

Министерство образования российской Федерации
Якутский государственный университет им. М. К. Аммосова
Нерюнгринский филиал

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО РЕГИОНА

Сборник научных трудов



Нерюнгри 2001

Министерство образования Российской Федерации
Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова
Нерюнгринский филиал

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО РЕГИОНА

Сборник научных трудов

Нерюнгри 2001

Редколлегия: председатель, д.т.н., профессор *Самохин А.В.*
зам. председателя, д.т.н., доцент *Гриб Н.Н.*
отв. секретарь, к.т.н., доцент *Шубин Г.В.*

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ И
РАЗВИТИЯ РАЙОНОВ

В материалах сборника научных трудов нашли отражение вопросы разведки месторождений полезных ископаемых и их разработки. Определенный интерес представляют отдельные материалы по вопросам строительства, энергоснабжения, надежности работы техники в условиях Республики Саха (Якутия). Несомненно, материалы сборника будут представлять интерес для широкого круга специалистов, занятых решением аналогичного круга задач на производстве.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Тематические работы последнего десятилетия позволяют охарактеризовать геохимию углей Южно-Якутского угольного бассейна на макроуровне среднепластовых проб (практически - товарных углей), а также на среднем уровне пластосечений и микроуровне дифференциальных проб типоморфных разрезом угольных пластов.

Вводную информацию о геохимии углей и представительности исследований на макроуровне среднепластовых проб можно получить, анализируя таблицу 1 и примечания к ней. Очевидно, что работой Отряда ядерно-физических методов радикально расширен перечень изученных элементов (63). Впервые для бассейна охарактеризованы почти все РЗЭ, уран, торий и многие другие элементы. Помимо технологической характеристики содержаний ценных, потенциально ценных и токсичных элементов в углях, впервые после работ Института Геологии Арктики начала шестидесятых годов получена содержательная геохимическая информация. Остановимся очень кратко, в рамках только текстовых возможностей настоящей статьи, на интерпретации результатов статистической обработки геохимической информации по среднепластовым пробам.

Статобработка количественных анализов на указанных пробах проводилась нами в трех выборках. Одна - по ЮЯУБ в целом и две - для АЧУРа и Эльгинского месторождения в отдельности. Схема обработки выборок примерно одинакова: рассчитывались оценки основных генеральных статистик случайных величин в программах STATUS и DELAN с построением гистограмм распределений; рассчитывались коэффициенты парной корреляции и ранговые Спирмена; рассчитывались уравнения регрессии типа $Y = Ax + B$; выполнялся факторный анализ в программе FACANS методом главных компонент в варианте R-модели, позволяющий снизить размерность рассматриваемого гиперпространства до реально воспринимаемого и объяснить природу и связи геохимических данных.

Внутривыборочное распределение элементов существенно определяется характером их связи с зольностью углей. Устойчивой связью на уровне значимости 0,05 характеризуются отношения зольности с содержаниями натрия, магния, алюминия, кремния, калия, скандия, ванадия, марганца, железа, никеля, меди, цинка, иттрия, циркония, ниобия, молибдена, серебра, олова, лантана и прочих РЗЭ, исключая содержания лютеция, свинца, тория, урана. Не связаны с зольностью содержания лития, бериллия, серы, хлора, кальция, титана, кобальта, стронция, цезия, лютеция, ртути. Прочие элементы, включая германий, с зольностью коррелируют сложно, что отражает их связь как с терригенной составляющей угля, так и с органической.

Наиболее явно сродство к органике демонстрируют сера, фосфор, титан, бериллий. В свою очередь сера значимо и прямо коррелирует с титаном, а обратную (отрицательную) связь обнаруживает с иттербием и лутецием. Фосфор прямо коррелирует с галлием и наиболее явно антагонизирует с кремнием. Если сравнить выделенную корреляционным анализом группу "терригенофобов-органофилов" с рядами сродства к углероду, полученными нами экспериментально, то свои места явных "органофилов" в ряду сродства сохраняют лишь бериллий и сера.

Наши исследования углей ЮЯУБ подтверждают выводы Я.Э. Юдовича, базирующиеся на изучении углей мира, о тяготении золообразующих элементов в определенные генетические группы: группу конституционной (растительной плюс гснерируемой при торфообразовании) золы; группу терригенной (не связанной химически с органикой) золы; группу эпидиagenетической золы, образующуюся вследствие процессов перераспределения элементов двух первых групп и элементов вмещающих горных пород и флюидов.

Долевое участие золообразующих элементов в выделенных группах золы меняется от пласта к пласту, а также внутри пластов. Для Южно-Якутских углей определяющим является состав терригенной золы, поэтому рост содержания большинства элементов в сухом угле хорошо увязывается с ростом зольности пластов. Конституционная зола, концентрирующая Be(18), Sc(4,7), Ce(4,1), Ge(3,7), V(3,2), Y(2,7), Ni(2,1), La(1,6), Sn(1,4), Cr(1,4), P(1,4), B(1,2) проявляет себя лишь на низкзолных (Ad < 12-13%) пластосечениях и пластах.

Матрицы коэффициентов корреляции дают полезную генетическую и технологическую информацию. Так, любопытно ведет себя кальций, имеющий значимые отрицательные корреляционные связи с Be, K, Zn, Ge, Th, U и положительными связи с частью иттриевых редких земель, а с тулием, иттербием и лутецием даже значимые. Отрицательные связи легко объясняются уменьшением содержания многих элементов с ростом карбонатности среды; объяснить прямую связь с иттриевым PЗЭ нам не удалось. Важно, с технологических позиций, отметить прямую корреляцию супердорогого скандия с зольностью, Be, Al, Si, K, V, Cr, Fe, Ni, Си, Ga, Ge, Nb, Sn, Cs, а особенно с PЗЭ, Th и U. Популярный германий устойчиво коррелирует с Be, B, Al, K, Sc, Ni, Ga, Ce, Hf, Pb, U, Th, а по отношению к индикативному W ведет себя индифферентно (R=0,07).

Факторным анализом в качестве первого фактора с вкладом в 27,8% выделяется группа терригенных макро - и микроэлементов с максимальной нагрузкой на фактор от зольности, Si, Al, Sc, V, Sn, большинства PЗЭ, U, Th. Во втором факторе (13,6%) максимально увеличена нагрузка "органофильных" элементов, кальция с минусом, и уменьшена нагрузка "терригенофильных"; фиксируется значимая отрицательная нагрузка иттриевых редких земель. Третий фактор со вкладом в дисперсию 7,9% объединяет Ni, Си, Zn, Na, Ca, V, Mn, Y, Zr, Ag, Dy, W, Hg, Pb.

Влияние PЗЭ и ассоциирующих с ними элементов в третьем факторе све-

дено к нулю. Возможно, в третьем факторе проявляется "отголосок" стратиформной минерализации рифея-фанерозоя, вероятнее всего вендского юдомия.

Четвертый фактор со вкладом 4,6% положительно нагружен Li, K, Be, P, Ge, Zr, Dy, Lu, Pb, а отрицательно - Sr, Ca, Fe. Его можно предположительно связать с рядовой германиевой и урановой минерализацией угольных пластов, инициированной слабыми гидротермальными процессами либо щелочным метасоматозом.

На двумерной диаграмме большими значениями фактора 2 и малыми фактора 1 выделяются "органотерригеннофобные" В, Be, Ga, Ge, Mo, S и другие. Как "терригеннофобные и органотерригеннофобные" локализуются Dy, Ca, Lu, Yb, Tm и, с допуском, Cr, Y, Cs, Na, Ba, Hg. Максимальные значения первых двух факторов ("органотерригеннофобность") характерны для U, Th, Pb, Al, K. На диаграмме 2 и 3 факторов хорошо разделяются цериевые и иттриевые РЗЭ. Группа условно "стратиформных" элементов локализуется на оси третьего фактора. К и Na ведут себя как антагонисты. На оси фактора 2 локализуется группа Ge, Ga, В, U, Be. Интерпретация факторного анализа по выборке достаточно неоднозначна, могут быть и другие варианты выделения групп элементов по типам барьеров, рН среды садки и другим признакам. Тем не менее, на макроуровне среднепластовых проб, охватывающих два угле-носных района и угольные пласты, формировавшиеся в течение длительного геологического времени, проведенную геологическую интерпретацию можно считать наиболее целесообразной.

