

УДК 622.271.3:001.895

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.02.005

**Яковлев Виктор Леонтьевич**

член-корр. РАН, доктор технических наук,  
профессор, главный научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [yakovlev@igduran.ru](mailto:yakovlev@igduran.ru)

**Yakovlev Victor L.**

Corresponding member RAS, professor,  
The Institute of Mining UB RAS,  
620075, Yekaterinburg, 58 Mamin-Sibiryak st.  
e-mail: [yakovlev@igduran.ru](mailto:yakovlev@igduran.ru)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ  
ПРОЦЕССОВ – НОВЫЙ  
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД  
К РАЗРАБОТКЕ И РАЗВИТИЮ  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ДОБЫЧИ И РУДОПОДГОТОВКИ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ  
ОСВОЕНИИ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ  
СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ\***

**THE STUDY OF TRANSIENT PROCESSES  
AS A NEW METHODOLOGICAL  
APPROACH TO THE DEVELOPMENT  
OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR  
EXTRACTION AND ORE PREPARATION  
OF MINERAL RAW MATERIALS MINING  
DEEP-SEATED COMPLEX-STRUCTURED  
DEPOSITS**

**Аннотация:**

Обоснованы специфика освоения глубокозалегающих сложноструктурных месторождений и необходимость периодического пересмотра принятых в проекте открытой разработки месторождения технических и технологических решений, в том числе в зависимости от изменения геологической и горнотехнической информации по мере развития горных работ и перехода рабочей зоны на более глубокие горизонты, а также последующего перехода на подземную или комбинированную разработку месторождения.

Предлагается методический подход, основанный на исследовании переходных процессов, основной задачей которых являются технические, технологические и организационные действия при реализации принимаемых инновационных решений по адаптации горнотехнической и организационно-технологической системы горнообогатительного предприятия к изменяющимся условиям его функционирования.

**Ключевые слова:** переходные процессы, глубокие карьеры, сложноструктурные месторождения, инновационные технологии

**Abstract:**

The specifics of deep-seated complex-structured deposits development is grounded and the need for periodic review of technical and technological solutions adopted in the project of surface mining are substantiated, including the dependence on changes in geological and mining information as mining progresses and the working zone moves to deeper horizons, as well as the subsequent transition on underground or combined deposit mining are based.

A methodical approach is proposed based on the study of transient processes, the main task of which is technical, technological and organizational actions in realization the adopted innovative solutions on adaptation the mining and organizational and technological system of the ore mining and processing plant to the changing conditions of its functioning.

**Key words:** transient processes, deep open pits, complex-structured deposits, innovative technologies

Специфика освоения глубокозалегающих сложноструктурных месторождений твердых полезных ископаемых состоит в том, что их разработка продолжается десятки лет, как правило, начинается открытой геотехнологией, в условиях непрерывного роста глубины рабочей зоны карьера, нарастанием геологической, горнотехнической и технологической информации, требующих безусловного выделения этапов формирования карьерного пространства, изменения параметров систем разработки, формирования транспортной системы карьера путем применения новых видов транспорта и т. д., то есть практически пересмотра большинства принятых проектных решений, уточнения глубины карьера и, как правило, перехода к подземной или комбинированной геотехнологии.

\* Статья подготовлена с использованием результатов исследований в рамках Госзадания 007-01398-17-00 по теме № 0405-2015-0010

Необходимость исследования переходных процессов в технологии добычи и переработки полезных ископаемых на отдельных этапах, технологических процессах давно начала назревать, и в отдельных разделах горной науки и производства находились решения адаптации технологии к изменяющимся условиям разработки месторождений, но сегодня это становится актуальной проблемой.

Одной из главных причин необходимости исследования переходных процессов в технике и технологии горно-обогачительного производства минерального сырья является высочайшая степень зависимости от природной изменчивости геологических параметров глубокозалегающих сложноструктурных месторождений, информация о которых нарастает по мере развития горных работ, что требует, наряду с изменением горнотехнических условий, периодического перехода на новые параметры техники и технологии с целью адаптации к изменяющимся условиям функционирования горнообогачительного производства.

