.

Прогнозируемое увеличение объема добычи полезных ископаемых к 2050 г. недостаточно учитывает возможное изменение в потребности тех или иных видов полезных ископаемых, которое зависит от направлений развития технического прогресса.

### 2. Старение населения мира

По многочисленным исследованиям население мира к 2050 г. достигнет около 11 млрд чел. (рис. 1).

Возрастной состав народонаселения мира изменяется в результате разрешения внутренних противоречий, которые возникают в процессе его развития. Часть старшего поколения постоянно увеличивается (рис. 2), что может приводить (и приводит) к острым противоречиям в государствах.

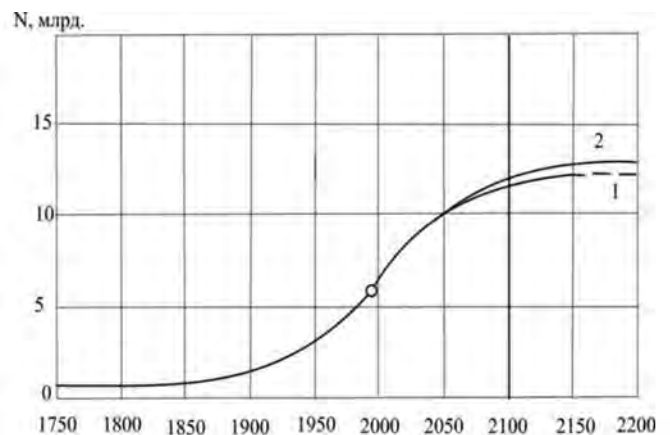


Рис. 1. Рост населения мира с 1750 по 2200 гг.:

- 1 – прогноз ИААА (Международный институт прикладного системного анализа),
- 2 – прогноз по модели С. П. Капица [2]

1. Как следует, из рис. 2, прогнозируют существенное увеличение количества старшего поколения, которое не принимает участия в производстве материальных благ. В то же время оно пользуется материальными благами более высокого уровня по сравнению с теми, которые производились в период их трудоспособного состояния. Поэтому потребность в материальных благах возрастает, и ими необходимо обеспечить и нетрудоспособное старшее поколение.

2. Производительные силы на определенном этапе не могут удовлетворить потребности населения, которое увеличивается более интенсивно, чем производство материальных благ. Кроме того, в связи с повышением общего интеллекта, уровня жизни населения, появляются новые потребности, производство которых требует обновления производительных сил: повышения квалификации трудящихся, совершенствования орудий и предметов труда [3].

Разрешение этих противоречий происходит путем периодического подъема и спада экономики мира, что будет приведено ниже.

### 3. Проблема мира – продовольствие

Главной задачей государств мира от древнейших времен до современности являлось обеспечение населения продовольствием. При этом, хотя и уменьшалось количество трудящихся, занятых непосредственно в сельском хозяйстве, но опосредовано, в развитых странах, существенно увеличивалось. Это обусловлено необходимостью создания более производительных сельскохозяйственных машин (а следовательно,

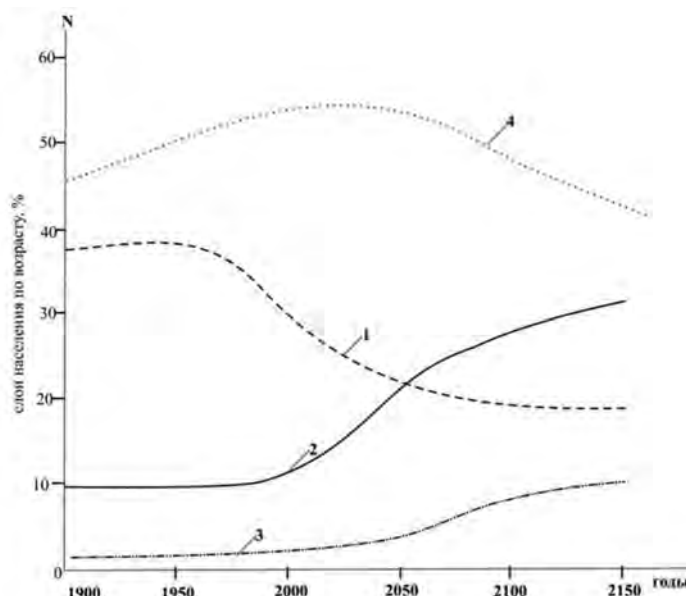


Рис. 2. Старение населения мира 1950–2150 гг. (% по данным ООН). Слои населения моложе 15 лет (1), от 65 до 80 лет (2) и старше 80 лет (3); трудоспособное население (4)

добычи руды, выплавки стали), производства удобрений и др. Индустриализация и химизация сельского хозяйства, а также поливное земледелие позволили существенно обеспечить увеличивающееся население мира продовольствием. Однако это оказывается недостаточным.

