

Код МРНТИ 52.01.11

М.Ж. Битимбаев<sup>1</sup>, М.С. Кунаев<sup>2</sup>, Ю.С. Париров<sup>3</sup><sup>1</sup>Национальная инженерная академия Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан),<sup>2</sup>Товарищество с ограниченной ответственностью «МК Metals Holding» (г. Алматы, Казахстан),<sup>3</sup>Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)

## ГЕОТЕХНОЛОГИИ И МИНЕРАЛУРГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В НОВЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ГРАНИЦАХ

**Аннотация.** В статье показаны роль и сущность новых горнодобывающих границ, сопровождаемых новой минералургией, в практической реализации предлагаемого решения по расширенному воспроизводству запасов металлов. Результаты выполненной научно-исследовательской работы позволят создать действующий и реализуемый на практике научный принцип рудообразования нового типа. Познание процессов рудообразования с участием в нем геохимических закономерностей и определением новых, ранее неучитываемых запасов, содержащихся в частицах с размером на микро- и наноуровне, потребует и новых технологических решений добычи и переработки. Решение этой части проекта позволяет обеспечить человеческое общество рабочим механизмом производства металлов на уровне потребностей на исторически необозримый срок.

**Ключевые слова:** воспроизводство, запасы металлов, рудообразование, эффективные геотехнологии, минералургия, технологии извлечения.

### Жаңа тау-кен шекараларындағы айналмалы экономикадағы металл өндірісінің геотехнологиясы мен минералургиясы

**Аңдатпа.** Мақалада металл қорын кеңейту бойынша ұсынылған шешімді іс жүзінде жүзеге асыруда жаңа минералургиямен ілескен жаңа тау-кен шекараларының рөлі мен мәні көрсетілген. Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері жаңа типтегі кен түзілуінің операциялық және практикалық ғылыми принципін жасауға мүмкіндік береді. Ондағы геохимиялық заңдылықтардың қатысуымен кен түзілу процесстерін білу және микро- және наноөлшемдегі бөлшектердің құрамындағы жаңа, бұрын есепке алынбаған қорларды анықтау тау-кен өндіру мен өңдеудің жаңа технологиялық шешімдерін де талап етеді. Жобаның бұл бөлігінің шешімі адамзат қоғамын тарихи шексіз кезеңдегі қажеттілік деңгейінде металдарды өндірудің жұмыс істейтін механизмімен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** ұдайы өндіру, металл қорлары, кенді қалыптастыру, тиімді геотехнологиялар, минералургия, технологиялар.

### Geotechnology and mineralurgy of metal production in a circular economy in new mining boundaries

**Abstract.** The article shows the role and essence of the new mining boundaries, accompanied by the new mineralurgy, in the practical implementation of the proposed solution for the expanded reproduction of metal reserves. The results of the research work will create an existing and practical scientific principle of a new type of ore formation. Knowing the processes of ore formation with the participation of geochemical patterns in it and determining new, previously unaccounted reserves contained in particles with a size of micro- and nano-level will require new technological solutions for mining and processing. The solution of this part of the project allows us to provide human society with a working mechanism for the production of metals at the level of needs for a historically invisible period.

**Key words:** reproduction, metal reserves, ore formation, effective geotechnology, mineralurgy, extraction technologies, mining boundaries, operating mechanism, metal production, micro- and nano-level.

### Введение

Наиболее серьезной проблемой обеспечения мировой цивилизации увеличивающимся в геометрической прогрессии по сравнению с ростом населения количеством потребляемых металлов становится истощение недр Земли в пределах континентальной земной коры. Запасы в традиционных месторождениях с учетом тех, которые будут открыты, будут отработаны в течение 30-150 лет, о чем наглядно свидетельствуют статистические данные<sup>1</sup>. Такой учет и исследования прогнозируемых итогов геологоразведочных работ приведены до глубины 5 км, которая является пределом, возможным для добычи руды по антропогенным и техническим условиям. Авторами подготовлена доказательная база ожидаемого полного истощения запасов металлов в традиционных месторождениях на основании мировой статистики, публикуемой в официальных документах<sup>2,3</sup>.

Полезные ископаемые, в первую очередь, металлы являются принципиально невозобновимым природным

ресурсом. Длительность накопления минералов, которые в традиционном толковании можно назвать месторождением, составляет по точным математическим расчетам от 15-17 тыс. лет до 1200 млн лет в зависимости от вида полезного ископаемого. Но человечество всегда будет нуждаться в металлах. Снижение удельного расхода, увеличение объемов кратности повторного использования, повышение прочностных качеств и износостойкости, усиление металлических сплавов синтетическими материалами, искусственная сборка на атомном уровне нужных химических элементов из природных горных пород в будущем, получение металлов из океанической воды, шельфовых песков и донных отложений не смогут по экономическим и техническим причинам заменить добычу руды из массива земной коры.