Статобработка среднепластовых проб АЧУРа и Эльги дает результаты в целом схожие с таковыми для всего ЮЯУБ. Однако детальная работа с выборками проб ЮЯУБ, АЧУРа и Эльгинского месторождения выявляет много противоречий и загадок. Тем не менее, возможность корректных геохимических выводов есть. Остановимся на некоторых, имеющих практическую направленность:

- в АЧУРе статистически уверенно локализуется потенциально ценная ассоциация РЗЭ, выделенная ассоциация сохраняется и на Эльгинском месторождении;

- группа германия однозначно лучше локализуется в АЧУРе, а на Эльге она менее представительна и менее ценна в технологическом плане;

- на Эльгинском месторождении не фиксируется потенциально рудоносная U-K группа АЧУРа;

- на Эльгинском месторождении осеяземо присутствует ассоциация "вулканогенных" элементов, слабее проявляющаяся в АЧУРе (S, P, Cl, Sr, Hg).

Средние содержания элементов в углях Южно-Якутского угольного бассейна и углях на территории бывшего СССР по данным различных авторов за 1961 -1997 годы.

№№ п/п	Элемент	Содержания в граммах на тонну сухого угля									
		1961, 1967г. Кравченко В.М. Поляков Н.П.		1997 г. Швец В.Н. (среднепластовые пробы)		1996г. Жаров Ю.Н. и др.		1987г. Клер В.Р.		1985г. Юдович Я.Э. (каменные угли)	
		ЮЯУБ (от-до)	ЮЯУБ	Нерюн-гринское месторождение	ЮЯУБ	Нерюн-гринское месторождение	Каменные угли СССР	ЮЯУБ	ЮЯУБ	ЮЯУБ	ЮЯУБ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Литий		12	8.4**		25		6	25		
2	Бериллий	C-100	2.1	0.6	0.7	2.0	2.3	2.5	2.0		
3	Бор	C-20	8.1	4		55		80	55		
4	Фтор		159*	162**		110		100	110		
5	Натрий		2510	500							
6	Магний		2350	2560							
7	Алюминий		30040	18000							
8	Кремний		75820	35000							
9	Фосфор		120	553							
10	Сера		3510	1295		200		100	200		
11	Хлор		336	250?							
12	Калий		6260	700				150	1100		
13	Кальций		10250	6040							
14	Скандий	C-100	5.2	2.9	2.6	3	25	1.8	3.0		
15	Титан	20-2000	2170	810	1267	500	550	1600	500		
16	Ванадий	2-2000	12	5.1	8	31	14	30	31		
17	Хром	2-200	16	8.2	6	16	2	18	16		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Марганец	C-2000	200	130**	156	95	277	150	95
19	Железо		13510	8000					
20	Кобальт	C-100	12	1.7	1	5.2	2	5	5.2
21	Никель	C-100	6.3	11**	2	16	4	10	16
22	Медь	C-1000	15	9.4	7	18.5	4.7	10	18.5
23	Цинк	C-1000	23	15	28	22	19	35	22
24	Галлий	C-20	2.1	6.2	8	7	10	10	7
25	Германий	0.6-200	0.7	0.4	1	2.9	0.6	1.5	2.9
26	Мышьяк		7.4***	27**		20	2.5	25	20
27	Селен		<0.5	<0.5				5?	2
28	Бром		0.5-1000	0.5					
29	Рубидий		54?(до160)	13				17	16
30	Стронций	C-200	150	92	151	76		80	76
31	Иттрий	C-1000	21	3.8	4	6	2	10	6
32	Цирконий	20-1000	13	31	11.4	41	10.4	50	41
33	Ниобий	C-100	3.2	4.5	10	1.8	5.8	1.2	1.8
34	Молибден	C-100	1	0.5	0.5	3.0	2.5	2	3.0
35	Серебро	C-100?	0.03	0.03	0.02	0.4		0.1	0.4
36	Кадмий	C-2	<0.6**	<0.6**		0.6		0.5	0.6
37	Индий		<0.08**	<0.08**					
38	Олово	C-100	1	1.1	0.7	1	0.1	1	1
39	Сурьма		0.5*(до200)	0.4(до1900)		0.5-2		2?	0.5-2.0
40	Цезий		0.9-3.7	0.3(до600)?				1.5	0.4-2.0
41	Барий	C-40?	507	280	500	130		150	130
42	Лантан	C-200	15	9.3	6	1.5	5.2	1.5	
43	Церий	C-1000	36	17	30	3			
44	Празеодим			1.5					
45	Неодим		15	6.8					
46	Самарий		3.5	1.2					
47	Европий		0.6	0.3					
48	Гадолиний		2.8	1.7					
49	Тербий		0.5*	0.3					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	Диспрозий		2.9*	1.8					
51	Тулий		0.3	0.1					
52	Иттербий	C-100	1.8	0.5	0.2	0.8		0.9	0.8
53	Лютеций		0.26	0.1					
54	Гафний		2.6	3.8		0.1-0.3		0.5	0.1-0.3
55	Тантал		0.3	0.7		0.3?		0.2	0.3
56	Вольфрам	C-1000	29	7.5		2-6		1.5	2-6
57	Золото		<0.01**	<0.01		0.001-0.003		0.01	0.001-0.003
58	Ртуть		0.01	0.04				0.05	0.3
59	Таллий		<0.15	0.15		0.1?		0.5	0.1
60	Свинец	C-200	9.7	5.9	7	25	20	15	25
61	Висмут		<1	0.2	1.0			0.2?	
62	Торий		6.6	9.7		3.5			6.3
63	Уран		1.7	1.2		1-3		2?	1.3

*) Данные по части (20-90%) среднепластовых проб. **) Данные не по среднепластовым пробам (по объединенным, групповым начечным). ***) Данные эмиссионного спектрального анализа. С) следы элемента, определение ЭСА.

Среднепластовые характеристики содержаний элементов получены через количественный анализ (нейтронно-активационный, силикатный, атомно-абсорбиционный и т.п.) небольшого числа (84) групповых среднепластовых проб. Групповые среднепластовые пробы изготавливались по традиционной методике из групповых проб пластосечений со взвешиванием на мощность последних. Число пластосечений, объединяемых в среднепластовую пробу, колебалось от 2 до 242, составляя в среднем 23,8. Групповые пробы пластосечений готовились из пластово-дифференциальных проб со взвешиванием на мощность, зольность и объемную массу угля. Число дифференциальных проб, объединяемых в групповую пробу по пластосечению, колебалось от 1 до 38 (в среднем 6,5).

Сеть опробования, базирующаяся на 12890 дифференциальных пробах, 1970 групповых пробах пластосечений и 84 среднепластовых пробах, обеспечивает плотность опробования от 0,1 до 35,7 пластосечений на 1 квадратный километр; охватывает 84 (ундытканских, нерюнгриканских, кабактинских, дурайских) угольных пласта, которые содержат в сумме 61% балансовых запасов ЮАУБ (У20-Д2 участков Северо-Западный Эльгинского месторождения, "Мощный" и "Пятиметровый" Нерюнгринского, Право - и Верхне-Кабактинского, Перспективного, Олонгро, Локучакитского, Верхне-Талуминского, Комсомолка, Восточная площадь, Угольного, Нижне-Якоkitского).

*И.И. Сидоров, А.А. Сясько., В.В. Луценко., В.Н. Швец.
(ГГГП «Южякутгеология»)*

ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА УГЛЕХИМИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ПЛАСТАМ N16, N15, У4, У5 ЭЛЬГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В 1999 году нами завершено создание электронной базы данных по Эльгинскому каменноугольному месторождению. Уникальное Эльгинское месторождение в 1990-1997 годах изучалось ГГГП «Южякутгеология», в рамках детальной разведки Северо-Западного участка с целью подготовки его для промышленного освоения, возможно, с участием иностранного капитала. Поэтому создание электронной базы данных по объекту весьма актуально.

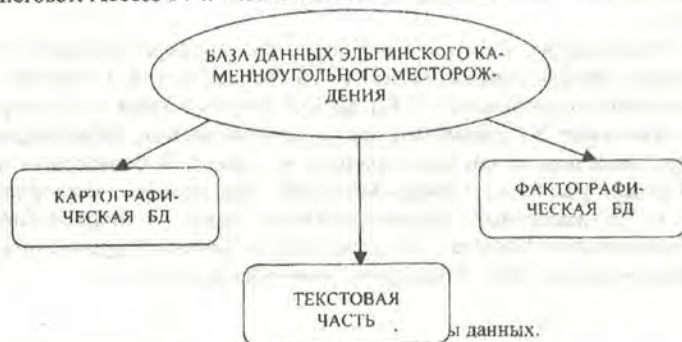
Источником информации для созданной базы данных являются материалы разведочных работ Эльгинской ГРП, прошедшие государственную экспертизу в ГКЗ в 1997 году.

