



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



А. И. Косолапов, Ю. П. Пташник
ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКА
ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ
ТЕХНОГЕННЫХ
ГЕОРЕСУРСОВ НЕДР

УДК 622.355.1
ББК 33.342.1
К715

Р е ц е н з е н т ы:

А. Г. Михайлов, доктор технических наук, заведующий лабораторией проблем освоения недр ИХХТ СО РАН;

Д. В. Кузнецов, кандидат технических наук, ведущий инженер ООО «Полюс Проект»

Косолапов, А. И.

К715 Технология разработки месторождений известняка при комплексном освоении техногенных георесурсов недр : монография / А. И. Косолапов, Ю. П. Пташник. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. – 128 с. ISBN 978-5-7638-4077-3

Приведены результаты исследований влияния технологии разработки месторождений известняка на показатели землеёмкости, объёмы вскрышных работ и затраты на рекультивацию нарушенных земель. Описана рациональная технология открытых горных работ, позволяющая обеспечить минимум затрат на разработку месторождения известняка и последующее использование выработанного пространства карьера в строительстве.

Предназначена для научных сотрудников, аспирантов и инженерно-технических работников, специализирующихся в области горного дела.

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 622.355.1
ББК 33.342.1

ISBN 978-5-7638-4077-3

© Сибирский федеральный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Г л а в а 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	6
1.1. Краткая характеристика месторождений известняка и анализ современного состояния сырьевой базы.....	6
1.2. Анализ современного состояния технологии горных работ при разработке месторождений известняка	11
1.3. Современное состояние исследований технологии горных работ и использования выработанных пространств известняковых карьеров.....	18
Г л а в а 2. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКА И ХАРАКТЕРИСТИКА ИХ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ КАРЬЕРОВ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	29
2.1. Исследование взаимосвязи между показателями условий разработки месторождений известняка	29
2.2. Оценка относительной трудности разработки месторождений известняка	33
2.3. Проблемы и перспективы использования выработанных пространств известняковых карьеров в строительстве.....	35
2.4. Анализ возможности размещения в выработанном пространстве карьеров объектов промышленного и гражданского назначения.....	39
Г л а в а 3. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКА	45

3.1. Основные принципы оценки эффективности технологии разработки месторождений известняка и формирования выработанного пространства	45
3.2. Экономические критерии для оценки технологии разработки месторождений известняка и формирования выработанного пространства	51
3.3. Методика расчета основных технико-экономических показателей технологии разработки месторождений известняка	53
Г л а в а 4. ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ВСКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКА	56
4.1. Способы вскрытия месторождений, разрабатываемых открытым способом	56
4.2. Исследование влияния параметров вскрывающих выработок и формы бортов карьеров в плане на показатели землепользования.....	58
4.3. Разработка технологии вскрытия месторождения комбинированным способом и обоснование глубины заложения концентрационного горизонта	69
Г л а в а 5. ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫРАБОТАННОГО КАРЬЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	78
5.1. Технология разработки месторождений известняка и факторы, влияющие на её выбор.....	78
5.2. Анализ вариантов технологии разработки месторождений известняка при использовании выработанных пространств карьеров в строительстве	80
5.3. Обоснование условий эффективного применения вариантов технологии разработки месторождений известняка при последующем использовании выработанного пространства в строительстве.....	95
5.4. Исследования влияния технологии разработки месторождений известняка на показатели землеёмкости, объемы вскрышных работ и затраты на рекультивацию нарушенных земель	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	120

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время крупные города в связи с увеличением темпов строительства все острее нуждаются в территориях для размещения новых объектов инфраструктуры. При этом стоимость земли вблизи центров агломерации имеет тенденцию положительного роста во времени. Вместе с тем периферийные территории, как правило, имеют достаточно большое количество техногенных горных выработок как открытого, так и подземного типа. Данные выработки с учетом рационального подхода к этой проблеме в условиях разработки генерального плана города и окрестных территорий могут быть потенциально востребованы под различные объекты. Мировой опыт использования данного вида георесурса это доказывает. Использование выработанного пространства горных предприятий, расположенных вблизи центров агломераций, в значительной степени улучшит среду обитания человека, позволит сохранить природный ландшафт и архитектурно-исторический облик городов, сгладить остроту экологических проблем в регионах.