### Земля сельскохозяйственного назначения.

По данным ООН, 17 % населения мира в настоящее время недоедает или голодает. Чтобы обеспечить мир продовольствием, необходимо в два раза увеличить площади сельхозугодий под зерновые культуры, что является проблематичным. Это обусловлено тем, что ежегодно наряду с увеличением населения мира существенно сокращаются земли сельскохозяйственного назначения. Особенно это происходит при добыче полезных ископаемых. Площадь посевных земель в мире на человека сократилась с 2,4 га в 1950 г. до 1,0 га в 2010-м. (рис. 3). Поэтому мировое сообщество столкнется с повсеместной нехваткой продовольствия.

**Поливное земледелие.** Для производства зерновых культур широко применяют поливное земледелие. При этом используют как поверхностные воды, так и подземные. В этой связи прогрессирует истощение водных ресурсов, а следовательно,

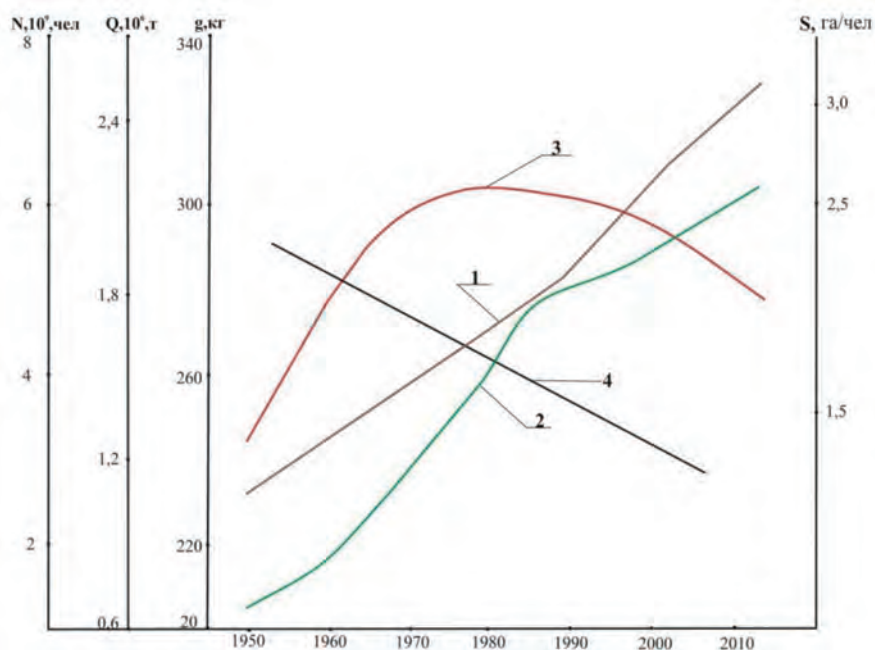


Рис. 3. Обеспечение населения мира продовольствием:

1 – увеличение населения Земли (N); 2 – производство в мире зерна (Q); 3 – производство зерна на душу населения (g); 4 – площадь посевных земель на душу населения (S)

дальнейшее расширение производства продовольствия путем орошаемого земледелия затруднено. После расширения пашни от 94 млн га в 1950 г. до 276 млн га в 2000-м, увеличение площади орошаемых земель прекратилось, что приводит к снижению производства продовольствия. В мире около 70 % от общего потребления воды используют для орошаемого земледелия. При этом используют и подземные воды путем бурения скважин. В ряде стран (Китай, Индия, Саудовская Аравия) это привело к истощению водных ресурсов, поскольку нет пополнения подземных вод за счет атмосферных осадков и подземных их потоков.

**Использование продовольствия для производства биотоплива.** В связи с высокой стоимостью нефти в мире развивается крупнейшее направление – производство биотоплива. Для этого используют продовольственные культуры: кукурузу, рапс, сахарный тростник и др. Высоко развито это направление в США, где для производства этанола используют кукурузу. Это усугубляет проблему обеспечения населения мира продовольствием, способствуя при этом росту на него цен. Вместо производства пшеницы на украинских землях выращивают подсолнечник, рапс, кукурузу для экспорта и производства биотоплива.

**Мировая борьба за плодородные земли.** Невозможность обеспечить продовольственную безопасность своей страны собственными земельными ресурсами привела к тому, что страны – импортеры зерна, а также импортеры с/х продуктов для производства биотоплива стремятся купить или взять в аренду крупные земельные участки в других странах. Так, КНР рассматривает возможность долгосрочной аренды земли в Австралии, России и Бразилии. Особенно привлекательны для иностранного капитала плодородные черноземные земли Украины, на которых можно выращивать как зерновые культуры (пшеницу), так и продукты для производства биотоплива.

**Горные разработки и черноземы Украины.** Эта проблема не только Украины, но и мира. Черноземы Украины при добыче полезных ископаемых складывают в отдельные отвалы, не только при разработке крутопадающих месторождений, но и при разработке пологих и горизонтальных месторождений. При длительном хранении чернозема в отвалах (до 30 лет и более) в нем изменяется содержание гумуса и других компонентов [5]. К сожалению, практически на каждом горнорудном предприятии имеются склады чернозема и возможности его использования при рекультивации земель, что не осуществляется. В то же время его использование

для производства сельхозпродукции могло бы дать прибыль, возможно, не меньшую, чем добыча полезного ископаемого.