Созданная база данных Эльгинского каменноугольного месторождения защищена на НТС ГГГП «Южякутгеология» и НТС Сахагеолком в г. Якутске в ноябре-декабре 1999 года в рамках отчета «Внедрение в «Южякутгеологии» автоматизированной обработки данных геологоразведочных работ на персональных компьютерах».

В данной работе решены следующие геологические задачи:

- создана фактографическая база по результатам аналитических работ на 19060 керновых и 4815 борздовых проб;
- созданы электронная геологическая карта месторождения масштаба 1:50000 и планы подсчета запасов угля и угольной массы масштаба 1:5000 по угольным пластам У4, У5, Н15, Н16 с автоматизированным подсчетом по ним запасов; кроме этого, представлены планы изоконцентратов углехимических и геохимических показателей и изолиний параметров угольных пластов.

Выполнена БД с помощью программ и сред разработки: ArcView версии 3.0, Microsoft Access '97 и Visual Basic.



Как видно из рисунка 1, БД состоит из трех частей: картографической, фактографической и текстовой.

Картографическая часть.

Картографическая часть (рис.2) выполнена в ГИС ArcView версии 3.0 с использованием встроенного языка Avenue, а также Visual Basic. Интерфейс этой части БД представляет собой стандартный интерфейс программы ArcView, дополненный оригинальными окнами (Visual Basic). Часть функций меню, кнопок и инструментов изменены с помощью Avenue и Visual Basic.

Картографическая часть делится на виды трех типов:

- геологическая карта месторождения 1:50000 масштаба, на которой представлена только геологическая информация, показанная в окне;
- пять видов планов 1: 5000 масштаба по угольным пластам Н15, Н16, У4, У5, У6, где по каждому пластосечению представлена информация по углехимии, геохимии (кроме У6) и углепетрографии, организованная в виде таблиц, привязанных к точечной теме «Скважины». Кроме того, по двум скважинам, для примера, подвязаны структурные колонки, представляющие собой графические файлы. Вся табличная информация иллюстрирована планами изоконцентрат и планами изолиний параметров пластов;
- четыре вида, являющихся планами подсчета запасов угольной массы и угля по пластам Н15, Н16, У4, У5 1:5000 масштаба, здесь информация также

представлена как в виде векторизованной авторской графики, так и таблично.

Каждый вид можно просмотреть и распечатать в нужном пользователю масштабе (но не крупнее исходного при векторизации).

Фактографическая часть.

Фактографическая часть базы данных (рис.3) выполнена в СУБД Access 97 в виде таблиц, включающих:

- результаты химико-аналитических исследований керновых (19060) и бороздовых (4815) проб;
- данные по геохимии дифференциальных проб типоморфных сечений скважин (2596) и бороздовых проб уклонов (300);
- средние параметры пластосечений по данным структурных колонок планов подсчета запасов (1618 пластосечений).

Структура фактографической части базы данных позволяет:

- просматривать данные по вышеперечисленным таблицам с применением фильтров по пластам и скважинам (быстрое обращение к данным по интересующему вас пластосечению);
- просматривать сводные таблицы по основным показателям качества углей (средневзвешенные значения зольности, влаги аналитической и выхода летучих, отчет по основным параметрам выдается в традиционном виде – в числителе минимальное и максимальное значения, в знаменателе среднее значение и количество определений);
- просматривать гистограммы зольности, влаги аналитической и выхода летучих по пластосечению и по скважине в целом;
- просматривать гистограммы геохимических данных по пластосечению;
- все данные могут быть выведены на печать или же сохранены во внешних файлах в удобных для дальнейшей обработки форматах.

Таблицы данных организованы таким образом, что пользователь может:

- редактировать уже имеющиеся данные;
- пополнять базу новыми данными;
- при минимальных навыках работы в программе Access манипулировать данными в нужных сочетаниях фильтров;
- пополнять пользовательский интерфейс программы новыми формами.

Текстовая часть.

Текстовая часть БД является пакетом геологической информации и имеет структуру и организацию стандартного HELPa. В текстовой части БД содержится необходимый минимум информации для лиц, принимающих решения.

Заключение.

Данная электронная база данных может быть полезна как для инвесторов, интересующихся Эльгинским каменноугольным месторождением, так и для геологоразведчиков при продолжении геологоразведочных работ. Организация базы данных позволяет осуществлять ее наращивание.