Однако оценка существующих техногенных горных выработок свидетельствует о низкой степени их пригодности. Именно поэтому, а также ввиду наличия абсолютно конкретных требований, предъявляемых к объектам капитального строительства, целесообразен стратегический подход к освоению недр земли вблизи центров агломераций. Этот подход должен заключаться в раскрое месторождений полезных ископаемых с учётом как условий залегания и морфологии рудных тел, так и последующего использования выработанного пространства под объект конкретного назначения с заданными размерами. Поэтому обоснование технологии открытой разработки месторождений, обеспечивающей эффективное использование выработанного пространства горнодобывающих предприятий, является актуальной научно-практической задачей.

Значительный вклад в научное обоснование технологических решений в области освоения недр отражен в работах отечественных ученых.

Глава 1

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1. Краткая характеристика месторождений известняка и анализ современного состояния сырьевой базы

Карбонатные породы разнообразны по своему вещественному составу, подразделяются они в зависимости от содержания в них кальцита и доломита и от их соотношения. Существуют следующие разновидности карбонатных пород: известняк, мрамор, доломиты, мергель и магнезит [1]. В нашей стране известняки имеют весьма широкое распространение. Во многих районах их запасы практически неограниченны. Геологический разрез характерных месторождений известняка приведен на рис. 1.1 [2].

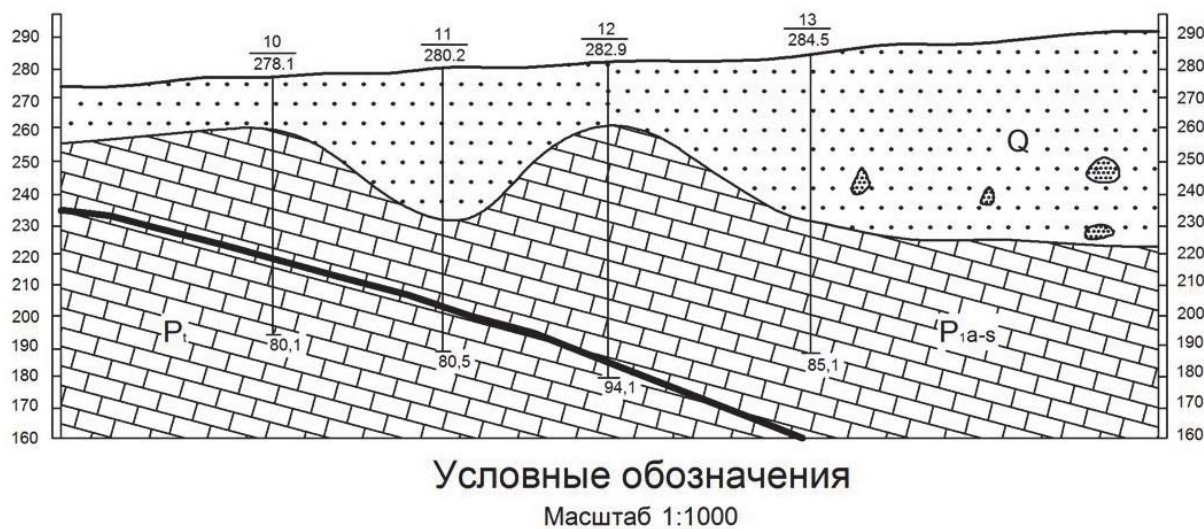


Рис. 1.1. Типовой геологический разрез месторождения известняка [2]:

$\frac{10}{278.1}$ – номер скважины; – абсолютная отметка;	Q – четвертичные отложения;	– глины с обломками карбонатных пород;
P_t – отложения ассельского яруса нижней перми;	– известняк;	
P_{1a-s} – отложения карбонатных пород тастубского горизонта сакмарского яруса нижней перми;		
\perp – глубина скважины;	– граница между литологическими отложениями	

Из зарегистрированных Геологическим фондом 2500 месторождений нерудных полезных ископаемых с общими балансовыми запасами около

14 млрд м³ на долю карбонатных приходится более 1100 месторождений, из которых 60 % приходится на известняк. Многие месторождения недостаточно разведаны, изучены и не учтены в балансовых запасах [3].