Исследование переходных процессов, установление причин их возникновения, понимание сущности происходящих изменений и закономерностей их развития в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях является основой создания стратегии управления этими процессами в течение всего срока отработки месторождения.

В работе [1] автором данной статьи изложен исторический опыт развития научных идей и методологических подходов к обоснованию технологий, параметров горных работ и стратегии освоения недр и приведен перечень публикаций ученых, вложивших наибольший вклад в решение соответствующих проблем.

В табл. 1 приведен последовательный ряд этапов, характеризующихся социально-экономическими условиями развития горнодобывающих отраслей промышленности и основных направлений научных исследований, которые были наиболее актуальны и соответствовали целям разработки научных основ проектирования, строительства и эксплуатации шахт, рудников и карьеров, горно-обогачительных комбинатов.

О необходимости коренного пересмотра сложившегося к концу 80-х годов, т.е. практически к распаду СССР, методического подхода к решению широкого круга актуальных технических, технологических и экономических проблем развития горного производства и горных наук очень ярко изложено в монографии «Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли» [2].

*Исследование переходных процессов – новый этап в развитии методологического подхода к выбору стратегии освоения глубокозалегающих сложноструктурных месторождений твердых полезных ископаемых, основанного на принципах системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности путем своевременного внесения изменений в технологию добычи и рудоподготовки минерального сырья по мере нарастания информации о геологических и горнотехнических условиях функционирования горнотехнической системы горно-обогачительного предприятия.*

Актуальность исследования переходных процессов обусловлена важнейшей их ролью на стадиях проектирования и разработки глубокозалегающих сложноструктурных месторождений в связи с объективной необходимостью периодического изменения параметров горнотехнической системы вследствие нарастания геологической информации о параметрах залежей и содержания в них основных и попутных полезных компонентов, поэтапного формирования карьерного пространства и развития транспортной системы карьера, перехода с открытой к подземной или комбинированной геотехнологии, необходимости управления количеством и качеством направляемых на переработку потоков добываемой горной массы, применения более совершенных технических средств, составляющих основу инновационных технологий добычи и рудоподготовки минерального сырья.

Таблица 1

**Этапы развития технологий и методологии освоения недр России и стран СНГ**

Годы	Особенности этапов развития горного дела	Основные направления научных исследований
1945 – 1960 гг.	Послевоенный период восстановления и развития народного хозяйства	Научные основы проектирования и строительства комплексно-механизированных предприятий
1960 – 1975 гг.	Интенсивное развитие открытых горных разработок, строительство крупных горно-обогачительных комбинатов для обеспечения сырьем заводов черной и цветной металлургии, строительство угольных разрезов большой мощности	Научное обоснование приоритетного развития открытых разработок, зарождение методов экономико-математического моделирования, ЭВМ для планирования и управления производством на карьерах.
1975 – 1987 гг.	На основе анализа опыта эксплуатации ГОКов установлено отставание фактических объемов добычи и вскрыши от проектных	Необходимость новых подходов к исследованию, проектированию и планированию горных работ, схем вскрытия, систем разработки, формированию транспортных систем карьеров с учетом роста их глубины
1987 – 1996 гг.	Изменение социально-экономических условий. Переход от плановой экономики к рыночной. Резкое снижение объемов добычных и вскрышных работ	Необходимость разработки принципиально новых подходов к исследованию и решению проблем горного производства
1997 – 2007 гг.	Восстановление объемов добычи полезных ископаемых на действующих ГОКах. Дефицит рудного сырья на Урале и необходимость завоза товарной руды на металлургические предприятия из других регионов	Новый этап в развитии горных наук: «Освоение и сохранение недр». Классификация горных наук
2007 – 2014 гг.	Освоение глубоких горизонтов на действующих горных предприятиях и новых месторождениях, в т. ч. в северных регионах УрФО и ДФО	Программно-целевые методы исследований на основе принципов системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности
2014 г. – современный период	Наращение информации о месторождении и принятие основных технологических решений. Освоение новых минерально-сырьевых центров	Исследование переходных процессов и учет закономерностей их развития при разработке инновационных технологий оценки, добычи и рудоподготовки минерального сырья

Методологической и организационно-технологической основой исследования переходных процессов являются изменившиеся условия производства горных работ.