#### 4. Проблема мира – пресная и питьевая вода

**Обеспеченность населения мира пресной водой.** Увеличение населения Земли, интенсивное развитие промышленного производства, орошаемое земледелие привели к большому количеству потребления пресной воды. Кроме того, часть населения проживает на территориях с ее минимальным количеством. По данным ЮНЕСКО, к 2050 г. около 50 стран с населением около 4 млрд чел. будут вынуждены решать проблему недостатка пресной воды. Пресная вода стремительно превращается в дефицитный природный ресурс. По данным ООН, дефицит пресной воды в мире (включая сельскохозяйственные и промышленные нужды) оценивается в 230 млрд м<sup>3</sup> в год. К 2025 г. дефицит пресной воды увеличится до 1,3–2,0 трлн м<sup>3</sup> в год.

**Основное направление обеспечения пресной водой – опреснение морских и минерализованных вод.** Обеспечение пресной водой в ряде государств осуществляют путем опреснения морской воды. Опреснение морской воды сконцентрировано на Ближнем востоке (70 % от общего объема), в Европе – 9,9 %, в США – 7,4 %, в Африке – 6,3 % и остальные 5,8 % – страны Азии (рис. 4).

#### Истощение подземных вод и переход к опреснению морских

Для орошаемого земледелия широко используют подземные воды путем бурения ирригационных скважин, иногда глубиной до 1000 м. В ряде стран (Китай, Индия, Саудовская Аравия)

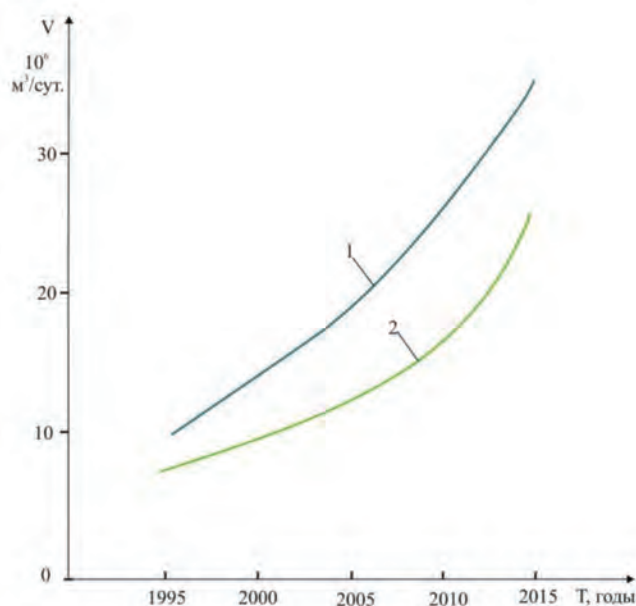


Рис. 4. Опреснение морской воды:

1 – всего в мире; 2 – совместно страны: Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Кувейт

это привело к истощению водных ресурсов. Ряд государств, чтобы обеспечить страну зерном с помощью широкого субсидирования, применяли поливное земледелие, основанное на использовании подземных вод. К 2008 г. запасы подземных вод были истощены. Это вызывало необходимость импорта зерна. Выходом из положения явилось опреснение морских вод, чем и обусловлено их интенсивное увеличение с 2008 г. (см. рис. 4) Поэтому возможны катастрофические последствия для будущих поколений, если потребление воды не будет приведено в равновесие с возобновлением ее запасов.

#### **Добыча полезных ископаемых и засоление рек Украины**

Одной из главных проблем в горнодобывающих регионах Украины является поступление в гидрографическую сеть высокоминерализованных вод. Это затрудняет их использование для питьевого водоснабжения, орошения полей в сельском хозяйстве. Таких рек в Украине много: Ингулец, Северский Донец, Самара, Днепр и др. Особенно засолены реки Ингулец, Саксагань минерализованными водами горных предгорий Кривбасса.

#### **Загрязнение реки Ингулец высокоминерализованными шахтными и карьерными водами – одна из главных проблем Кривбасса и Украины**

Причина высокой минерализации воды реки Ингулец. *Первая и главная.* При подземной и открытой добыче руд и их обогащении производят водоотлив карьерных и рудничных вод. Ежегодно в Кривбассе откачивают 20–22 млн м<sup>3</sup> высокоминерализованных шахтных вод (с минерализацией от 5 до 96 г/л при средней минерализации 30 г/л) и почти 18–20 млн м<sup>3</sup> карьерных вод, всего около 40 млн м<sup>3</sup>. Вначале их непрерывно