Среди карбонатных пород особенно широко распространены известняки. Месторождения их, как правило, весьма удобны для открытых разработок, так как расположены вблизи крупных городов, а также в сельскохозяйственных районах.

Известняк – широко распространённая осадочная горная порода. Состоит в основном из кальцита (CaCO₃) или кальцитовых скелетных останков организмов часто с примесью минерала доломита, глинистых и песчаных частиц. Чистый известняк имеет белый или светло-серый цвет [4].

Залежи известняков встречаются среди отложений всех геологических систем: от докембрийских до четвертичной. Наиболее интенсивное образование известняков происходило в силуре, карбоне, юре и верхнем мелу. Мощность толщ известняков может быть несколько сантиметров, а иногда они образуют залежи большой толщины до 5000 м.

Пласты известняков обычно тянутся на большие расстояния, измеряемые сотнями километров, при этом известняки в одном каком-либо месте не всегда одинаковы по составу во всей своей толще. Месторождение известняков обычно состоит из отдельных пластов, отличных по своим качествам, плотности, мощности и составным частям. Пласты известняка иногда чередуются с пластами глин, песков и других горных пород.

При своем образовании известняки чаще всего залежали горизонтально. В тех местах, где потом образовались земные складки – горные хребты и горы, – пласты известняков изогнуты, и в таких случаях они располагаются уже не горизонтальными, а наклонными пластами. Наклон пластов бывает различный в зависимости от характера образовавшихся гор.

Пласты известняков, находящиеся близко к поверхности, размываются речными и атмосферными водами. Местность, где на поверхность выступают размытые известняки, называется карстовой [5].

Большинство пластов известняка пронизано сетью больших и малых, горизонтальных и вертикальных трещин. Благодаря этим трещинам добыча известняка очень облегчается. По этим же трещинам при добыче известняка взрывом получают куски такой величины, какую они имели в природном залегании до взрывных работ. Трещины в известняках обычно заполнены глиной, песком, мергелем и другими вмещающими породами. Причины образования трещин в известняках недостаточно изучены. Считается, что они могли получиться от высыхания, изменения давления, а также температурных воздействий [5]. На территории Российской Федерации преобладают известняки средней и высокой прочности (от 30 до 200 МПа и выше).

Известняки используются в строительстве, производстве извести, цемента и силикатного кирпича, в химической промышленности, в сахарном производстве и так далее.

Увеличение темпов строительства ведет к тому, что города все острее нуждаются в строительных материалах, сырьем для которых служат карбонатные породы, в частности для производства цемента необходим известняк. Например, предприятие по производству цемента ООО «Красноярский цемент» имеет производственную мощность завода 1 млн 100 тыс. т цемента в год. Сырьевой базой для данного предприятия служит Торгашинское месторождение известняков и Кузнецовское месторождение глин, расположенные в непосредственной близости от предприятия.

Вся цементная промышленность России представлена 50 заводами по производству цемента общей мощностью 60 млн т. На рис. 1.2 представлена диаграмма производства и потребления цемента за последнее десятилетие [6].