Особенности ведения горных работ на глубоких карьерах состоят в том, что, на какой бы стадии по глубине карьера горные работы ни находились, они остаются открытыми до установленной глубины карьера, однако требуют исследования два главных вопроса, основанные на опыте длительной эксплуатации карьеров большой глубины и производительности:

- следует ли пересматривать принятую в проекте предельную глубину карьера;
- требуется ли коренной пересмотр действующей технологии горных работ при достигнутой глубине карьера или достаточно совершенствования параметров системы разработки, принятой схемы вскрытия, порядка формирования рабочей зоны глубоких горизонтов, транспортной системы карьера и основных технологических процессов добычи и переработки минерального сырья.

При любом варианте ответа на первые два вопроса необходимо исследовать следующие особенности ведения горных работ на карьерах, особенно при их доработке до предельной глубины:

- особенности погрузочно-транспортных работ в прибортовой зоне с учетом обеспечения устойчивости бортов, сохранности законтурного массива и безопасности расположенных на прибортовой территории зданий и сооружений;
- необходимость селективной разработки и усреднения при формировании грузопотоков для последующей переработки добываемого минерального сырья;
- обеспечение эффективной модернизации парка горных машин, параметров и организации их эксплуатации;
- постоянный мониторинг качества добываемого сырья, параметров и показателей основных технологических процессов с целью своевременного на основе технологического аудита применения и реализации организационно-технических управляющих воздействий.

Наиболее значимые научные, технологические и организационно-технические вопросы, решаемые при проектировании и разработке сложноструктурных месторождений большой глубины, требующие исследования переходных процессов:

1. Оценка объема и качества запасов, принятие решения о целесообразности их комплексного освоения.
2. Обоснование способа разработки глубокозалегающего месторождения и возможности (целесообразности) перехода от открытого к подземному или комбинированному способу.
3. Обоснование границ карьера, его глубины, углов откоса бортов, последовательность развития рабочей зоны, выделение этапов разработки.
4. Формирование транспортной системы карьера во взаимосвязи с развитием карьерного пространства и его рабочей зоны, применение новых видов, технических средств и схем транспорта с заменой действующих, но чаще в дополнение к ним.
5. Поэтапная разработка месторождений, формирование временно нерабочих бортов карьеров и последующая их разработка с использованием специальных технологий и технических средств взрывания, экскавации, транспорта.
6. Вскрытие новых горизонтов, в том числе с возможным изменением физико-механических свойств и вещественного состава слагающих их горных пород.
7. Разработка месторождений сложного геологического строения залежей основного полезного ископаемого при наличии попутных полезных компонентов, значительной изменчивости их содержания и других свойств, требующих селективной разработки, усреднения и периодического изменения параметров систем разработки, рудоподготовки и обогащения.

8. Переходные процессы, связанные с изменением физико-механических свойств многолетнемерзлых горных пород (фазовые переходы при изменении температуры воздуха от  $+40^{\circ}\text{C}$  до  $-60^{\circ}\text{C}$ ), в том числе в бортах карьеров и в стволах подземных рудников.

Таким образом, сущность исследования переходных процессов состоит в том, что если необходимо что-либо изменить в технике или технологии горного производства в конкретных горнотехнических условиях, то необходимо установить совокупность и обосновать последовательность ряда разработанных в установленные сроки организационно-технических мероприятий для принятия и реализации принятых технологических инновационных решений.