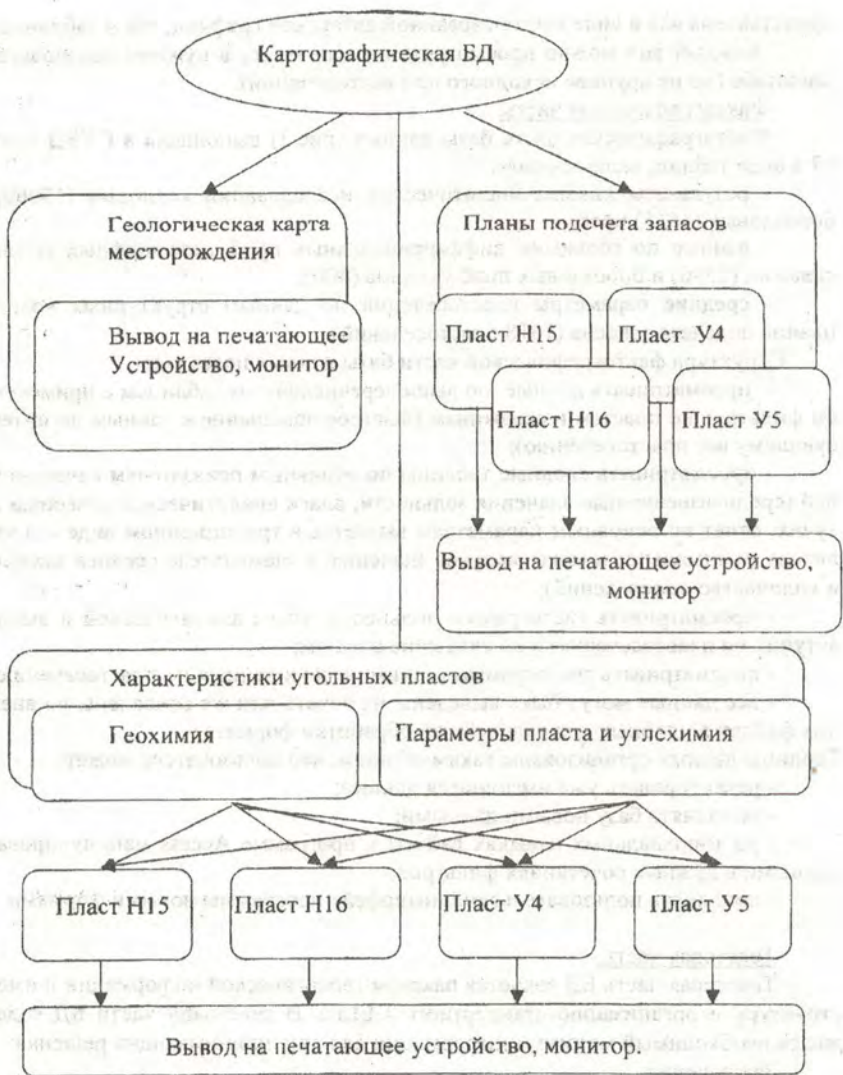


Рис. 2 Схема картографической части

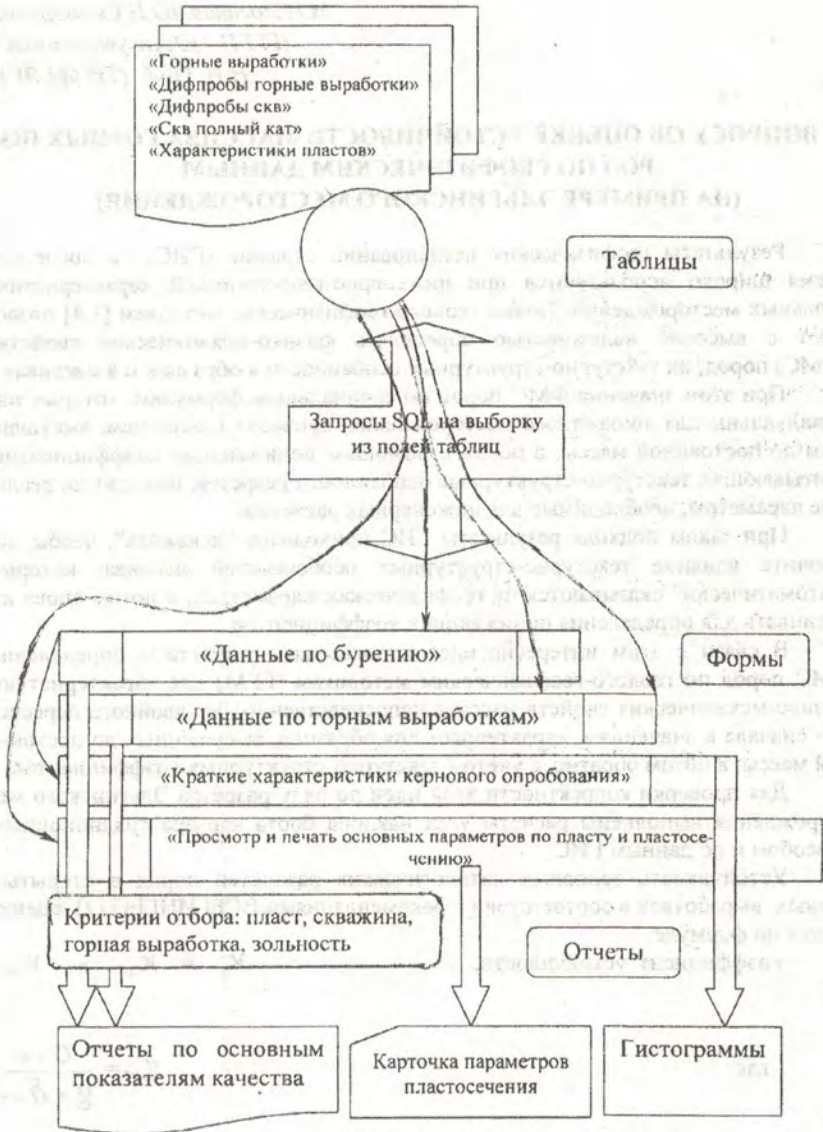


Рис.3 Схема фактографической части

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЬГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Результаты геофизических исследований скважин (ГИС) в последнее время широко используются при инженерно-геологической характеристике угольных месторождений. Новые геолого-геофизические методики [1,4] позволяют с высокой надежностью определять физико-механические свойства (ФМС) пород, их текстурно-структурные особенности в образцах и в массивах.

При этом значения ФМС пород по специальным формулам, которые индивидуальны для конкретного месторождения, приводят к образцам, высушенным до постоянной массы, а потом с помощью понижающих коэффициентов, учитывающих текстурно-структурные особенности разрезов, выходят на реальные параметры, необходимые для инженерных расчетов.

При таком подходе результаты ГИС приходится "искажать", чтобы исключить влияние текстурно-структурных особенностей массива, которые "автоматически" сказываются на геофизических параметрах, а потом снова их оценивать для определения понижающих коэффициентов.

В связи с этим интересна идея использовать результаты определения ФМС пород по геолого-геофизическим методикам (ГГМ) для характеристики физико-механических свойств массива непосредственно, без двойного пересчета - сначала к значениям, характерным для образцов, высушенных до постоянной массы; а потом обратно, с учетом текстурно-структурных коэффициентов.

Для проверки корректности этой идеи по ряду разрезов Эльгинского месторождения выполнены расчеты угла наклона борта карьера традиционным способом и по данным ГИС.

Устойчивость основных литологических разностей пород в открытых горных выработках в соответствии с рекомендациями ВСЕГИНГЕО [2] оценивается по формуле:

$$(1) \quad \text{коэффициент устойчивости,} \quad K_y = K_{ур} \times K_{пр},$$

$$(2) \quad \text{где} \quad K_{ур} = \frac{\sigma_{сж}}{g \times \delta_{пм}},$$

коэффициент, учитывающий напряженное состояние горных пород в массиве;

$K_{тр} = q \times L$ - коэффициент трещиноватости;

$\sigma_{сж}$ [МПа] - предел прочности при одноосном сжатии пород, высушенных до постоянной массы;

$\delta_{пм}$ [т/м³] - плотность пород, высушенных до постоянной массы;

$g = 9.8$ м/с² - ускорение силы тяжести;

q - коэффициент структурного ослабления за счет трещиноватости;

L - коэффициент тектурного ослабления за счет слоистости;

По коэффициенту устойчивости [2] породы делятся на весьма неустойчивые ($K_y < 0.5$), неустойчивые ($K_y = 0.5-1$), относительно устойчивые ($K_y = 1-1.5$), устойчивые ($K_y = 1.5-2$) и весьма устойчивые ($K_y > 2$). В результате проведенных расчетов все породы, за исключением конгломератов, характеризуются устойчивым состоянием, конгломераты - относительно устойчивым состоянием.

Так как вмещающие породы достаточно однородны в плане и в разрезе по своим прочностным свойствам и в настоящее время не выявлено неблагоприятно ориентированных разломов и тектонических трещин большой протяженности, то при расчетах использовалась методика Г.Л. Фисенко [5] по схеме однородного откоса по формуле :

$$H_{90} = K_y \times \frac{2 \times C_{пм}}{\delta_{пм} \times g} \times \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2), \quad (3)$$

где H_{90} [м] - высота максимального вертикального уступа;

K_y - коэффициент устойчивости;

$C_{пм}$ [МПа] - сцепление;

φ , [град] - угол внутреннего трения;

$\delta_{пм}$ [т/м³] - плотность .

Величины C и δ приводятся для образцов, высушенных до постоянной массы. Коэффициент устойчивости кроме физико-механических характеристик зависит от коэффициентов структурного (q) и тектурного (L) ослабления:

$$K_y = f(\sigma_{сж}, \delta, q, L),$$

Так как влияние трещиноватости, структурных и тектурных особенностей на величину геофизических параметров происходит автоматически, то при использовании ФМС пород, определенных по данным ГИС, нет необходимости оценивать значения коэффициентов q и L , тогда формула (3) приобретает вид:

$$H_{90} = K'y \times \frac{2 \times C_{(e)}}{\delta_{(e)} \times g} \times \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2), \quad (4)$$

где $K'y = f(\sigma_{сж}, \delta,)$,

δ_e - плотность при естественной влажности.

$\sigma_{сж(e)}$ - предел прочности при сжатии для образцов с естественной влажностью.

Для центральной части месторождения составлен усредненный типичный разрез Северо-западного участка [3] и для него рассчитаны высоты уступов и углы наклона борта карьера (рис.1) с использованием ФМС пород, определенных как лабораторными методами, так и с использованием данных ГИС. Расчетные характеристики физико-механических свойств пород усреднялись пропорционально мощности отдельных литологических разновидностей, начиная от подошвы пласта H_{15} . Высоты уступов брались по геологической колонке на всю мощность межпластьев и колебались от 29 до 78 м, углы откосов изменялись при этом от 73 до 90 градусов. Угол наклона борта карьера в зависимости от глубины менялся от 87° на уровне верхнего пласта U_{20} до 42° в почве пласта H_{15} .

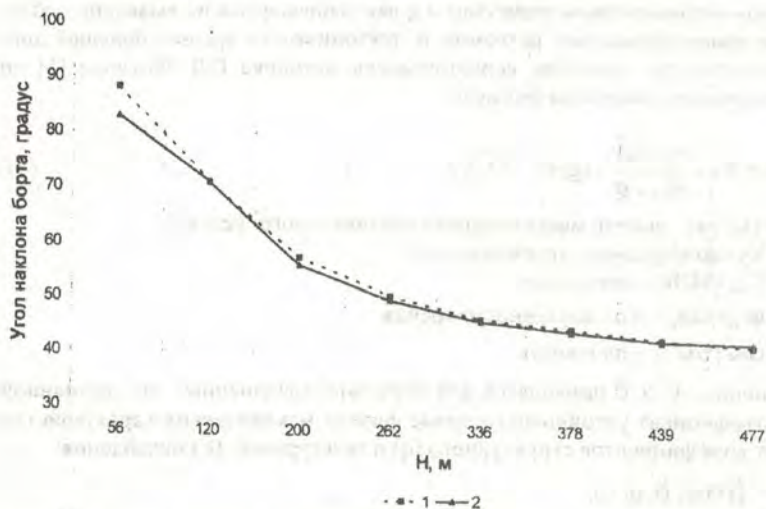


Рис.1. Зависимость углов наклона борта карьера от его глубины для типичного усредненного разреза Северо-западного участка Эльгинского месторождения

1- зависимость рассчитана по ФМС пород по данным лабораторных испытаний. 2- зависимость рассчитана по ФМС пород по данным ГИС.