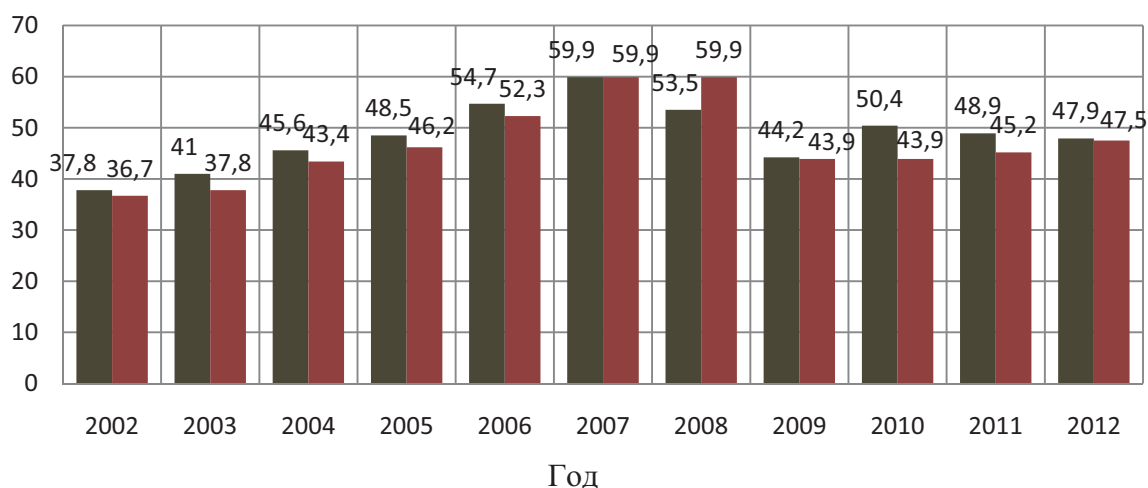


Рис. 1.2. Динамика изменения спроса и предложения цемента за 10 лет [6]:

■ – производство, млн т; ■ – потребление, млн т

По данным Росстата объем производства цемента в России увеличился за период с 2002 по 2007 г. в 1,6 раза.

Известь, получаемая путем обжига смеси известняков, является одним из необходимых компонентов в сталелитейном и агломерационном производствах. На рис. 1.3 приведена структура мировой добычи известняка за 2013 г. [7].

Известняк флюсовый является единственным видом основного флюса на российских металлургических заводах, представляющий собой природную форму минерала кальцита CaCO_3 . Чистый кальцит содержит 56 % CaO и 44 % SiO_2 . Флюсами называются добавки, вводимые в доменную и агломерационную шихту для снижения температуры плавления пустой

породы шихтовых материалов и придания доменному шлаку необходимого состава и физических свойств, обеспечивающих очистку чугуна от серы и нормальную работу печи.

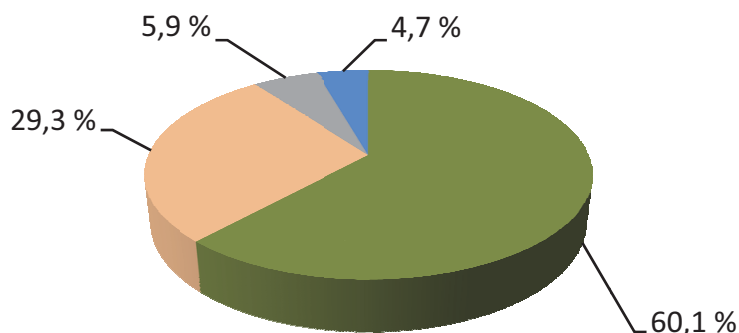


Рис. 1.3. Структура добычи известняка за 2013 г. в мире [7]:
 ■ – Китай; ■ – США; ■ – Индия; ■ – другие страны

Государственным балансом РФ в настоящее время учтены запасы 62 месторождений флюсовых известняков. Балансовые запасы флюсовых известняков по категории А+В+С1 составляют 6 657,4 млн т, категории С2 – 1 716,4 млн т; забалансовые – 70,2 млн т [3].