Указанные факторы определили требования к одному из главных направлений развития горно-металлургического комплекса в мировом масштабе – необходимости

<sup>1</sup>Бежанова М.П., Бежанов Г.К. Минеральные ресурсы мира и экономический механизм управления минерально-сырьевым сектором. – М.: ООО «Геоинформмарк», 2014. – 384 с.

<sup>2</sup>Бежанова М.П., Стругова Л.И. Научно-информационный справочник: Ресурсы, запасы, добыча, потребление и цены важнейших полезных ископаемых мира. – М.: ОАО «ВНИИ ЗарубежГеология» и ООО Минеральные ресурсы мира», 2016. – 160 с.

<sup>3</sup>Казикаев Д.М., Савич Г.В. Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд: учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Горная книга, 2013. – 224 с.

создания циркулярной экономики в новых неисчерпаемых горнодобывающих границах. Оно основано на объективно действующих геохимических закономерностях и на придании жизнеспособности неиспользуемым ныне уровням ресурсов недр<sup>4-6</sup>.

Потребовалось разработать технологическую классификацию циркулярной экономики в новых горнодобывающих границах. Необходимость такой классификации, учитывая определяющую и главенствующую роль эксплуатации первичных природных ресурсов, в том числе производства металлов, в жизнеобеспечении человечества заключается в создании экономики замкнутого цикла, который не прерывается из-за полного истощения запасов традиционных месторождений. В классификации демонстрируется принцип совместных комплексных мер по устранению разрыва между требованиями растущего благосостояния на фоне растущей численности людей и количественными индикаторами первичных природных ресурсов [1, 2].

Для реализации идеи проекта необходимо решить три взаимосвязанные проблемы:

- обеспечение цивилизации месторождениями нового типа, образуемыми объективно действующими природными геохимическими закономерностями;
- определение неиспользуемых и неопределяемых ресурсов на микро- и наноуровне и создание технологий их извлечения;
- создание безопасных и экономически эффективных геотехнологий и минералургии с практическим исключением потерь, сохранением природного равновесия массива недр и полным использованием добываемой горной массы.

Реализация проекта с учетом решения указанных проблем позволит гарантированно обеспечить человечество неисчерпаемыми запасами металлических химических элементов на необозримое будущее. Эти запасы будут добываться и перерабатываться технологиями, создаваемыми проектом, экономически эффективно и безопасно для людей и окружающей среды.

Проект является ответом на призыв Всемирного горного Конгресса, который проведение своего 26-го съезда 26-29 июня 2023 г. в г. Брисбене (Австралия) определил под девизом «Люди, окружающая среда, производство» в трех взаимосвязанных составляющих: циркулярная экономика, нулевой вред от образования отходов и цифровая трансформация. Программы, решающие полномасштабно указанные проблемы, состоят из приоритетов:

- Науки о Земле и открытие;
- Горная наука и инженерия;
- Переработка и очистка;
- Экологическая устойчивость;
- Автономные системы;
- Новые горнодобывающие границы;
- Искусственный интеллект;

- Социальная деятельность и управление;
- Критические минералы;
- Декарбонизация;
- Здоровье, безопасность и благополучие;
- Кадры будущего и образование.

Характер решения будет построен на создании циркулярной экономики, обеспечивающей замкнутый цикл и возобновление ресурсов.

#### Методы исследования

Исходя из сущности проблемы, поставлена начальная задача по определению нового типа месторождений металлических полезных ископаемых. Образование рудных месторождений – это продукт универсальных общегеологических явлений и событий, протекавших в недрах Земли на протяжении геологических периодов продолжительностью от десятков тысяч до 1-1,5 млрд лет. Но, так как истощение запасов ожидается в течение 30-150 лет, необходимо, исходя из факторов рудообразования, системного подхода и «временно-пространственно-статистического анализа», определить возможности применения существующих в природе геохимических закономерностей к созданию нового понятия о минерально-сырьевой базе.

Геохимические процессы [3], определяющие миграцию химических элементов и включающие явления их концентрации и рассеяния, являются важной составляющей, на которой основано формирование минерально-сырьевой базы полезных ископаемых нового типа с целью обеспечения ею цивилизованного мира в XXI веке.

С явлениями концентрации связано образование месторождений полезных ископаемых, запасы которых ожидаемо будут исчерпаны. С явлениями же рассеяния химических элементов связано образование вторичных ореолов, на изучении которых в настоящее время основаны геохимические методы поисков. Оба вида явлений в обосновании сущности решения начальной задачи проекта играют роль индикаторов в соответствии с содержанием в действующих традиционных и будущих – нового типа – месторождениях геохимических карт для формирования объектов недропользования.

Таким образом, опираясь на геохимические карты, подготовленные с индексацией первичных и вторичных ореолов, используя латеральные (горизонтальные) и субвертикальные зональности и трехмерные закономерности стереометаллогении, в районах эксплуатации традиционных и на территориях, где не определены месторождения традиционного типа, может быть создана реальная возможность использования месторождений нового типа.