На действующих горных предприятиях этот подход реализуется на основе мониторинга показателей и технологического аудита условий и показателей функционирования горнотехнической системы, а при проектировании освоения новых месторождений – на основе установленных закономерностей развития предприятий, разрабатывающих аналогичные или близкие по геологическим и горнотехническим условиям месторождения.

Установлено, что для исследования закономерностей (устойчивых зависимостей) протекания и направлений совершенствования технологических процессов, параметров инновационных технологий и прогноза их развития, обеспечивающих экономически эффективную и безопасную разработку глубокозалегающих месторождений твердых полезных ископаемых, необходимо иметь следующую информацию:

1. Стадия (период) разработки месторождения (строительство карьера, освоение проектной мощности, полное развитие работ, доработка запасов в нижней части карьера, переход на подземную или комбинированную разработку месторождения).

2. Геологическая информация: исходная и нарастающая по мере освоения месторождения.

3. Техническая – применяемое буровое, погрузочное и транспортное оборудование и его соответствие изменяющимся горнотехническим условиям эксплуатации. Вывод: следует ли переходить на новые технические средства.

4. Технологическая – схема вскрытия, система разработки – соответствие их параметров условиям и возможные изменения технологии на основе инновационных решений.

5. Оценка состояния техники и технологии, изменяющихся условий эксплуатации и обоснование необходимости установления начала и сроков перехода на новые технические средства и технологии.

Для установления закономерностей и их количественной оценки в методическом плане на конкретных предприятиях следует осуществлять мониторинг и комплексный технологический аудит – способ проверки технологического состояния предприятия с помощью определенных критериев, дающих возможность выявления сильных и слабых сторон, что ведет к формированию стратегии дальнейшей экономически эффективной и безопасной разработки глубокозалегающих сложноструктурных месторождений.

Совершенствование технологических процессов и применение инновационных технологий разработки глубокозалегающих сложноструктурных месторождений обусловлено их природной изменчивостью и изменением горнотехнических условий их освоения.

С ростом глубины рабочей зоны карьера увеличивается расстояние транспортирования добываемой горной массы, осуществляется дальнейшее развитие транспортной системы карьера, схемы вскрытия глубоких горизонтов, переход на новые параметры погрузочного и транспортного оборудования (табл. 2).

Таблица 2

**Этапы формирования транспортной системы карьера при освоении  
глубокозалегающих месторождений**

Этапы освоения месторождения	Этапы формирования транспортной системы
1. Оценка геологических, природно-климатических и социально-экономических условий освоения месторождения: разведанности, условий залегания, запасов и их качественной и технологической характеристики, физико-механических свойств руд и пород	Обоснование возможных для применения видов и технических средств транспорта, в том числе внутрикарьерного (сборочного и магистрального) и внешнего.
2. Проект разработки месторождения: способ разработки (открытый, подземный, комбинированный); границы и глубина карьера, поэтапная разработка; производственная мощность по рудной и горной массе; схема вскрытия и системы разработки (валовая или селективная разработка запасов); система управления качеством (усреднение, управление развитием рабочей зоны и т. п.).	Выбор видов и технических средств транспорта, их параметров, зон эффективного применения; переходные процессы (внутри вида транспорта, с одного вида транспорта на другой). Перегрузочные пункты при схемах комбинированного транспорта, места их расположения, периодичность и порядок переноса по мере роста глубины карьера; схема транспортных коммуникаций по этапам разработки до предельных контуров карьера.
3. Строительство и ввод в эксплуатацию горного предприятия. Применяемая техника может отличаться от проектной. Уточняются объем и качественная характеристика запасов, условий их залегания, физико-механические свойства горных пород и др.	Применяемые в период строительства карьера виды технических средств транспорта, транспортные коммуникации должны стать звеном формируемой в дальнейшем транспортной системы. Особенно это важно при применении циклично-поточной технологии, железнодорожного транспорта, транспортные коммуникации которых следует развивать с момента ввода карьера в эксплуатацию.
4. Поэтапная разработка месторождения. 4.1. Открытая геотехнология с выделением этапов, их границ по глубине, временно законсервированных запасов и бортов карьера. 4.2. Переход на подземную разработку месторождения с полной изоляцией внутришахтных выработок и коммуникаций от внутрикарьерного пространства. 4.3. Комбинированная открыто-подземная разработка с одновременным или последовательным ведением открытых и подземных горных работ.	Формирование поэтапных схем развития транспортных коммуникаций. Периодическая реконструкция транспортной системы карьера с переносом транспортных коммуникаций с временно нерабочих бортов на постоянные. Вскрытие новых, в том числе глубоких, горизонтов. Перенос перегрузочных пунктов. Использование карьерного транспорта для доставки на поверхность горной массы из подземных горных выработок.