Различие в углах наклонов, рассчитанных по традиционной методике и по данным ГИС, незначительно: абсолютная средняя квадратическая погрешность - 1.36 ± 0.22 град., относительная средняя квадратическая погрешность -

2.5%, что свидетельствует о достоверности результатов, полученных по данным ГИС.

Аналогично произведены расчеты угла наклона борта карьера для обобщенного разреза Северо-западного участка Эльгинского месторождения. Обобщенный разрез составлен на основе процентного содержания основных литологических разностей Северо-западного участка месторождения с учетом угольных пластов и породных прослоев. Результаты расчетов представлены на рис.2.

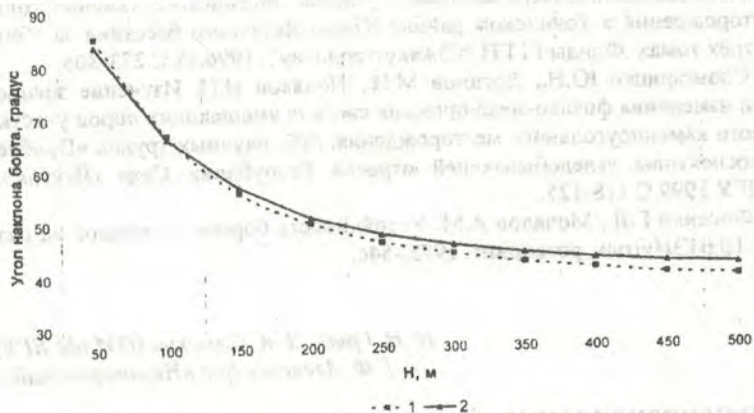


Рис. 2. Зависимость углов наклона борта карьера от его глубины для обобщенного разреза Северо-западного участка Эльгинского месторождения

1- зависимость рассчитана по ФМС пород по данным лабораторных испытаний. 2- зависимость рассчитана по ФМС пород по данным ГИС.

В заключение отметим:

- предлагаемая методика не требует при интерпретации каротажных материалов дополнительных усилий по учёту искажающего влияния текстурно-структурных особенностей разреза;

- более того, именно эти искажения и являются основными носителями информации, автоматически учитываемыми характерные особенности массивов пород;

- рассмотрена идея использования данных каротажа для непосредственных расчётов при прогнозах углов наклона бортов карьеров. На примере Эльгинского каменноугольного месторождения доказана корректность сформулированной идеи.

Литература:

1. Гриб Н.Н., Самохин А.В. Физико-механические свойства вмещающих пород Южно-Якутского бассейна. Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1999.-240с.
2. Методическое руководство по изучению гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений твёрдых полезных ископаемых. М.:Недра, 1986.-126с.
3. Поляков Н.П., Щербаков В.Я., Логинов М.И. и др. "Отчет о результатах детальной разведки Северо-западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Токинском районе Южно-Якутского бассейна за 1991-1996г" в трёх томах. Фонды ГГПП "Южякутгеология", 1996.т3 С.273-305
4. Скоморошко Ю.Н., Логинов М.И., Поляков Н.П. Изучение закономерностей изменения физико-механических свойств вмещающих пород участка Эльгинского каменноугольного месторождения. //сб. научных трудов «Проблемы и перспективы угледобывающей отрасли Республики Саха (Якутия)». Якутск: ЯГУ 1999.С 118-125.
5. Фисенко Г.Л., Мочалов А.М. Устойчивость бортов и отвалов на разрезах. М.: ЦНИЭИуголь, ротاپринт. 1975.-54с.

*Н. Н. Гриб, Д. А. Самохин ((ТИ (ф) ЯГУ)
Г.Ф. Алексеев (р-з «Нерюнгринский»)*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА БУРЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

На разных этапах освоения месторождений полезных ископаемых одно из ведущих мест принадлежит бурению. В стоимости горных работ доля бурения составляет от 30 до 70% общих затрат.

Основой современной технологии бурения скважин является механическое разрушение горных пород различными породоразрушающими инструментами, эффективность которого зависит от оптимального выбора параметров режима бурения и породоразрушающего инструмента.

В данной статье рассматривается методика прогноза параметров режима разрушения пород при бурении, которая учитывала бы разнообразие показателей физико-механических свойств (ФМС) массива горных пород.

В процессе бурения естественное состояние массива искусственно нарушается, что приводит к изменению некоторых его свойств, в том числе механических, среди которых основными являются упругие, прочностные и реологические. Для получения достаточно объективной информации о физико-механических свойствах горных пород как объекта разрушения при бурении,

интересующие нас показатели следует определять в обстановке максимально возможного приближения к реальной забойной [3].

Учесть все эти особенности можно лишь с помощью показателей физико-механических свойств пород, не искаженных релаксационными процессами, которые можно определять методом экспрессного опробования, изучая свежесподнятый керн непосредственно на скважине [1, 2].

Рассматриваемая методика прогноза параметров режима бурения горных пород механическими способами, включает в себя 6 этапов:

Первый этап - хронометражные наблюдения и регистрация параметров режима бурения.

Второй этап - поднятие керна на дневную поверхность без каких-либо временных задержек, оформление инженерно-геологической документации керна и привязка его к интервалам бурения и соответственно регистрация данной информации в журнале полевой документации и опробование керна.

Третий этап - изучение керна в специализированной полевой станции определения физико-механических свойств горных пород, предназначенной для экспрессного испытания керна по оценке следующих физико-механических свойств: скорости распространения ультразвуковых волн (V_p), предела прочности пород при растяжении (σ_p), магнитной восприимчивости (χ) и плотности пород (ρ). На этом этапе заканчиваются все необходимые полевые работы.

Четвертый этап - создание итоговой базы данных. Для этого создается общая база данных, в которую входят результаты натуральных наблюдений за параметрами режима разрушения горных пород при бурении и данные по испытаниям пород на физико-механические свойства. Из этой базы данных необходимо исключить те интервалы значений, в которых:

- механическая скорость бурения ниже средней;
- интервалы, в которых не производились по каким-либо причинам хотя бы одна из выше описанных операций;
- интервалы, во время бурения которых в значительной степени изменялись параметры режима бурения;
- интервалы, где по каким-либо причинам возникли осложнения процесса бурения или аварийные ситуации;
- интервалы, в которых наблюдалось повышенное поглощение промывочной жидкости или приток подземных вод.

Также надо заметить, что если проектом предусмотрено бурение несколькими видами породоразрушающего инструмента, то итоговые базы данных создаются отдельно для каждого вида инструмента.

Пятый этап - полученная база данных вносится в компьютер, при этом используется пакет прикладных программ для статистической обработки данных.

Нами был проанализирован ряд современных программ, служащих для статистической обработки данных, после чего наш выбор остановился на про-

грамме MS EXCEL., которую мы и рекомендуем. Далее выполняется многофакторный регрессионный анализ данных, который учитывает оптимальные параметры режима разрушения горных пород при бурении и совокупность физико-механических свойств горных пород. Выше изложенное позволяет получить эмпирические зависимости для расчета осевой нагрузки, частоты вращения колонкового снаряда и расхода промывочной жидкости следующего вида: $P = f(V_p, \sigma_p, \rho)$, $\omega = f(V_p, \sigma_p, \rho)$, $\eta = f(V_p, \sigma_p, \rho)$, где V_p - скорость распространения ультразвуковых волн; σ_p - предел прочности пород при растяжении; ρ - плотности пород; P - осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент; ω - частота вращения колонкового снаряда; η - расход промывочной жидкости.

Шестой этап - в зависимости от стадии геолого-разведочных работ проектом предусматривается бурение от нескольких десятков до нескольких сотен скважин. Поэтому для автоматизации составления геолого-технических нарядов на такое количество скважин будет целесообразно, полученные на этом этапе многомерные уравнения регрессии, запрограммировать в компьютер.

В рамках данной методики разработана программа «PROGNOZ», обеспечивающая оперативность в составлении геолого-технического наряда.

Для реализации данной программы выбрана объектно-ориентированная среда программирования высокого уровня Delphi 5.0, включающая в себя как мощное и быстродействующее ядро, необходимое для реализации столь сложных вычислительных алгоритмов, так и средства и инструменты, позволяющие более эффективно и наглядно представлять получаемую информацию. Программа поддерживает работу мыши, имеет удобный современный пользовательский интерфейс, а также снабжена мощной справочной системой.