Следующая задача решается использованием в качестве ресурса восполнения запасов микро- и наноразмерных химических элементов в массиве недр. Она должна быть решена, во-первых, созданием технологий определения их наличия в месторождениях как традиционного, так и нового типов

<sup>4</sup>Клаус Шваб, Николас Дэвис. Четвертая промышленная революция. – М: Экспо, 2019. – 288 с.

<sup>5</sup>Клаус Шваб. Технологии Четвертой промышленной революции. – М: Экспо, 2019. – 320 с.

<sup>6</sup>Голдберг И.С. Единая геохимическая модель рудообразования на геоэлектрoхимической основе. ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2021. – 350 с.

и их качественно-количественных показателей. Во-вторых, необходимо создать технологии извлечения этих ресурсов при переработке в товарные продукты.

И, наконец, следует подтвердить новыми геотехнологиями и минералургией экономически эффективную и безопасную добычу руды и извлечение из нее полезных компонентов при эксплуатации месторождений нового типа и использовании ресурсов микро- и наноуровня. Изложенные задачи взаимосвязаны, логически последовательны и играют совокупную роль в достижении цели проекта и его ожидаемых результатов.

Поставленные задачи в совместном исполнении являются первым опытом в мировом масштабе реализации сущности циркулярной экономики в новых горнодобывающих границах и будут подтверждены измеримыми показателями.

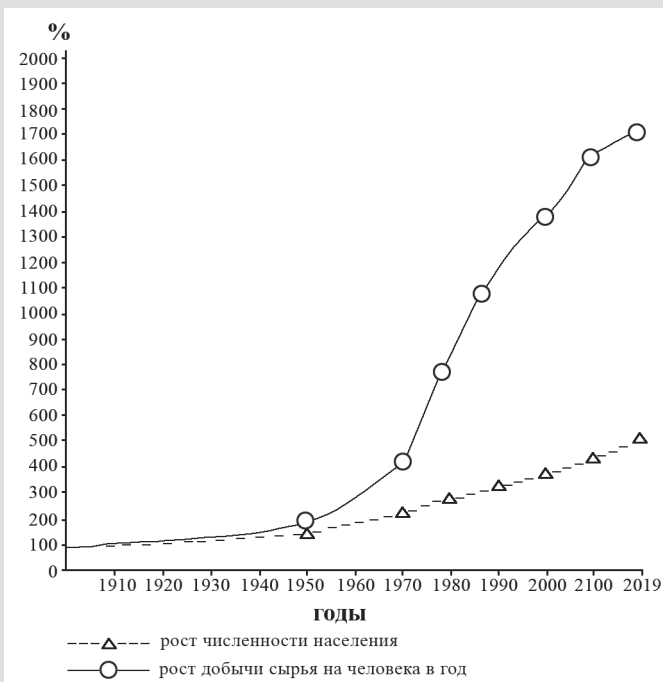
Предпосылками к разработке проекта явились три фактора.

1. На основе анализа сделан вывод, подтверждаемый статистикой, о практически полном исчерпании подтвержденных запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, содержащихся в месторождениях в традиционном толковании этого понятия, в течение 30-150 лет в зависимости от прогнозов объемов потребности по их видам. Одновременно происходит необратимый катастрофический вывод из полезного оборота огромных территорий поверхности Земли (в настоящее время ежегодно 4000 км<sup>2</sup>).

В то же время человечество не может существовать без использования минерального сырья во все большем количестве и разнообразии, поскольку: население Земли растет безостановочно; условия жизни людей улучшаются в материальном плане с достижением обеспеченности на уровне развитых стран и ликвидацией социального и экономического неравенства; увеличивается потребность в новых видах ранее неиспользуемых или мало употребляемых продуктов из минерального сырья.

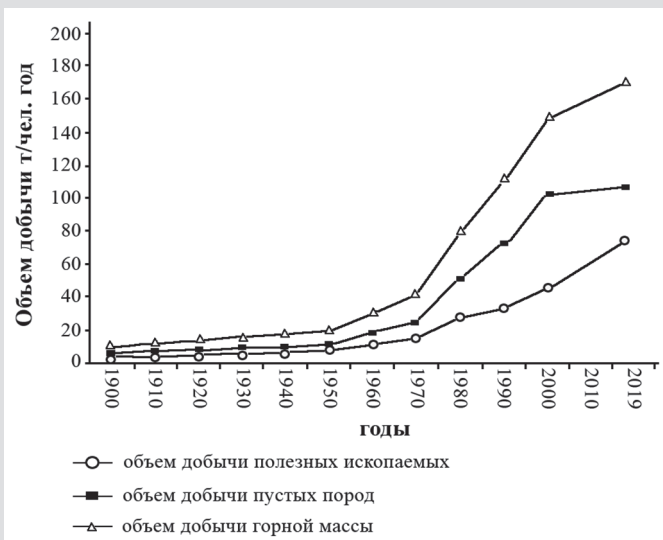
2. Сложившаяся реальность в совокупности с расчетами и оценкой жизнеспособности минерально-сырьевого комплекса на обозримый период приводит к объективному научно-практическому выводу о неудовлетворительных ожиданиях от подтверждения прогнозных ресурсов металлических полезных ископаемых, максимального и многократного повторного использования созданных изделий и продуктов из металлов; замены металлической продукции синтетическими материалами; повышения износостойкости и долговечности, снижения удельного расхода металлов; производства металлов преобразованием на атомном уровне других минералов и химических элементов; извлечения металлов из пород прибрежного шельфа, мирового океана и донных конкреций и даже, в фантазиях, использования содержимого астероидов.