Изменение физико-механических свойств горных пород требует совершенствования параметров и техники буровых и взрывных работ.

Наращение геологической информации требует принятия решения о сохранении валовой или переходе к селективной разработке запасов, технологии их рудоподготовки и предобогащения.

Новый этап развития горных наук, в том числе в методологии выполнения исследований, связан с изданием коллективной монографии «Освоение и сохранение недр Земли» [2].

Современный этап развития горного дела характеризуется необходимостью создания технологий и техники для вскрытия и отработки глубоких горизонтов действующих горных предприятий и освоения новых месторождений с учетом изменения геологических и горнотехнических условий их разработки в динамике развития горнотехнических систем на основе исследования переходных процессов.

Среди факторов, влияющих на необходимость периодического пересмотра принятых в проекте технических и технологических решений, следует выделить следующие основные:

1. Природная изменчивость геологических параметров сложноструктурных глубокозалегающих месторождений.

К числу основных факторов, обосновывающих необходимость исследования и учета переходных процессов в технологии разработки сложноструктурных месторождений, относятся факторы природной особенности и изменчивости их геологических параметров:

- залегание в виде жил, линз, пластов переменной мощности;
- тела полезного ископаемого содержат включения пустых пород или некондиционных руд разных размеров и формы, осложнены складчатыми или разрывными тектоническими нарушениями;
- мощность и элементы залегания, устойчивость горных пород, их трещиноватость, естественная блочность, слоистость, пределы прочности и деформационные свойства меняются в широких пределах;
- изменяется качественный состав полезного ископаемого, имеет место закономерная или случайная зональность общего баланса минералов, высокая неравномерность их содержания и гранулометрического состава от сплошных до тонковкрапленных руд.

Все это требует детальной геометризации размещения полезного ископаемого в недрах и учета при выборе горной техники и технологий, адаптивных к изменениям геологической среды, планирования горных работ в режимах селективной выемки и усреднения, создания инновационных технологий добычи и рудоподготовки с учетом закономерностей переходных процессов при изменении условий функционирования горнообогатительного предприятия.

2. Нарастание информации о геологических параметрах месторождения по этапам разведки: предварительной, на основе которой обосновываются кондиции и ведется подсчет запасов по категориям С1 и С2, детальной, когда уточняются строение месторождения, условия залегания тел полезного ископаемого, запасы переводятся в категории А и В, уточняются их качество и горнотехнические условия предполагаемой разработки, с учетом которых принимаются основные проектные решения, к сожалению, обычно с ошибками, вследствие недостаточной достоверности информации.

Устранение неопределенности в геологической обстановке достигается при эксплуатационной разведке, которая ведется весь период отработки месторождения, с учетом чего осуществляется планирование добычи полезного ископаемого по сортам, коррекции типоразмеров горных машин, технологии добычи, режимов усреднения и обогащения.

Добыча полезных ископаемых открытым способом связана с перемещением больших масс горных пород, что приводит к изменению естественного напряженного состояния массива горных пород. В результате такого воздействия наряду с естественными геомеханическими процессами, такими как тектонические подвижки блоков, возникают наведенные геомеханические процессы, вызванные техногенной деятельностью при ведении горных работ.

Решение проблемы обеспечения долговременной устойчивости уступов и бортов имеет особую актуальность, так как от их параметров зависит безопасность разработки месторождений, а также объемы вскрыши и запасы полезного ископаемого в контурах карьеров.