сбрасывали в реку Ингулец. Учитывая, что воды реки Ингулец используют для водоснабжения в городе Херсоне, а также для орошения полей, то принята была следующая схема сброса минерализованных вод, согласованная с Кабинетом Министров Украины (в какой-то степени экологически «щадящая»). Минерализованные воды северной группы подземных рудников и карьеров откачивают до хвостохранилища ПАО «Северный ГОК». Воды южной группы подземных рудников и карьеров откачивают до балки Свистунова. В осенне-зимний период накопленные минерализованные воды сбрасывают в реку Ингулец за пределами Кривого Рога. Затем в предполивной период проводят промывание реки Ингулец пресной водой из Карачуновского водохранилища. Но, несмотря на это, а также на смешивание вод Ингульца с днепровской водой, качество воды, которая идет на орошение, очень низкое. Средняя минерализация ее за последние 20 лет составляет 0,6–3,6 г/л. *Вторая причина* высокой минерализации вод Ингульца заключается в том, что берега реки окружены отвалами скальных вскрышных пород, хвостохранилищами, карьерами. В результате атмосферные осадки, обогащенные растворенными в воде солями, поступают в реку.

В Институте геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАНУ разработана программа «Очистка минерализованных вод, откачиваемых из карьеров и подземных рудников при добыче руд», которая передана в соответствующие организации для реализации. Программой предусматривается очистка минерализованных карьерных и шахтных вод и их использование как полезное ископаемое [6] на уровне с железной рудой.



Рис. 5. Отвалы вскрышных пород на берегах реки Ингулец

Таким образом, пресная вода является дефицитным полезным ископаемым и как продовольствие (электроэнергия или железорудный концентрат) может быть объектом экспорта.

### 5. Проблема мира – обеспеченность электроэнергией

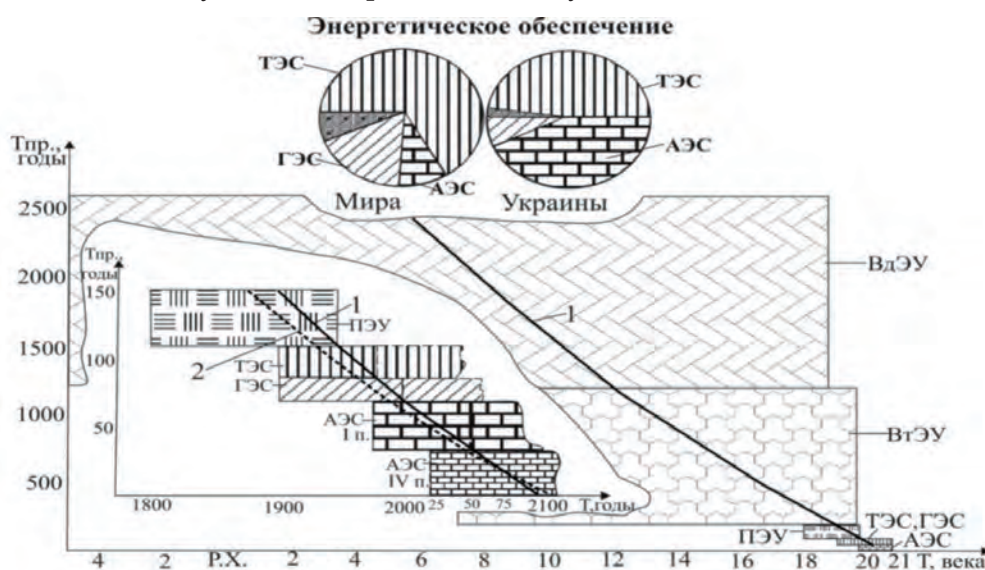
**Изменение во времени энергетического обеспечения.** Важнейшим показателем уровня развития страны и мира в целом является производство электрической энергии [4; 7; 8]. Производство электроэнергии в мире развивается неравномерно. Так, умелое сочетание государственного планирования и рыночных отношений, государственного и частного капитала позволили Китайской Народной Республике (КНР) стать ведущей страной по производству электроэнергии. Если в КНР развитие энергетики стремительно увеличивается и за пять лет (с 2005 по 2010 гг.) оно достигло уровня США и затем существенно превзошло его, то во всех других странах такое развитие энергетики отсутствует. США являются второй энергетической державой мира.

Рассмотрены виды энергетического обеспечения мирового сообщества от древних времен до современности (рис. 6). В работе [7] приведена теория смены во времени энергетических систем мира, которая на основе установленной закономерности уменьшения времени их эффективного применения, позволяет определить время перехода к следующей. Эта замена сопровождается изменениями в технике и технологии, оказывает влияние на устойчивое развитие

промышленности, экономики, социальное состояние общества.

**Новые направления в энергетическом обеспечении. Атомная энергетика.** Проведенный анализ атомных реакторов, их параметров России и других стран (Корея, Китай, США, Япония, Франция) свидетельствует о следующем: в атомной энергетике развиваются два главных направления. Первое – разработка и создание атомных реакторов на быстрых нейтронах (вместо реакторов на тепловых нейтронах, которые используют в существующих АЭС). Второе – создание и использование атомных электростанций малой мощности (АЭСММ). Мощность таких электростанций изменяется от 10 до 1000 МВт. Маломодульные атомные электростанции можно использовать в следующих направлениях: использование АЭСММ в качестве автономного энергетического обеспечения отдаленных районов; автономного энергетического обеспечения предприятий и комплексов; замена существующих угольных ТЭС атомными модульными электростанциями, состоящими из нескольких блоков. Переход на новые виды энергетического обеспечения является неизбежным, поскольку каждая последующая энергосистема является более экономичной (рис. 7). Переход на новые виды энергетического обеспечения происходит ускоренными темпами.