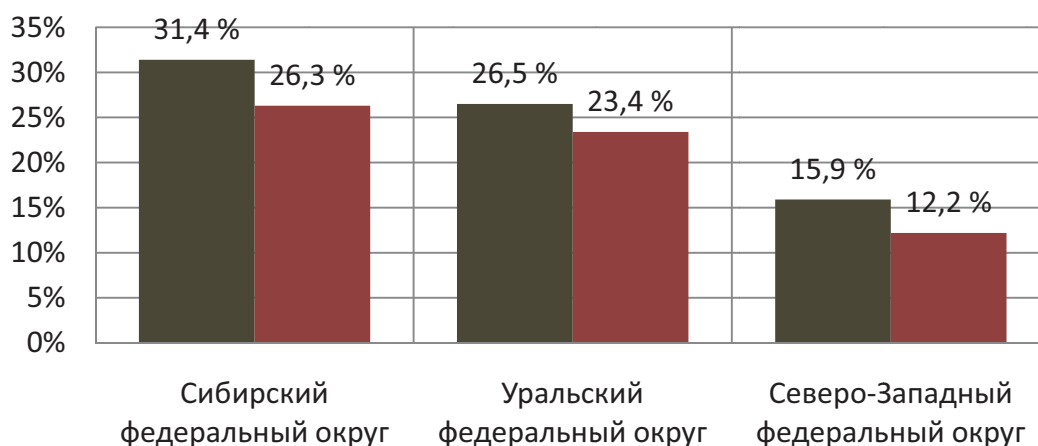


Рис. 1.4. Распределение запасов и добычи флюсового известняка по федеральным округам [8]: ■ – запасы; ■ – добыча

Количество запасов и добычи флюсового известняка в процентном соотношении по федеральным округам показано на рис. 1.4. К группе разрабатываемых отнесены 28 месторождений с балансовыми запасами известняков по категории А+В+С1 2 795,1 млн т, что составляет 42 % от запасов в Российской Федерации. На территории Сибирского федерального округа расположены 4 разрабатываемых месторождения флюсовых известняков. Наиболее крупными по запасам являются месторождения Ка-

рачкинское и Мало-Салаирское в Кемеровской области, а также Мазульское месторождение, расположенное в Красноярском крае.

К группе подготавливаемых к освоению отнесены 5 месторождений флюсовых известняков. В федеральном резерве находятся 29 месторождений флюсовых известняков с балансовыми запасами по категориям А+В+С1 2 901,2 млн т, что составляет 43,6 % от запасов в Российской Федерации [8].

Крупнейшие российские месторождения известняка (запасы свыше 100 млн т или млн м³) представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Крупнейшие месторождения России

Месторождение	Регион	Запасы, тыс. т	Область использования, качество	Степень освоения
Пронское	Рязанская область	657 980	Сырье для производства цемента	Гос. резерв
Сухореченское	Челябинская область	418 330	Флюсовые известняки: CaO – 50,5–55,2 %; SiO ₂ – 0,24–3,04 %	Гос. резерв
Урусовское	Тульская область	415 768	Флюсовые известняки: CaO – 52–55,8 %; SiO ₂ – 0,1 – 1 %; MgO – 0,3–1 %	Гос. резерв
Гальянское	Свердловская область	384 244	Флюсовые известняки: CaO – 55,3 %; SiO ₂ – 0,15 %; MgO – 0,51 %; P – 0,013 %	Разрабатывается
Аккермановское	Оренбургская область	376 303	Флюсовые известняки	Разрабатывается
Джегутинское	Карачаево-Черкесская Республика	352 269	Сырье для производства цемента	Разрабатывается
Чаньвинское (Костанокский участок)	Пермский край	333 253	Известняки для химического производства: CaO ₃ – 94,0 %; SiO ₂ – 2,5 %; MgCO ₃ – 4 %	Разрабатывается
Карачинское	Кемеровская область	322 818	Флюсовые известняки	Разрабатывается
Пикалевское	Ленинградская область	307 278	Флюсовые известняки: CaO – 53,6 %; SiO ₂ – 0,9 %; MgO – 1,4 %	Разрабатывается
Соломинское	Кемеровская область	306 129	Сырье для производства цемента	Разрабатывается
Мало-Салаирское	Кемеровская область	275 155	Флюсовые известняки	Разрабатывается
Храповицкое	Владимирская область	258 555	Сырье для производства цемента	Гос. резерв
		50 070	Строительные камни	Разрабатывается

В табл. 1.2 приведена характеристика месторождений, которые находятся в Красноярском крае и Хакасии [9,10].