Главная особенность переходных периодов в развитии горных работ и технологических процессов состоит в том, что реально сложившиеся к определенному моменту эксплуатации месторождения схема вскрытия и параметры системы разработки, порядок формирования рабочей зоны, применяемое оборудование основных технологических процессов и режим их функционирования не в полной мере соответствуют геологическим, горнотехническим и экологическим условиям и требованиям добычи и переработки горной массы, в том числе полезных ископаемых и вскрышных пород, что не соответствует требованиям по количеству и качеству товарной продукции и экономически эффективной ее реализации на внутреннем и внешнем рынках.

*Переходные процессы являются этапами стратегии освоения глубокозалегающих сложноструктурных месторождений – долгосрочного плана действий на всех этапах разведки, проектирования и разработки месторождения до получения товарной продукции на основе методологического подхода на принципах системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности, учитывающих нарастание геологической информации о месторождении при принятии заранее спланированных технологических и технических решений в качестве реакции на изменения внутренних и внешних условий функционирования горного предприятия, включая учет закономерностей их развития при принятии инновационных технологий оценки, добычи, рудоподготовки и обогащения минерального сырья.*

Основной задачей переходных процессов являются технические, технологические и организационные действия при реализации принимаемых инновационных решений по адаптации горнотехнической и организационно-технологической системы предприятия к изменяющимся условиям его функционирования.

Признанием объективной необходимости исследования переходных процессов в качестве нового научного направления при разработке теоретических основ стратегии и технологии комплексного освоения месторождений явилось включение в план научно-исследовательских работ УрО РАН в качестве государственного задания темы фундаментальных исследований на 2016 – 2018 гг. «Теоретические основы стратегии комплексного освоения месторождений и технологий их разработки с учетом особенностей переходных процессов в динамике развития горнотехнических систем»\* (\*рег. №0405-2015-0010). При этом в число исполнителей важнейших разделов исследований вошли сотрудники нескольких научных лабораторий института:

1. Исследование и разработка инновационных технологий добычи рудного и нерудного минерального сырья в сложных горно-геологических условиях (лаборатория открытой геотехнологии) [6].
2. Исследование технологических процессов и разработка теоретических основ геотехнологической стратегии освоения переходных зон рудных месторождений (лаборатория подземной геотехнологии) [11].
3. Обоснование стратегии формирования транспортных систем карьеров при разработке глубокозалегающих месторождений (лаборатория транспортных систем карьеров и геотехники) [5, 6, 7].

4. Методы оценки и технологии управления качеством минерального сырья при освоении природных и техногенных месторождений (сектор управления качеством минерального сырья) [8].

5. Исследование экологических и экономических аспектов функционирования и развития природно-техногенных экосистем в районах функционирования предприятий горно-металлургического комплекса (лаборатория экологии горного производства) [10].

6. Изучение основных факторов и закономерностей при разрушении локальных массивов буровзрывным способом в динамике изменения горно-технологических условий для обеспечения энергоэффективности, ресурсосбережения и промышленной безопасности (лаборатория разрушения горных пород).

7. Экономические аспекты обеспечения безопасности основных технологических процессов горного производства (филиал ИГД УрО РАН в г. Челябинске) [12].

### *Выводы*

Разработанный ранее методологический подход на основе совокупного использования принципов системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности [3, 4] возможно реализовать непрерывным мониторингом развития горнотехнической системы горнообогатительного предприятия, своевременной разработкой переходных процессов на всех стадиях освоения месторождения и реализацией рекомендаций по совершенствованию требующих изменения параметров и технологий в связи с изменяющимися внутренними и внешними условиями функционирования горного предприятия.

Предлагаемый методологический подход, основанный на исследовании переходных процессов, является универсальным, и может использоваться при проектировании освоения глубокозалегающих месторождений, планировании, организации и управлении добычей и рудоподготовкой минерального сырья на действующих горных предприятиях с учетом нарастания геологической информации, внедрения разработанных инновационных мероприятий, изменения параметров и показателей горнотехнической системы горного предприятия по мере развития горных работ.