На этапе составления алгоритма программы были предусмотрены специальные защиты от ошибочного или случайного ввода данных, что позволяет исключить случайные погрешности.

Достоверность прогноза параметров режима бурения оценивалась путем сопоставления экспериментальных данных с прогнозными (табл. 1 и 2).

Таблица 1

**Оценка достоверности прогнозных параметров режима бурения
(для твердосплавного породоразрушающего инструмента)**

Вид погрешности	Расчетные параметры режима бурения			
	P, кг	ω , об/мин	η , л/час	V_m , м/час
Число точек	70	70	70	70
Среднее значение показателей	575,7	247,4	34,9	7,1
Абсолютная средняя арифметическая погрешность	57,16	15,62	1,24	0,3
Абсолютная средняя погрешность	7,85	1,65	1,01	0,14

Относительная средняя квадратичная погрешность	11,43%	10,69%	12,94%	12,03%
Относительная средняя арифметическая погрешность	11,02%	16,74%	13,68%	14,82%
Критерий Стьюдента	1,7	1,72	1,4	1,3
Табличное значение критерия Стьюдента	2,22	2,5	2,05	2,5

Таблица 2

**Оценка достоверности прогнозных параметров режима бурения
(для алмазного породоразрушающего инструмента)**

Вид погрешности	Расчетные параметры режима бурения			
	P, кг	ω , об/мин	η , л/час	V_m , м/час
Число точек	36	36	36	36
Среднее значение показателей	989,44	308,94	40,00	9,08
Абсолютная средняя арифметическая погрешность	109,24	4,87	2,84	40,56
Абсолютная средняя погрешность	11,02	2,82	0,23	0,61
Относительная средняя квадратичная погрешность	11,18%	10,9%	10,6%	17,63%
Относительная средняя арифметическая погрешность	12,41%	11,55%	17,65%	15,78%
Критерий Стьюдента	1,75	1,1	1,47	1,8
Табличное значение критерия Стьюдента	2,22	2,5	2,05	2,5

Из табл. 1 и 2 следует, что результаты оценки точности и достоверности позволяют применять разработанную методику прогнозирования параметров режима бурения горных пород для инженерных расчетов в производственных условиях.

Литература:

1. Гриб Н. Н., Самохин А. В. Физико-механические свойства углевещающих пород Южно-Якутского бассейна. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. - 240 с.
2. Гриб Н. Н., Самохин Д. А. Изучение изменчивости физико-механических свойств горных пород, извлеченных из скважины, от времени пребывания на дневной поверхности // Материалы научно-практической кон-

ференции. "Образование, общество, прогресс". Мирный: Изд-во ЯГУ, 1999. С.89 - 90.

3. Самохин Д. А. Прогноз параметров и режимов бурения на Сылахском каменноугольном месторождении Южно – Якутского бассейна по результатам изучения физико – механических свойств горных пород // Известия вузов Сибири. Серия Науки о Земле. Иркутск: 1998. № 2-3. С.143 – 150.

М.Р. Фарбер (ЯГУ)

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ФИН ЮРСКО-БРИНДАКИТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Юрско-Бриндакитское рудное поле расположено в южной части Южно-Верхоянского синклиория. В строении рудного поля принимают участие песчано-глинистые породы нижней перми, смятые в ассиметричные складки субмеридионального простирания. Складки осложнены серией разрывных нарушений. Рудоносные кварцевые жилы рудного поля приурочены к повторяющимся в разрезе грубозернистым пачкам песчаников, разделенных пластами алевролитов, аргиллитов и глинистых сланцев. В тектоническом отношении рудное поле расположено на западном крыле Минорской зоны повышенной дислокации пород, разделяющей центральную и западную зоны Южно-Верхоянского синклиория. Максимальная деформируемость пород отмечается в зонах скалывания, формирующих системы чешуйчатых веерообразных с листрическим типом сместителей, причленяющихся к глубинному срыву, выделяемому в основании верхоянского комплекса.

Участок Фин приурочен к восточному крылу одноименной синклиальной складки, характеризующимся неоднородным строением. Построение рельефа крыла складки в изолонгах по методике П.А.Шехтмана (1965) позволило установить основные особенности его строения (рис. 1).

1. В строении рельефа складки преобладают грани (блоки, пластины) субмеридионального простирания (аз. падения $100-110^{\circ}$), отвечающие генеральному простиранию складки. Эти грани различаются между собой углами падения и связаны между собой последовательным переходом от крутых граней ($60-70^{\circ}$) до умеренно-крутых ($30-50^{\circ}$) и пологих ($0-10^{\circ}$) в замке складки.

2. На крыльях складки общее субмеридиональное простирание элементов рельефа складки осложнено наличием перегибов северо-восточного (аз. падения $120-140^{\circ}$) и северо-западного (аз.падения $290-310^{\circ}$) простираний. Эти зоны отвечают флексурным перегибам складки.

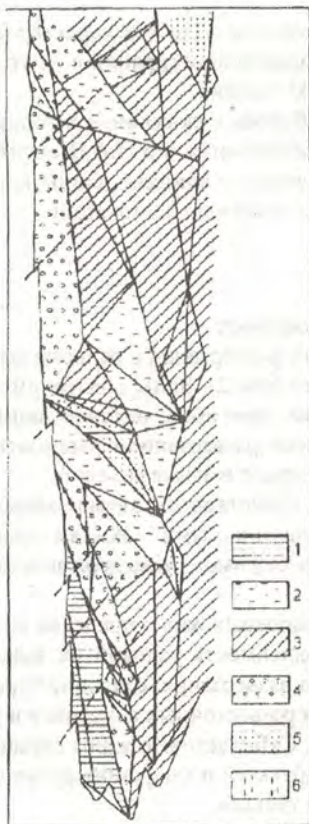


Рис.1. Проекция на горизонтальную плоскость элементов рельефа восточного крыла Финской синклинали. 1-6 – элементы залегания граней; 1-3 – грани субмеридионального простирания; 1 – крутые; 2 – умеренно-крутые; 3 – пологие; 4-5 – грани северо-восточного простирания; 4 – крутые; 5 – умеренно крутые; 6 – крутые грани северо-западного простирания.

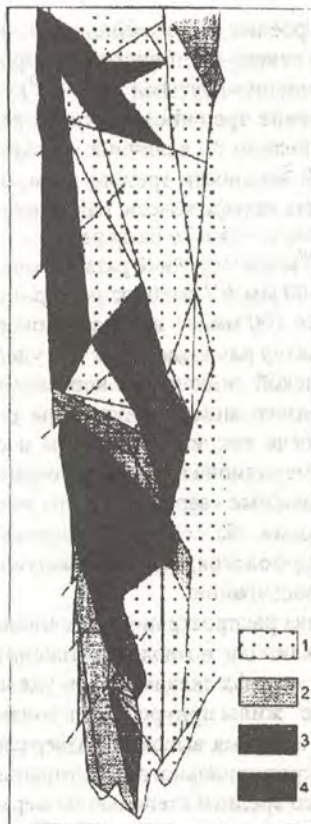


Рис.2. Распределение трещиноватости в восточном крыле Финской синклинали. 1-4 – участки с различной степенью разветвления; 1 – низкая; 2 – средняя; 3 – высокая; 4 – весьма высокая.

3. Строение осложняющих зон неоднородно. Для них характерно сочетание граней северо-восточного и северо-западного простираний с крутыми (50-60°) и умеренно-крутыми (40-50°) углами падения.

Изучение трещиноватости по керну буровых скважин и в горных выработках позволило по величине удельного разветвления (по П.А.Шехтману, 1965 - суммарной мощности трещин в мм, отнесенных к единице длины или площади) выделить четыре класса, различающихся степенью деструкции:

- I - 0-10 мм/м - низкое разветвление;
- II - 10-50 мм/м - среднее разветвление;
- III - 10-100 мм/м - высокое разветвление;
- IV - более 100 мм/м - весьма высокое разветвление

Характер распределения зон удельного разветвления в рельефе восточного крыла Финской синклинали неравномерный (рис.2). Зоны с высоким и весьма высоким разветвлением приурочены к зонам перегибов, осложняющих рельеф складки, тогда как зоны с низким и средним разветвлением располагаются на гребнях субмеридионального простирания в крыле и замке складки.