3. Исходя из изложенного, человечество не может существовать и развиваться без использования полезных ископаемых из недр, но, во-первых, объективно запасы традиционных месторождений будут исчерпаны; во-вторых, невозможно уменьшить или ограничить



**Рис. 1. Динамика роста народонаселения Земли и удельной добычи минерального сырья.**  
**Сурет 1. Жер бетіндегі халық санының өсу динамикасы және минералды шикізаттың меншікті өндірісі.**

**Figure 1. The dynamics of the growth of the population of the Earth and the specific production of mineral raw materials.**



**Рис. 2. Изменение масштабов техногенного разрушения литосферы.**

**Сурет 2. Литосфераның техногендік жойылу масштабының өзгеруі.**

**Figure 2. Changes in the scale of technogenic destruction of the lithosphere.**

потребление, поэтому цивилизация должна сформировать новые возможности в расширенном воспроизводстве минерально-сырьевой базы. В подтверждение сказанного нами выбраны стратегические данные, представленные на рис. 1 и 2, в табл. 1-3.

Таблица 1

Обеспеченность уровней добычи (производства) важнейших по востребованности в 2020 г. полезных ископаемых подтвержденными запасами

Кесте 1

2020 жылы сұранысқа ие ең маңызды пайдалы қазбаларды өндіру (өндіру) деңгейлерін дәлелденген қорлармен қамтамасыз ету

Table 1

Provision of levels of extraction (production) of the most important minerals in demand in 2020 with proven reserves

Полезные ископаемые	Подтвержденные запасы на начало 2019 г.	Добыча (производство) в 2018 г.	Обеспеченность, лет, на уровне добычи (производства) в 2018 г.
Нефть, млрд т	247,1	5,2	47
Газ, трлн м <sup>3</sup>	216,9	3,87	56
Уран, млн т	6,14	0,06	100
Уголь, млрд т	1035	7,73	134
Железная руда, млрд т	275	2,5	110
Марганцевая руда, млрд т	5,2	0,06	87
Хромовая руда, млрд т	4,0	0,03	133
Бокситы, млрд т	60,0	0,30	200
Медь, млн т	920	20	46
Никель, млн т	75,9	2,15	35
Кобальт, млн т	7,5	0,125	60
Свинец, млн т	117,0	5,5	21
Цинк, млн т	262	14,0	19
Олово, млн т	5,5	0,32	17
Вольфрам, млн т	4,0	0,10	40
Молибден, млн т	15,0	0,227	66
Сурьма, млн т	1,5	0,130	17
Титан, млн т (TiO <sub>2</sub> )	1483	9,37	158
Серебро, тыс. т (металл)	840	30	28
Золото, тыс. т (металл)	64,0	1 3,2	20
Металлы платиновой группы, т	75,5	0,45	168
Алмазы, млн карат	3000	148,4	28
Литий, тыс. т	100000	40	2500
Фосфаты, млн т (P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	25500	230	111
Калийная соль, млн т (K <sub>2</sub> O)	7900	39,5	200
Плавленый шпат, млн т	224,2	6,8	33

Анализ складывающейся проблемы, которую необходимо решить в течение 20-25 лет в полном объеме уже с определением месторождений нового типа и строительством на их основе предприятий горно-обогатительного профиля, явился основанием для разработки проекта.

Научная новизна работы основана на достоверных фактах ожидаемого полного исчерпания запасов химических элементов в традиционных месторождениях.

Обратимся к последним исследованиям, проведенным специальной Комиссией Научного Совета РАН по проблемам горных наук в составе ведущих ученых во главе с выдающимся горным инженером

современности академиком К.Н. Трубецким. Итоги работы опубликованы в обширном труде<sup>7</sup>. В преамбуле книги сказано: «...Вопросы состоят в следующем: что объективно представляют собой недра Земли в жизни общества, как следует понимать явление, именуемое исчерпанием недр, и какой в этой связи должна быть идеология горных наук?..». И далее: «...Авторы строят свои рассуждения на бесспорном, по их мнению, положении – недра Земли не могут быть сведены лишь к тем полезным ископаемым, которые необходимы в настоящее время... Известно, что масштабы, а также интенсивность освоения недр возрастают, но расширяются ли

<sup>7</sup>Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли. / Под. ред. акад. К.Н. Трубецкого. – М.: АГН, 1997. – 478 с.