Переход мира на новый вид энергетического обеспечения позволит в несколько раз уменьшить затраты на электроэнергию по сравнению с тепловыми электростанциями, использующими уголь или газ.



**Рис. 6. Изменение во времени энергетического обеспечения:**

1 – кривая эффективного применения видов энергетического обеспечения; 2 – кривая прогноза эффективного применения видов энергетического обеспечения. ВдЭУ – водяные, ВтЭУ – ветровые, ПЭУ – паровые энергетические установки; ТЭС, ГЭС – тепловые и гидроэлектростанции; АЭС – атомные электростанции I и IV поколений

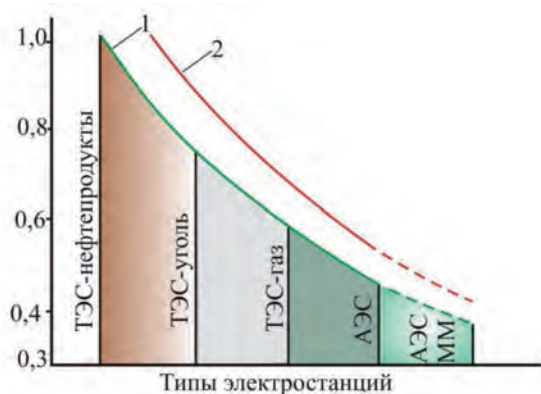


Рис. 7. Стоимость производства одного киловатт-часа электроэнергии различными типами электростанций (в долях единицы от «ТЭС-нефтепродукты»):

1 – минимальная; 2 – максимальная, прогнозируемая

**6. Ускорение экономических процессов на планете Земля**

**Волновое развитие экономики при смене энергетических систем.** Используя методику, изложенную в работах [7; 9], произведен расчет волнового развития экономики при смене энергетических систем от давних веков (V в.) до современности с прогнозом до 2050 г. Расчеты произведены в долях единицы следующим образом. Принято, что в V в. энергетические потребности человека, необходимые для существования (питание, жилье, одежда и др.) составляли 0,02 единицы от общей величины энергетических затрат при подъеме экономики, которые приняты равными единице. Затем увеличивались про-

порционально по циклам с учетом перехода к следующей энергетической системе и роста населения Земли на данное время цикла (рис. 8).

Циклы волнового движения экономики установлены на основании данных, приведенных в работе [7]. При этом принято, что время цикла определяется временем между двумя экономическими подъемами (как в механике: одно полное колебание).

Энергетические затраты в каждом цикле существенно возрастают (см. рис. 8).

**Циклы экономического подъема и спада при смене энергетических систем** приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры циклов волнового движения экономики

Номер цикла	Год подъема	Год спада	Год подъема	Продолжительность цикла, лет
1	500	900	1300	800
2	1300	1625	1875	575
3	1875	1915	1955	80
4	1955	1982	2020	65
5	2020	2035	2042	22

Как следует из приведенных данных (табл. 1), продолжительность циклов существенно уменьшается. Цикличность развития экономики при смене энергетических систем может быть представлена зависимостью:

$$T_{ц} = 3708,8 e^{-0,002 T}, \text{ год,}$$

где  $T_{ц}$  – продолжительность цикла, год;  $T$  – текущие годы.