Рудоносные кварцевые жилы участка представлены двумя типами жил: а) субпластовыми; б) секущими "продольнолестничными". Жилам свойственна сложная морфология, наличие раздувов и пережимов, невыдержанность по падению и простиранию.

Анализ распространения основных кварцевых жил в пределах восточного крыла синклинали позволил установить зависимость условий их залегания от элементов рельефа складки и зон удельного разветвления. Секущие "продольнолестничные" жилы приурочены к зонам северо-восточных перегибов в участках с высоким и весьма высоким разветвлением. Субпластовые жилы связаны с гребнями субмеридионального простирания с крутыми и умереннокрутыми углами падения и со средней степенью разветвления трещин.

Установленная зависимость условий размещения оруденения от элементов рельефа складки и степени трещиноватости пород может способствовать повышению эффективности геологоразведочных работ в районах со сходной структурной обстановкой.

Г.Ю. Боярко (Томский политехнический университет)

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ БИРИКЭЭНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

Бирикээнская фосфатоносная площадь находится в пределах Анамжакского поднятия архейского кристаллического щита, в 25-40 км восточнее п. Чульман. Здесь на площади 230 км² обнаружены в процессе специализированных поисков урана месторождения Бирикээн, Левый Бурный, Чукурдан (рис.1).

Месторождение Бирикээн расположено в бассейне одноименного ручья и его правого притока. Рудное тело сложено породами фосфатоносной кайнозойской коры выветривания, развитыми по раннепротерозойским апатитоносным кальций-магниевым метасоматитам селигдарского типа в толще метаморфических образований федоровской свиты. Обогащенная фосфатами ленточная залежь имеет протяженность 9,2 км и ширину от 150 м до 620 м. Верхняя кромка залежи ограничена дневной поверхностью, нижняя – глубиной распространения коры выветривания (от 77 до 196 м, в среднем -135 м).

Фосфатоносными образованиями являются: апатит-силикатные метасоматиты, содержащие 1–3% P_2O_5 ; апатит-карбонатные метасоматиты (3–6% P_2O_5); апатит-франколит-слюдисто-полевошпатовые образования коры выветривания (до 30–40% P_2O_5). Первые два типа образований идентичны промышленным типам Селигдарского месторождения. Последний тип фосфатных руд ранее в Южной Якутии не выделялся. Фосфатоносные продукты коры выветривания представляют собой дезинтегрированную рыхлую массу, включающую обломки щебня и глыбы апатитоносных и безрудных пород. Отдельные блоки франколит-apatитовых руд, в основном в подошве коры выветривания, литифицированы за счет пропитки рыхлого материала франколитовым цементом (10% запасов). Соотношение апатита и франколита в руде - от 20:1 до 1:5, в среднем 5:1. Основную массу фосфатоносных продуктов выветривания составляют плевые шпаты (15–30%), кварц (12–20%), вермикулит и гидрофлогопит (12–31%), хлорит (0–5%), серицит (0–5%), гематит (4–6%), карбонаты (0–5%), диопсид (0–10%), цеолит (0–15%).

Оценка запасов и ресурсов Бирикээнского месторождения осуществлялась на основе кондиций ГКЗ для Селигдарского месторождения: борт P_2O_5 – 3%, минимальная мощность рудного интервала и безрудного просоя – 10 м. Всего по месторождению запасы и ресурсы составляют 64,2 млн.т P_2O_5 при среднем содержании 7,79% P_2O_5 и коэффициенте рудоносности 0,78. В северной части месторождения можно выделить локальный блок богатых фосфатных руд со средним содержанием 19,73% P_2O_5 , который включает 5,5 млн.т P_2O_5 .

Технологические испытания на обогатимость выполнены на 7 технологических пробах в ДВИМС (г. Хабаровск) и ГИГХС (г. Люберцы). Руды месторождения определены как труднообогатимые. В ДВИМСе были произведены опыты по изменению потребительских свойств полученного фосфатного концентрата. За счет механоактивации содержание лимоннорастворимой формы P_2O_5 в концентрате было повышено с 3–5% до 15–20%, в таком состоянии он может быть использован как готовый продукт – фосфорная мука.

В восточной части России всегда ставился вопрос об обеспечении сельского хозяйства Дальнего Востока собственным фоссырьем. Даже до 1991 года внесение фосфатных удобрений здесь не превышало 5% от рационального уровня. Кризис экономики заморозил развитие рынка фоссырья и в настоящее время проекты разведки и освоения месторождений с крупными запасами, но

бедными рудами мало реальны ввиду изменений масштабов цен на сырье, налогового законодательства и низкой платежеспособности потребителей.

Разведка Бирикээнского месторождения фосфатов также была прекращена вследствие кризиса. Однако имеющиеся данные позволяют рассматривать варианты его освоения, которые более оптимистичны по сравнению с проектом разработки близрасположенного Селигдарского месторождения апатита.

1. На Бирикээнском месторождении возможно сокращение начальных инвестиций за счет двухэтапного освоения объекта. Вначале производится добыча на богатом блоке северной части месторождения; его руды без обогащения могут быть реализованы как III сорт фосмуки, а с гравитационным обогащением — как I сорт. По такой же схеме возможно использование богатых руд остаточных корневых фрагментов месторождения Чукурдан. После ввода мощностей первой очереди и получения доходов от действующего производства, возможно инвестирование вновь полученных собственных средств в создание обогатительного комплекса второй очереди и вовлечение в добычу рядовых руд месторождений Бирикээн и Левый Бурный.

2. Условия разработки Бирикээнского, Лево-Бурного и Чукурданского месторождений исключительно благоприятны: расстояние до железной дороги, автодороги республиканского значения и ближайших линий электропередачи составляет 25–40 км, на их площади отсутствуют сельхозугодия и особо охраняемые территории; коэффициент вскрыши с учетом разноса бортов карьера не превышает 1,5; рыхлое состояние руд и вмещающих пород, легкая дробимость руд при отсутствии радиоактивного тория.

3. Ближайший платежеспособный рынок сбыта — Китай. Несмотря на то, что КНР занимает второе место в мире по добыче фоссырья, она же является главным мировым импортером удобрений. В 90-е годы с сельхозпредприятий Дальнего Востока в Китай по бартерным сделкам были вывезены все запасы минудобрений, включая лежалые и разложившиеся. Фосфатное сырье, в готовом для внесения в почву виде (фосмуке), является ликвидным и востребованным на китайском рынке товаром (в отличие от апатитового концентрата, требующего дальнейшей переработки). При улучшении экономического положения сельхозпредприятий Дальнего Востока России потребительский рынок фоссырья будет только увеличиваться.

4. Освоение Бирикээнской группы фосфатных месторождений с годовым производством до 1-2 млн. т фоссырья (фосфатного концентрата, фосмуки, плавленых кальций-магниевого фосфатов) может стать для Нерюнринского района Республики Саха-Якутия вариантом диверсификации горнодобывающей промышленности.

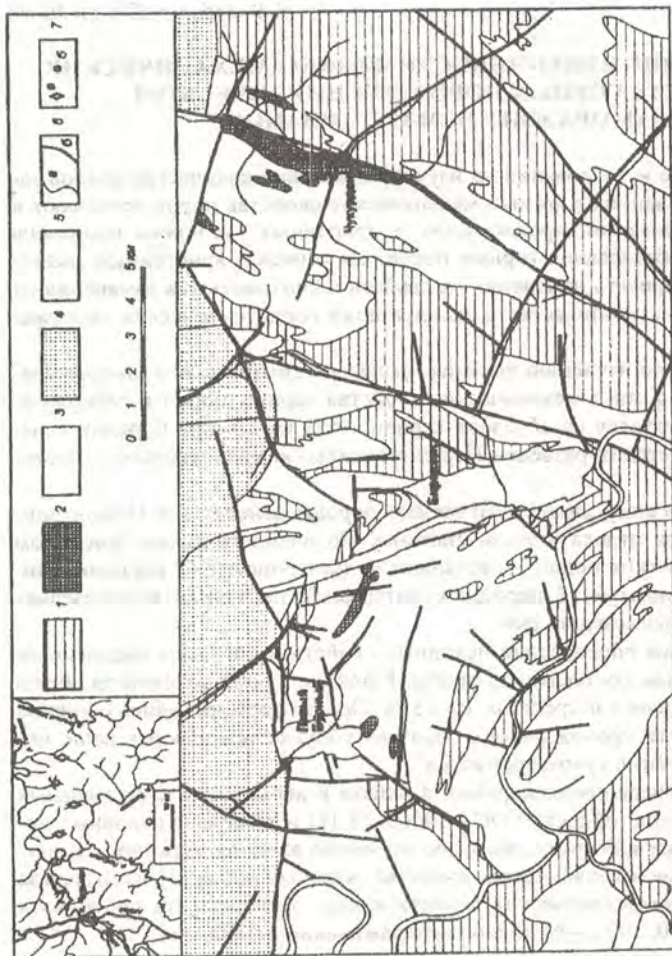


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Бирюзовской фосфоритной площади 1-2 метаморфические образования нижнего архая: 1 - верхнеалтаевский сланец (биогитовые, биогито-роговооблачные, дуги порослоновые гнейсы с прослоями халцедонов), 2 - феноритовый сланец (биогитовые, роговооблачные, дислокальные гнейсы с линзами халцедонов и мраморов); 3 - изоливертебско-риннертеросовские граниты и гранито-гнейсы; 4 - породы верхнего структурного этапа архая: песчаные, в подошву толщия мелкозернистый гнаис меласкии доломитов; 5 - рыхлые образования кайнозойской эры выветривания гелитито-фревалит-шпатит-гидросульфидно-кварц-полюконтитового состава; 6 - геологические границы (а) и разрывные нарушения (б); 7 - месторождения фосфоритных месторождений (а) и провалов (б) на склоне