Таблица 2

Прогнозируемый мировой объем производства продукции горно-металлургического комплекса в 2030 г.

Кесте 2

Болжалды жаһандық өндіріс тау-кен металлургия кешенінің өнімдері 2030 ж.

Table 2

Projected global production products of the mining and metallurgical complex in 2030

Виды продукции	Производство в 2012 г. в мире, млн т	Производство в 2012 г. в Казахстане, млн т	Прогноз по пессимистическому варианту, млн т	Прогноз по оптимистическому варианту, млн т	Изменение в 2030 г. к 2012 г. в мире, раз (к оптимистическому варианту)
Алюминий	41,600	0,125	83,434	148,981	3,58
Медь	19,771	0,420	28,290	28,871	1,46
Свинец	4,390	0,107	5,154	5,954	1,36
Цинк	13,100	0,405	21,021	24,730	1,89
Никель	1,850	–	3,860	4,625	2,5
Олово	0,320	–	0,411	0,928	2,9
Золото	2932750 кг	32750 кг	3200000 кг	3400000 кг	1,16
Железная руда	2430,000	48,000	3700,146	10021,815	4,12
Марганец	8,200	0,605	12,990	24,701	3,01
Хромовая руда	24,000	3,820	64,877	94,413	3,93
Уголь (каменный, коксующийся и бурый)	3400,000	122,400	3800,000	4700,000	1,38
Калийные руды	14,000	–	19,800	24,200	1,73
Уран	55700 т	20900 т	65720 т	67731,2 т	1,27

Таблица 3

Динамика удельной добычи минерального сырья и народонаселения планеты

Кесте 3

Минералдық шикізатты өндірудің және галамиардың халық қоныстануының үлестік динамикасы

Table 3

Dynamics of specific extraction of mineral raw materials and population of the planet

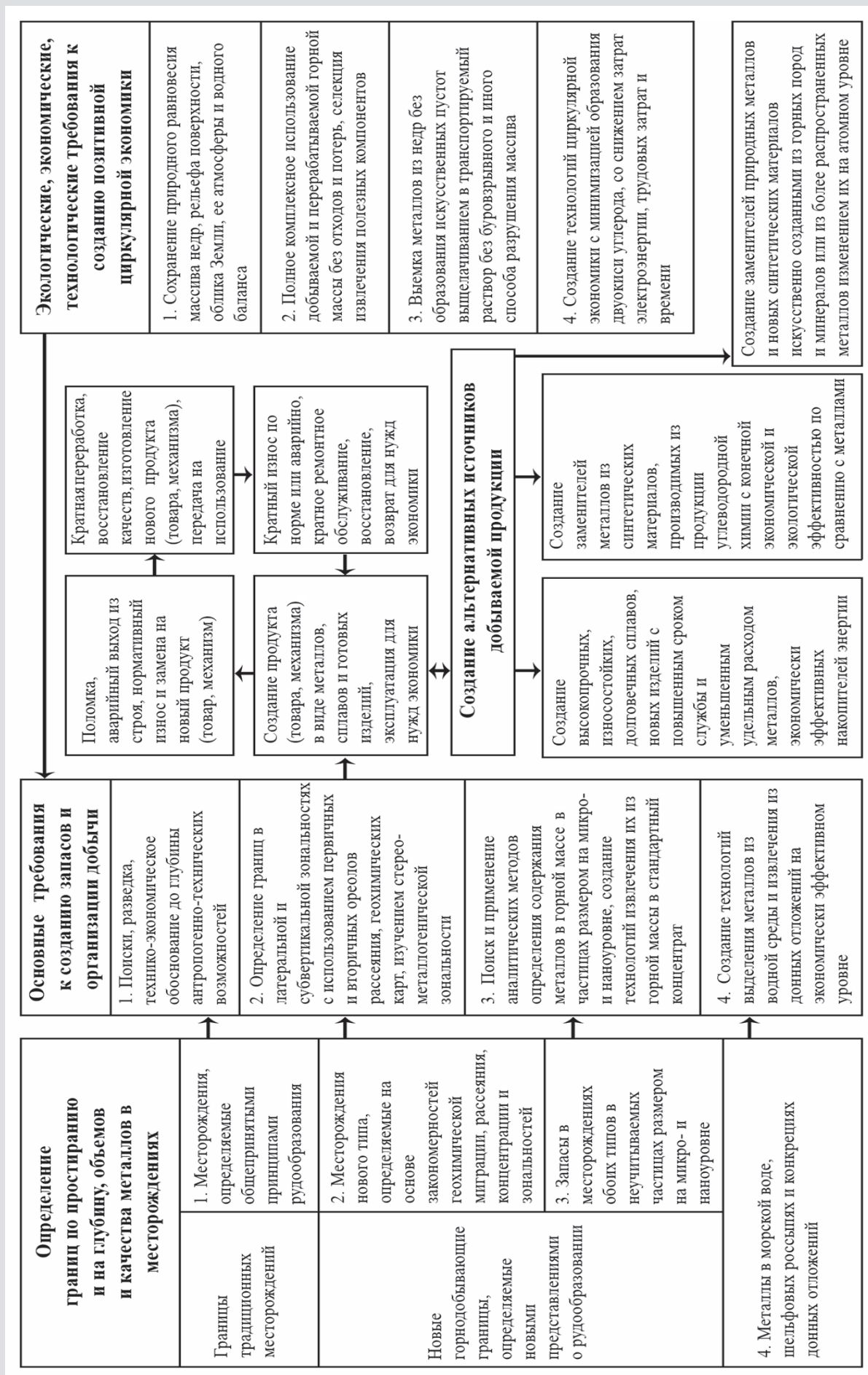
Показатели	Годы							
	1900	1950	1970	1980	1990	2000	2010	2019
Народонаселение, млрд чел.	1,6	2,5	3,63	4,38	5,27	6,1	6,89	7,67
Годовая добыча вещества литосферы, т/чел. в г., в т. ч.:	10,1	17,8	40,5	79,75	123,05	148,0	166,7	173,5
▪ полезного ископаемого, т/чел. в г.	4,7	8,2	15,6	27,5	36,5	46,5	67,84	72,9
▪ пустой породы, т/чел. в г.	5,4	9,6	24,9	52,25	76,55	101,5	98,86	100,6