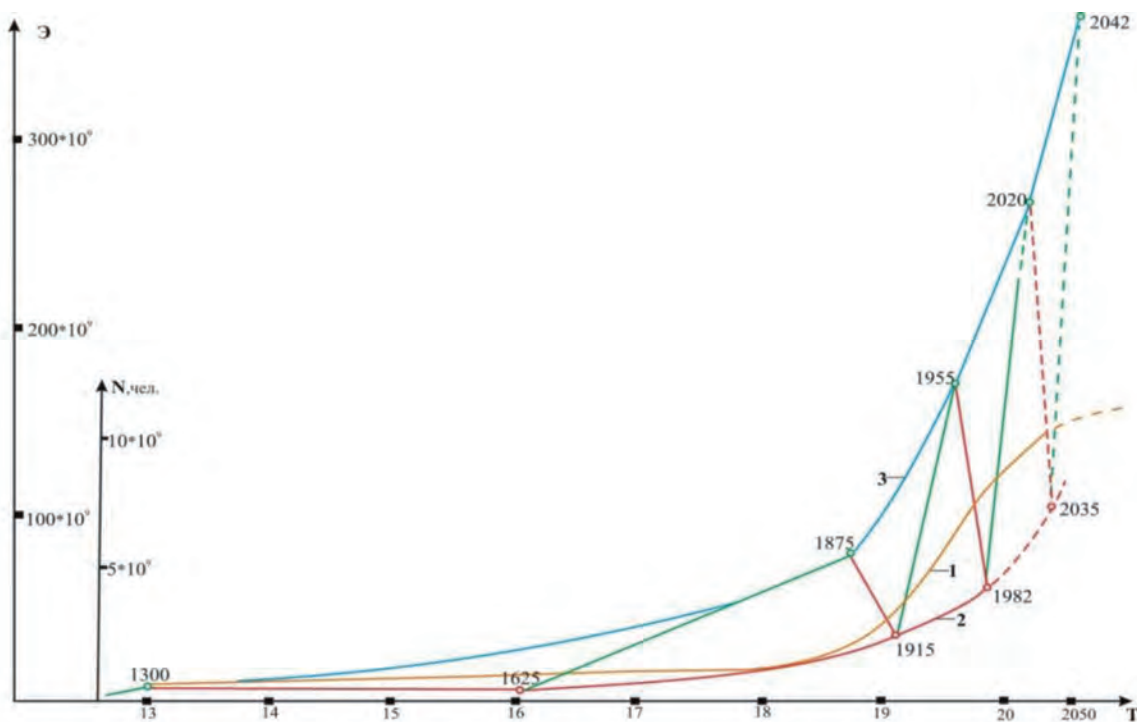


Рис. 8. Волновое развитие экономики при смене энергетических систем:

1 – увеличение населения земли; 2 – кривая спада; 3 – кривая подъема

Эта зависимость свидетельствует о том, что продолжительность циклов (подъем – спад – подъем) уменьшается и асимптотически приближается к оси Т. Это означает, что в будущем колебания экономики будут менее продолжительными, но частыми и с большой амплитудой. Как следует из проведенных исследований, экономический подъем (см. рис. 8) будет происходить до 2020 г. (с небольшими подъемами и спадами между 2015 и 2020 гг.). А затем с 2020 до 2035 г. – спад. Это будет вызвано переходом к новой энергетической системе, возможно, заменой тепловых электростанций атомными электростанциями малой мощности.

**7. Проблема мира – ускорение времени**

Все процессы на планете Земля происходят с огромным ускорением. Это проблема мира, решения которой нет. Это явление известно многим исследователям [2]. Об этом явлении свидетельствуют и приведенные исследования (смотрите рис. 6–9): происходит ускорение геологических, энергетических, экономических процессов.

События, которые происходили в истории формирования Земли, обусловлены действиями геологических процессов, в которых человек не принимал участия своей деятельностью. Или если и принимал, то не оказывал существенного влияния на изменение параметров планеты. С 1850-х гг. прошлого столетия началось интенсивное использование горючих полезных ископаемых (и негорючих). С этого времени началось существенное техногенное влияние человека на параметры планеты Земля: климат,

атмосферу, землю, геологическую, водную среду. С этого времени и до 2017 г. это техногенное влияние усилилось и приняло необратимый характер.

В результате добычи полезных ископаемых, осуществляемой в мире, происходят необратимые процессы на Земле и в геологической среде путем создания техногенных и нарушенных геологических сред в масштабах, которые в природе происходили на протяжении тысячелетий. Поэтому этот продолжающийся период в истории жизни планеты Земля принимаем как **пятикратный** и называем его «**техноантропогенный**», а период называем «**техноантропоген**». Возраст планеты Земля (в нашем исчислении в 2017 г.) составляет 5 677 802 017 лет.

На рис. 9 графически представлена геохронология Земли. По оси абсцисс отложено текущее время существования Земли в соответствии с ее геохронологией, а по оси ординат – продолжительность существования определенной геологической эры.

**Выводы и перспективы развития направления**

1. Уменьшаются площади посевных площадей земли в результате деятельности горнодобывающей промышленности, что приводит к снижению производства продовольствия.
2. Откачиваются огромные объемы минерализованных вод, истощаются водоносные горизонты подземных вод и повышается минерализация вод на поверхности земли. Уничтожается в реках пресная вода.