Главным показателем, характеризующим высокую степень новизны исследований, является дальнейшее развитие программно-целевого методологического подхода к исследованию проблем освоения недр, основанного на принципах системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности, путем введения принципиально нового понятия «переходные процессы» и учета закономерностей их развития при разработке инновационных технологий добычи и рудоподготовки минерального сырья.

Сущность новизны исследования переходных процессов при проектировании и разработке глубокозалегающих месторождений состоит в том, что если при оценке динамики развития горнотехнической системы и показателей ее функционирования возникает необходимость изменить параметры техники или технологии горнообогатительного производства, то следует установить необходимость, совокупность и последовательность ряда действий (мероприятий), чтобы принять и реализовать принятые технологические инновационные решения.

### **Литература**

1. Яковлев В.Л. Исторический опыт развития научных идей методологических подходов к обоснованию технологий, параметров горных работ / В.Л. Яковлев // Проблемы недропользования [Электронный ресурс]: рецензируемое сетевое периодическое издание / ИГД УрО РАН. - 2014. - № 3. - С. 15 - 26. – Режим доступа: <http://trud.igduran.ru>

2. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / К.Н. Трубецкой, Ю.Н. Малышев, Л.А. Пучков, ... В.Л. Яковлев и др. - М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. - 478 с.

3. Яковлев В.Л. Методологические особенности освоения недр на современном этапе / В.Л. Яковлев, С.В. Корнилков // Вестник УрО РАН. Наука. Общество. Человек. - 2013. - № 4. - С. 43 - 49.
4. Яковлев В.Л. О методологическом подходе к исследованиям в области освоения недр на основе системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности / С.В. Корнилков, В.Л. Яковлев // Горный журнал. - 2015. - № 1. - С. 4 - 5.
5. Яковлев В.Л. Основные аспекты формирования и новые научные направления исследований транспортных систем карьеров / В.Л. Яковлев, Ю.А. Бахтурин, А.Г. Журавлев // Наука и образование. - №4 (80). - 2015. - С 67 - 72.
6. Яковлев В.Л. Переходные процессы в технологии разработки сложноструктурных месторождений полезных ископаемых // Открытые горные работы в XXI веке - 1: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 10 (специальный выпуск № 45 – 1). – С. 65 – 76.
7. Новые решения в развитии циклично-поточной технологии / В.Л. Яковлев, Г.Д. Кармаев, В.А. Берсенев, И.Г. Сумина // Горный журнал. - 2016. - № 10. – С. 54 - 64.
8. Геоинформационная оценка распределения показателей обогатимости титаномагнетитовых руд в контурах обрабатываемых карьеров Гусевогорского месторождения / В.Л. Яковлев, Ю.В. Лаптев, В.А. Гордеев, А.М. Яковлев // Литосфера. - 2016. - № 2. – С. 111 - 120.
9. Яковлев В.Л. Особенности методологического подхода к обоснованию стратегии освоения сложноструктурных месторождений на основе исследования переходных процессов // Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – СВ № 30.– С. 22 - 35.
10. Антонинова Н.Ю. Использование техногенных отходов ГМК в природоохранных целях на предприятиях ГМК / Н.Ю. Антонинова, Л.А. Шубина // Экология и промышленность России. – 2015. - № 10. - С. 38 - 41.
11. Изыскание подземной геотехнологии при переходе к освоению глубокозалегающих запасов наклонного медноколчеданного месторождения / И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин, И.В. Никитин, К.В. Барановский, А.А. Рожков // Изв. УГГУ. – 2016. – №2 (42). – С. 47 - 53.
12. Галкин В.А. О теории и методологии организации безопасного производства / В.А. Галкин, А.М. Макаров, И.Л. Кравчук // Уголь. – 2016. – № 4. – С. 39 - 43.