в связи с этим наши знания о возможностях, которые могут предоставить недра для человека, и граничных для этого условиях? Несомненно, расширяются, но далеко не в требуемой степени...».

Как видно из цитирования, проблема обозначена абсолютно верно, сделан вывод о необходимости расширять знания о возможностях недр, но решение не предложено. Следует думать, что, во-первых, созданный научный труд имел иную направленность; во-вторых, он издан в 1997 г., когда проблема просматривалась не так четко и серьезно, как ныне.

В 1972 г. исследователи из Массачусетского технологического института во главе с профессором Джерри Фостером разработали статистическую модель,

показавшую, что погоня за экономическим ростом без учета экологических и социальных издержек к 2040 г. приведет к краху общества. Нерациональное использование ресурсов планеты способно спровоцировать упадок цивилизации. Ученые разработали 12 сценариев дальнейшего развития общества, и варианты предрекали миру остановку промышленного роста к середине XXI века из-за нехватки невозобновляемых ресурсов, а инвестиции в их добычу приведут к спаду финансирования других сфер, сельское хозяйство придет в упадок и людям попросту перестанет хватать пищи. Недавно руководитель отдела устойчивого развития и анализа динамических систем международной сети аудиторских компаний KPMG



**Рис. 3. Технологическая классификация циркулярной экономики в новых горнодобывающих границах.**  
**Сурет 3. Жана тау-кен шекараларындағы айналмалы экономиканың технологиялық классификациясы.**  
**Figure 3. Technological classification of the circular economy in the new mining frontiers.**

Гайя Херрингтон проверила актуальность выводов 1972 г. сегодня. Исследование опубликовано в журнале «Yale Journal of Industrial Ecology». Она сделала вывод, что «...человечество продолжает идти по пути, способном привести к нехватке ресурсов и что необходимы срочные изменения, которые уже будут нелегкими и создадут проблемы переходного периода, а решения, принятые в следующем десятилетии, определяют судьбу человеческой цивилизации на долгие годы».

Как видно, проблема обозначена верно уже в наступившем XXI веке, но конкретно ничего не предложено, поэтому наш проект соответствует запросам действительности, достоверно и конкретно и в идее, и в сущности, и в путях реализации.

### Результаты и их обсуждение

Выдающийся геолог, непрекаемый до сих пор авторитет в вопросах геологии полезных ископаемых В.И. Смирнов дает четкую справку о длительности формирования месторождений. Длительность накопления минеральных веществ, ведущая к появлению в земной коре такого скопления, которое в традиционном понимании называют месторождением, составляет от 15-17 тыс. лет до 1200 млн лет, начиная от каменных и калийных солей в осадочных месторождениях и заканчивая образованием тектонических структур, контролирурующих гидротермальное оруденение. Вывод достаточно прост: в историческом периоде после 2070-2100 гг. человечество останется без запасов полезных ископаемых.

Еще один выдающийся геолог современности Л.Н. Овчинников в своем капитальном многолетнем труде<sup>8</sup> говорит: «... уже в достаточно обозримом будущем человечество придет к тому, что необходимые металлы будут извлекаться из любой горной породы». И далее: «... в каждой горной породе, независимо от ее происхождения, всегда содержится значительный набор рассеянных металлов». Эта мысль была поддержана и другим выдающимся геологом, академиком А.А. Сауковым, который предположил: «...В будущем зависимость добычи от кларков, вероятно, станет еще более тесной, так как богатые месторождения быстро отрабатываются, и со временем человечество перейдет к эксплуатации гранитов, базальтов и других горных пород, в которых содержания элементов близки к кларкам...».