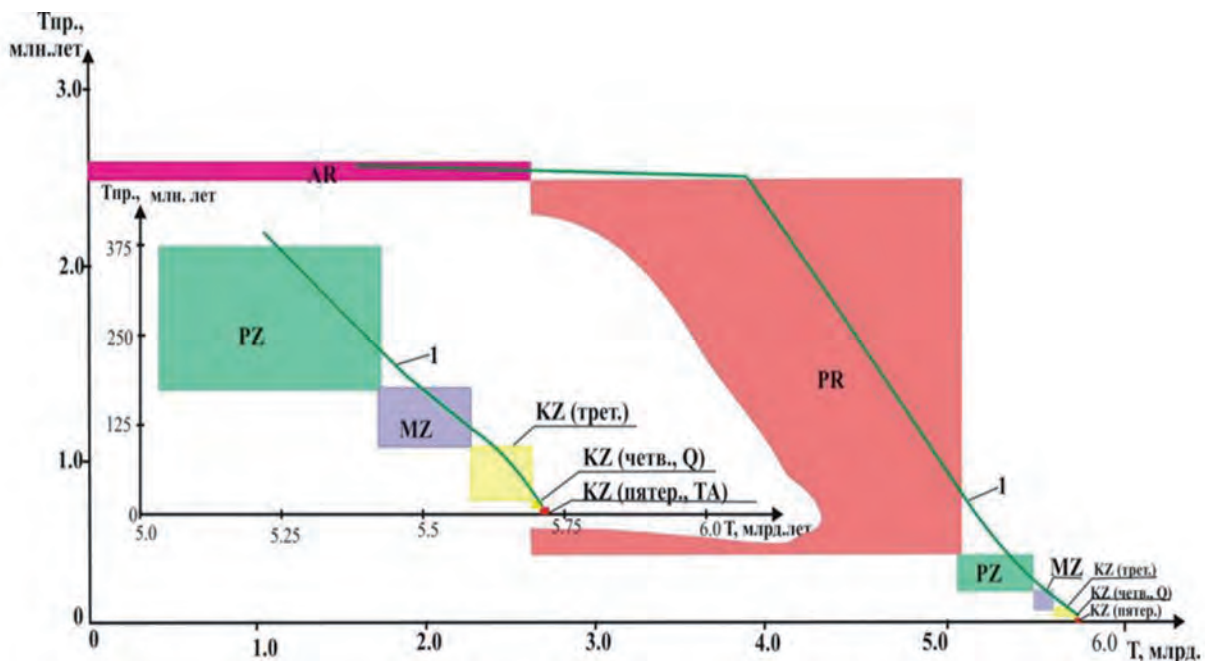


Рис. 9. Скорость изменения геологических процессов: 1 – линия жизни планеты Земля



3. Ориентация экономики Кривбасса исключительно на добычу минерального сырья – добычу и обогащение железных руд, не соответствует потребностям Украины и не направлена на решение глобальных проблем мира: проблемы продовольствия, пресной воды, энергетики. Наоборот, добыча руд приводит к ухудшению состояния водных и земельных ресурсов. Поэтому большой перспективы и экономического эффекта для Украины в добыче руд нет.

4. Ни одна методика экономической оценки плодородной земли не учитывает, что земля дает доход на протяжении столетий. А полезное ископаемое извлекаем в течение 30-50 лет, нарушив землю таким образом, что она не будет плодородной.

5. Необходима переориентация структуры экономики Кривбасса и горнорудных предприятий. Целесообразно, чтобы горнорудные предприятия были многопрофильными. Наряду с железорудной продукцией могли производить и сельскохозяйственную; не только потреблять электроэнергию, но и производить ее, опреснять карьерные и шахтные минерализованные воды и направлять их потребителям. Такая многопрофильность предприятий позволит повысить их экономическую эффективность на продолжительный период и улучшить экологическое состояние горнодобывающих регионов.

#### Библиографический список / References

1. Доклад ООН: Рост добычи полезных ископаемых усиливает процессы изменения климата и грозит локальными конфликтами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecology.unian.net/ecologyclimate/1430508-rost-dobyichi-poleznyih-iskopaemyih-usugublyayet-protsessyi-izmeneniya-klimata-doklad-oon.html>

UN report (2016), "The mining boom intensifies the processes of climate change and threaten local conflicts", available at: <http://ecology.unian.net/ecologyclimate/1430508-rost-dobyichi-poleznyih-iskopaemyih-usugublyayet-protsessyi-izmeneniya-klimata-doklad-oon.html>, (Accessed 21 July 2016).

2. Капица С. П. Общая теория роста населения Земли / С. П. Капица. – М.: Наука, 1999.

Kapitsa, S. P. (1999), *Obshchaya teoriya rosta naseleniya Zemli* [The General theory of global population growth], Moscow, Russian Federation.

3. Маркс К. Сочинения / Карл Маркс, Фридрих Энгельс. – М., 1974. – Т. 23. – 654 с.

Karl Marx, Friedrich Engels (1974), *Sochineniya* [Works], Moscow, Russian Federation, vol. 1, 654 p.

4. Булат А. Ф. Проблемы горного дела, энергетики и экологии / А. Ф. Булат, М. С. Четверик // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / Інститут геотехнічної механіки

ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 110. – С. 3-13.

Bulat, A. F. and Chetverik, M. S. (2013), "Problems of mining, energy and environmental" *Geotekhnicheskaya mekhanika*, vol. 2013, pp. 3-13.

5. Ащеулова, О. В. Рекультивация земель при відкритій розробці родовищ з використанням чорноземів довготривалого зберігання / О. В. Ащеулова, О. В. Зберовський // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2016. – № 2. – С. 92-100.

Ashcheulova, O. V. and Zberovskiy, O. V. (2016), "Reclamation of lands in open field development with the use of the black soil long-term storage", *Metallurgical and mining industry*, no. 2, pp. 92-100.