Таблица 1.2

Месторождения карбонатных пород Красноярского края и Хакасии

Наименование месторождения	Объемный вес, т/м ³	Мощность полезного ископаемого, м	Мощность вскрыши, м	Запасы, тыс. м ³	Рельеф месторождения
Малокамалинское	2,5–2,7	41,8	5	757,4	Возвышенность
Саратахское	2,3–2,5	50	4,7	7 142	Среднегорный
Осиновское	2,0–2,2	60	5,2	661	Нагорный
Мазульское	1,9–2,5	100	5,7	161 900	Возвышенность
Подкамешек	2,6–2,7	45	1,4	67 000	Гора-залеж
Ербинское	2,7–2,8	18	0,5	1 230	Нагорный
Крутокачинское	1,3–2,1	61	4	1 028	Гора-залеж
Артемовское	2,6–2,7	45	2,3	2 390	Гора-залеж
Торгашинское	2,1–2,5	500	0,2–7,6	74 540	Нагорный
Рудничное	2,6–2,7	210	0–41	72 200	–
Подгорное	2,6–2,7	130	0,6–10	93 980	–
Гарьское	2,5–2,6	23	2	14 800	–

В целом по России достигнутый уровень добычи карбонатных пород, в частности известняков, обеспечен промышленными запасами на долгую перспективу. В связи с этим предпочтение в освоении должно отдаваться тем месторождениям, возле которых существует развитая инфраструктура. Это позволит после отработки запасов месторождения или его части использовать оставшееся выработанное пространство карьеров для строительства зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения.

1.2. Анализ современного состояния технологии горных работ при разработке месторождений известняка

Месторождения известняка имеют пластообразную или линзообразную, изометрическую форму залежей, и это оказывает существенное влияние на выбор технологии их разработки.

Технология имеет свои особенности, обусловленные небольшой мощностью вскрышных пород, которые представлены преимущественно рыхлыми, мягкими породами, песками и суглинками.

Известняк с коэффициентом крепости $f = 8$ по шкале проф. М. М. Протодьяконова относится к крепким горным породам, которые требуют предварительной подготовки массива к выемке буровзрывным, механическим или другими способами.

Горные предприятия во всем мире, которые ведут разработку месторождений известняка, подготовку горной массы к выемке осуществляют буровзрывным способом.

Однако буровзрывные работы имеют ряд недостатков. К ним относятся выделение больших объемов пылегазовой смеси, значительные затраты на бурение и на взрывчатые материалы, создание серьезных сейсмических и значительных шумовых нагрузок на прилегающие к карьеру территории, а также производство этих работ нарушает монолитность массива, влияя тем самым на устойчивость откосов уступов в карьере.

Производство взрывных работ на карьерах известняка приводит к неравномерному разрыхлению горной массы. Выход негабаритов при взрывных работах достаточно высок, и требуется последующее их дробление механическими средствами или взрывным способом.

Внедрение безвзрывной технологии разработки месторождений известняка с использованием в качестве выемочно-погрузочного оборудования карьерных комбайнов нового типа позволяет эффективно разрабатывать массивы с невысокой прочностью горных пород. Данная технология обеспечивает сокращение экологической нагрузки горного производства, позволяет увеличить полноту извлечения минерального сырья требуемого качества, снизить выход мелкой фракции и повысить безопасность работ.

Оборудование, используемое при безвзрывной разработке горных пород, по функциональному назначению может быть разделено на два класса, а по конструктивно-технологическим признакам на пять групп (рис. 1.5) [11].



Рис. 1.5. Оборудование для безвзрывной разработки массива горных пород на карьерах [11]

Бульдозер-рыхлитель разрушает скальные и мерзлые породы. Наибольший эффект достигается при рыхлении трещиноватых и слоистых пород.