Мы, в свою очередь, на основе кларков по академик А.П. Виноградову и минимальных промышленных содержаний химических элементов рассчитали их количество в 30% площади континентальной части земной коры до глубины предложенного нами предела НАТВ, равного 5 км. Полученные данные наглядно демонстрируют возможность обеспечения потребностей человечества в не менее, чем, как минимум, тысячелетнем отрезке времени по абсолютному большинству востребованных на сегодня химических элементов.

Доказательством возможности экономически эффективного использования в промышленных масштабах

закономерностей геохимии может служить практическое использование минерализованных зон в настоящее время. В частности, этот фактор, связанный с использованием части поля концентрации химических элементов, называемой «первичным геохимическим ореолом», на практике привел к увеличению в несколько раз запасов золота в Казахстане на месторождениях Бакырчик и Большевик в Восточно-Казахстанской; Юбилейное в Актюбинской; Мынарал и Ргайтинской зоны рудного поля Каратас-Майбулак в Жамбылской областях. Содержание золота в них гораздо ниже, чем в стандартных рудных телах, но технологии добычи и переработки таковы, что отработка зоны минерализации становится экономически эффективной.

Такая же обстановка на практике складывается и на участках денудации, выветривания и выщелачивания рудных тел и первичных ореолов, при которых возникает повышенная концентрация элементов в ландшафте с образованием вторичных (эпигенетических) ореолов рассеяния.

Оценка возможностей по обеспечению неисчерпаемыми источниками востребованных химических элементов построена нами в соответствии с существующей закономерностью о зависимости количества их в земной коре от качества. Начальной точкой отсчета является количество элементов, рассчитанное при качестве их, равном кларку. Дальнейшее движение количества с увеличением содержания химических элементов в горной массе земной коры подчиняется, как известно, экспоненциальному закону с уменьшением количества при увеличении качества.

Корректность и достоверность наших исследований о сроках обеспеченности человечества минеральными ресурсами нового типа доказываются, исходя из прогнозов его потребления в 2050 г. Этот срок принят в связи с невозможностью более позднего прогноза и зиждется на утверждениях (опять же гипотетических), что рост численности населения Земли приостановится с 2050-2100 гг. Эти утверждения взяты из прогнозов фонда ООН в области народонаселения и других авторитетных источников.

### Заключение

Создана объединенная технологическая классификация циркулярной экономики горно-металлургической отрасли в традиционных и новых горно-добывающих границах (рис. 3). Такая классификация будет способствовать безошибочному выбору направления развития конкретного месторождения и конкретного химического элемента и согласованной в масштабе государства или компании созданию программы экономики замкнутого цикла с использованием всех альтернативных источников производства металлов.

Проект ставит целью создание на предварительно построенной теоретической базе научного принципа рудообразования нового типа. Он будет основываться на определении двух источников рудообразования.

<sup>8</sup>Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 255 с.

Первый – это месторождения нового типа, образуемые объективно действующими природными геохимическими закономерностями. Они известны и всегда изучаются при геологоразведочных работах, учитываются при формировании документации об открытии месторождений традиционного типа.

Нами разработана и предлагается теория, построенная на существующей доказательной базе, использовании в практическом ключе данных, полученных по геохимическим характеристикам при геологоразведке и остающихся при этом без их учета в подсчете качественно-количественных характеристик. Речь идет о первичных и вторичных ореолах, геохимических картах и барьерах, латеральной и субвертикальной зональностях, объемных (трехмерных) характеристиках стереометаллогении. Вслед за такими природными закономерностями наступит очередь и скоплений химических элементов, образуемых в процессе техногенеза, т. е. в результате деятельности человека.

Вторым важным источником рудообразования является изучение и практическое осуществление учета ресурсов, образуемых микро- и наноминерализацией, которые также существуют, но до сих пор не учитывались. Реализация этой возможности будет решена созданием современной аналитической базы

определения качественно-количественных характеристик такого оруденения.

Для практического использования в качестве сырьевой базы металлов (химических элементов) определенных месторождений нового типа требуются технологические решения с использованием всего разнообразия геотехнологий и минералургических процессов для экономически эффективной, безопасной для людей и окружающей среды добычи и переработки для получения конечного товарного продукта. Такие работы на уровне научных исследований и разработки конструкций и аппаратного оснащения предварительно начаты. Они позволили сделать выводы, что выбраны оптимальные и технически решаемые направления, частично подтвержденные результатами исследований.