6. Левченко, Е. С. Опреснение карьерных, рудничных и шахтных вод – один из путей оздоровления рек Украины / Е. С. Левченко // Збірник наукових праць за результатами роботи III Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 19 червня 2015 р.). – Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов, 2015. – С. 191-193.

Levchenko, E. S. (2015), "Desalination quarry, mining and mine water is one of ways of improvement of rivers in Ukraine", *Zbirnyk naukovykh prats za rezultatami roboty III Mizhnarodnoi naukovo-technichnoi konferenzii*, [Collection of scientific papers on results of the III International scientific-technical conference], Krivoy Rog, Ukraine, 19 June 2015, pp. 191-193.

7. Четверик М. С. Развитие энергетических систем світу та їх вплив на стабільний стан економіки і суспільства / М. С. Четверик, О. В. Мішина // Розробка родовищ 2014: щорічний науково-технічний збірник / редкол.: В. І. Бондаренко та ін. – Д.: ТОВ «Лізунов Прес», 2014. – С. 519-526.

Chetverik, M. S. and Mishina, O. V. (2014), "The development of the energy systems of the world and their impact on the steady state of the economy and society", *Rozrobka rodovyshch 2014: shchorichnyy naukovo-technichnoy zbirnyk*, pp. 519-526.

8. Булат А. Ф. Перспективные направления добычи урановых руд / А. Ф. Булат, М. С. Четверик // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2015. – № 3. – С. 68-76.

Bulat, A. F. and Chetverik, M. S. (2015), "Perspective directions of production of uranium ores", *Metallurgical and mining industry*, no. 3, pp. 68-76.

9. Четверик М. С. Структурные изменения в экономике и безработица / М. С. Четверик, О. В. Мишина, Т. М. Четверик // Форум гірників – 2015: матеріали міжнар. конф., 30 вересня – 3 жовтня 2015 р. м. Дніпропетровськ. –

Д.: Національний гірничий університет, 2015. – Т. 3. – С. 221–232.

Chetverik, M. S., Mishina, O. V. and Chetverik, T. M. (2015), “Structural changes in the economy and unemployment”, *Materialy Mizhnarodnoi konferenzii* [Materials international Konferenz], *Forum girnykiv – 2015* [Forum of mining engineers – 2015], Dnepropetrovsk, Ukraine, 30 September – 3 October 2015, pp. 221–232.

**Purpose.** The aim of this work is the definition of perspective directions of development of the mining industry of Ukraine on the basis of the established link between provision of food, fresh water, electricity and mining.

**Findings.** Based on the theory of change of the energy systems of the world in time set of the wave the economy and determined the periods of boom and bust that has allowed to establish the regularities of reduction of time for their effective use. This has allowed to substantiate the promising directions of development

of the mining industry of Ukraine. It is established that the necessary reorientation of the economic structure of the Krivbass and mining enterprises. The proposed options diversified mining companies, which will improve their economic efficiency for a long period and to improve ecological situation in the region.

**Originality.** Studied the complex relationship between the provision of the world's population with food, fresh water, electricity and mining. It is shown that a change in the energy systems of the world will lead to new directions in the field of mining.

**Practical value.** It is shown that the increase of economic efficiency of mining enterprises of Ukraine and improvement of the environment by expanding their activities in directions that are problematic for Ukraine.

**Key words:** mining, world population, food, mine and quarry mineralized water, energy, mines, quarries, waste dumps, tailings.

Поступила 29.11.2016



УДК 622.283.74

Наука

С. И. Скипочка /д. т. н./,  
В. Н. Сергиенко /к. т. н./, И. С. Красовский

Институт геотехнической механики  
им. Н. С. Полякова НАН Украины,  
г. Днепро, Украина

## Обоснование параметров контроля качества закрепления анкеров в породном массиве вибраакустическим методом

S. I. Skipochka /Dr. Sci. (Tech.)/,  
V. N. Sergienko /Cand. Sci. (Tech.)/,  
I. S. Krasovskiy

N. S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics  
of the NAS of Ukraine  
Dnipro, Ukraine  
e-mail: skipochka@ukr.net

## Rationale of mounting quality control parameters for anchors in rocks by vibroacoustic method

**Цель.** Обоснование выбора информативного параметра для вибраакустического контроля качества закрепления железобетонного анкера в массиве.

**Методика.** Теоретический анализ колебательных процессов в системе «анкер – закрепляющий слой – массив». Определение параметров затухания колебаний при различной степени защемления анкера. Выбор времени релаксации колебаний в качестве информативного параметра.

**Результаты.** Теоретически показано существование двух форм продольных колебаний анкера в упруго-вязком закрепляющем слое. Установлено, что информативной является низкочастотная часть спектра. Получено аналитическое выражение связи времени релаксации низшей частоты колебаний со степенью защемления анкера. Даны сведения об устройстве для вибраакустического контроля, позволяющего определять время релаксации в натуральных условиях. Приведен пример практического использования разработки в шахте по добыче железной руды.