Проект предполагает сформировать итоговые результаты как создание типовой модели циркулярной экономики на базе создания новых и неисчерпаемых горнодобывающих границ. Эту модель возможно будет приспособить для любого месторождения и любого металла с целью создания экономики замкнутого цикла. Она будет действовать под управлением комплекса требований по экологии, экономике и технологиям с целью организации позитивной циркулярной деятельности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Принципы проектирования и реализации горнотехнических систем с полным циклом освоения рудных месторождений. Проблемы проектирования технологий подземной и комбинированной разработки рудных месторождений. // ГИАБ. – 2013 – №5. – С. 3-11 (на русском языке)
2. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Проблемы и перспективы развития ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения недр Земли. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – Новосибирск, 2012. – №4. – С. 116-124 (на русском языке)
3. Голдберг И.С. Формирование Мо-W месторождений в единых геохимических системах от региона до локальных масштабов (на примере Юго-Восточной провинции Китая). // Геология и охрана недр. – 2021. – №4(81). – С. 4-11 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Кен орындарын игерудің толық циклі бар тау-кен жүйелерін жобалау және енгізу принциптері. Кен орындарын жерасты және аралас өндіру технологияларын жобалау мәселелері. // Тау-кен ақпараты және аналитикалық бюллетень. – 2013. – №005. – Б. 3-11 (орыс тілінде)
2. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Жердің ішкі кеңістігін кешенді игеру үшін ресурстарды үнемдейтін және қайта өндіруші геотехнологияларды дамытудың мәселелері мен перспективалары. // Пайдалы қазбаларды игерудің физикалық-техникалық мәселелері. – Новосибирск, 2012. – №4. – Б. 116-124(орыс тілінде)
3. Голдберг И.С. Аймақтан жергілікті масштабқа дейін біркелкі геохимиялық жүйелерде Мо-W кен орындарының қалыптасуы (Қытайдың Оңтүстік-Шығыс провинциясы мысалында). // Геология және пайдалы қазбаларды қорғау. – 2021. – №4(81). – Б. 4-11 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Principy proektirovaniya i realizacii gornotexnicheskix sistem s polnym ciklom osvoeniya rudnyx mestorozhdenij [Principles of design and implementation of mining systems with a full cycle of development of ore deposits.



*Problems of designing technologies for underground and combined mining of ore deposits]. // GIAB = Mining information and analytical bulletin. – 2013 – №5. – P. 3-11 (in Russian)*

2. *Trubetskoy K.N., Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Problemy i perspektivy razvitiya resursosberegayushhix i resursovoproizvodyashhix geotekhnologij kompleksnogo osvoeniya nedr Zemli [Problems and prospects for the development of resource-saving and resource-reproducing geotechnologies for the integrated development of the Earth's interior]. Fiziko-texnicheskie problemy razrabotki poleznyx iskopaemyx = Physical and technical problems of mineral development. – Novosibirsk, 2012. – №4. – P. 116-124 (in Russian)*
3. *Goldberg I.S. Formirovanie Mo-W mestrozhdenij v edinyx geoximicheskix sistemax ot regiona do lokal'nyx masshtabov (na primere Yugo-Vostochnoj provincii Kitaya) [Formation of Mo-W deposits in uniform geochemical systems from the region to local scales (on the example of the South-Eastern province of China)]. // Geologiya i ohrana nedr = Geology and protection of mineral resources. – 2021. – №4 (81). – P. 4-11 (in Russian)*

#### Сведения об авторах:

**Битимбаев М.Ж.**, д-р техн. наук, академик Национальной инженерной академии Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан), академик Международной инженерной академии (г. Москва, Россия), академик Академии минеральных ресурсов Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан), главный научный сотрудник Национальной инженерной академии Республики Казахстан (г. Алматы, Казахстан), [mbitimbayev@mail.ru](mailto:mbitimbayev@mail.ru)

**Кунаев М.С.**, д-р геол.-минерал. наук, Председатель Правления Товарищества с ограниченной ответственностью «МК Metals Holding» (г. Алматы, Казахстан)

**Париллов Ю.С.**, д-р геол.-минерал. наук, главный научный сотрудник Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Битимбаев М.Ж.**, техника ғылымдарының докторы, Қазақстан Республикасы Ұлттық инженерлік академиясының академигі (Алматы қ., Қазақстан), Халықаралық инженерлік академияның академигі (Мәскеу қ., Ресей), Қазақстан Республикасы Минералдық ресурстар академиясының академигі (Алматы қ., Қазақстан), Қазақстан Республикасы Ұлттық инженерлік академиясының бас ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

**Кунаев М.С.**, геология-минералогия ғылымдарының докторы, «МК Металлс Холдинг» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің басқарма төрағасы (Алматы, Қазақстан)

**Париллов Ю.С.**, геология-минералогия ғылымдарының докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Bitimbaev M.Zh.**, Doctor of Technical Sciences, Academician of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), Academician of the International Engineering Academy (Moscow, Russia), Academician of the Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), Chief Researcher of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)

**Kunaev M.S.**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chairman of the Board of Limited Liability Partnership «МК Metals Holding» (Almaty, Kazakhstan)

**Parilov Yu.S.**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher of the Institute of Geological Sciences after named K.I. Satpaev (Almaty, Kazakhstan)