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ-ОТТАИВАНИИ

Лабораторные исследования по изучению влияния количества циклов замораживания-оттаивания на физико-механические свойства пород позволяют в условиях интенсификации, протекающих в природных условиях процессов разрушения и преобразования горных пород, связанных с криогенным выветриванием, прогнозировать изменения их свойств и учитывать эти изменения на различных стадиях строительства и эксплуатации горнотехнических сооружений.

Эксперимент по изучению влияния процессов циклического замораживания-оттаивания на физико-механические свойства горных пород в лабораторных условиях проводился на образцах кернов, отобранных при бурении скважин, на детальной стадии разведки Нерюнгринского каменноугольного месторождения.

По геологическому разрезу изучаемые породы относятся к Нерюнгринской свите верхнего отдела юрской системы. По литологическим признакам было выделено три типа пород – песчаники мелкозернистые (3 породных интервала), среднезернистые (2 породных интервала), песчаники крупнозернистые и алевролит крупнозернистый.

По результатам определения исходных свойств и согласно выделенным породным интервалам составлялись пробы. Различие исходных свойств образцов в пробах находилось в пределах 10–15 %. Пробы формировались с учетом плотности и скорости прохождения в образцах упругих продольных волн, определяемых в абсолютно сухом состоянии.

Методика проведения эксперимента близка к испытаниям строительных материалов на морозостойкость ГОСТ 10060–88 [1] и включает основные положения, изложенные в Рекомендациях по изучению влияния морозного выветривания на состояние и механические свойства скальных пород [2]. Контроль за изменениями физико-механических свойств в ходе эксперимента проводился через 25, 50, 100, 200, 300 и 400 циклов замораживания-оттаивания.

Основные определяемые характеристики в эксперименте: прочность при сжатии и растяжении, акустические свойства пород, определенные для образцов, испытываемых в состоянии высушенных до постоянной массы пород, плотностные свойства пород, коэффициент пористости, «потеря массы» образцов.

В процессе эксперимента наблюдалась дифференциация степени дезинтеграции испытываемых образцов по литологическим признакам. Максимальные значения относительной «потери массы» образцов после 400 циклов замораживания-оттаивания составляют 5,4 % у мелкозернистых песчаников, и 4,5 % - у

среднезернистых, опробование которых производилось в интервале глубин до 85,0 м от земной поверхности. Для других литологических разностей значения относительной «потери массы» после 400 циклов замораживания-оттаивания колеблются в пределах 1,9–3,1 %. Особого внимания заслуживают крупнозернистые алевролиты, «потеря массы» которых уже после 100 циклов замораживания-оттаивания составила – 22,2 %. Дальнейшие испытания были прекращены, так как более 75 % образцов были разрушены и непригодны для определения прочностных свойств.

Исследования по оценке влияния количества циклов замораживания-оттаивания на прочностные свойства пород показали различный характер их изменения для испытываемых литологических типов (рис. 1). Прочность образцов песчаника, опробованных в интервале 0–85,0 м после 400 циклов замораживания-оттаивания снизилась в среднем на 60–65 %. Подобный характер изменения прочности отмечается у мелкозернистых песчаников, опробованных в интервале 244,0–294,5 м, и объясняется близостью этого породного интервала к кровле угольного пласта и, как следствие, относительно высоким содержанием мелкодисперсного углистого материала, предопределяющим подобные изменения прочностных свойств. Для крупно-, мелко- и среднезернистых песчаников, отобранных с более глубоких интервалов (83,5–224,0 м), снижение прочности при одноосном сжатии не превысило 40 %.

Максимальное изменение прочности пород при сжатии при минимальном количестве циклов замораживания-оттаивания наблюдалось для образцов крупнозернистого алевролита, где после 100 циклов замораживания-оттаивания снижение прочности составило 56 %.

Изменение прочностных свойств испытываемых песчаников при растяжении на цилиндрических образцах сжатием по образующей, в условиях циклического промораживания-оттаивания, во многом сходно с изменениями прочности пород при одноосном сжатии. В данном случае максимальное снижение прочности при растяжении (32 %) характерно для мелко- и крупнозернистых песчаников, соответствующих интервалам опробования 59,0–115,0 м. Для остальных литологических разностей эта величина составляет от 20 до 26 %. Максимальный процент снижения значений прочности при растяжении по окончании эксперимента наблюдается у крупнозернистого алевролита – после 100 циклов промерзания и оттаивания и оценивается в среднем 50 %.

Общей тенденцией в изменении прочностных свойств пород в ходе эксперимента является проявление максимальных снижений значений предела прочности пород при одноосном сжатии в интервале испытаний от 200 до 300 циклов замораживания-оттаивания.

Для литологических разностей, опробованных в интервале глубин 59,0–294,5 м, после 400 циклов замораживания-оттаивания скорость распространения продольных ультразвуковых волн при изменении коэффициента пористости от 2–3 % до 2,7–3,8 % уменьшилась в среднем на 200–900 м/сек. Изменение акустических свойств для интервалов опробования 13,5–59,0 м выражается в снижении средних по пробам значений скорости

жении средних по пробам значений скорости продольных волн для всех трех состояний на 500–650 м/сек – у алевролитов крупнозернистых и на 200–1200 м/сек – у среднезернистых песчаников при одновременном повышении значений коэффициентов пористости для обоих литотипов с 4,1 % до 6,2 %.

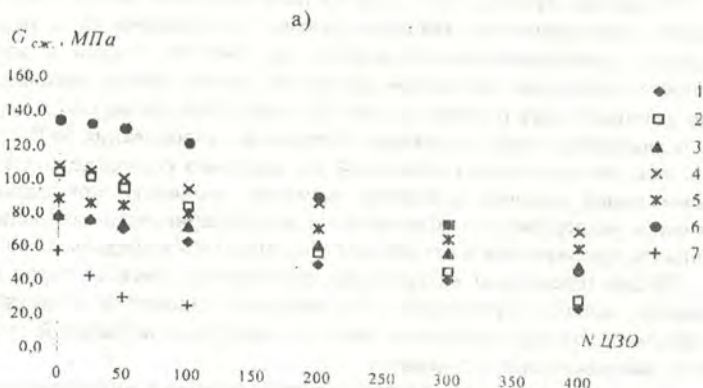
Изменения плотности пород имели место в пределах 0,5–1,5 %. В частности, максимальное снижение плотности песчаников, определенной в состоянии высушенных до постоянной массы пород, не превышает $0,02 \text{ г/см}^3$.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Снижение прочности основных литологических разностей углекисляющих пород, представленных песчаниками нерюнградской свиты, после 400 циклов замораживания-оттаивания составляет 40–60 %.

2. Влияние числа циклов замораживания-оттаивания на прочностные свойства пород соразмерно с изменениями значений скорости распространения упругих продольных волн в соответствии с их начальными значениями и коэффициентами пористости.

3. В условиях циклического замораживания-оттаивания минимальную степень разрушения характеризуются песчаники с мелкозернистой структурой, максимальной – алевролиты крупнозернистые и песчаники с включениями детрита и растительных остатков, приуроченные к кровле угольного пласта или близлежащим к поверхности литологическим горизонтам, подверженным действию глубоко проникающих процессов физического выветривания вследствие техногенного обнажения последних.



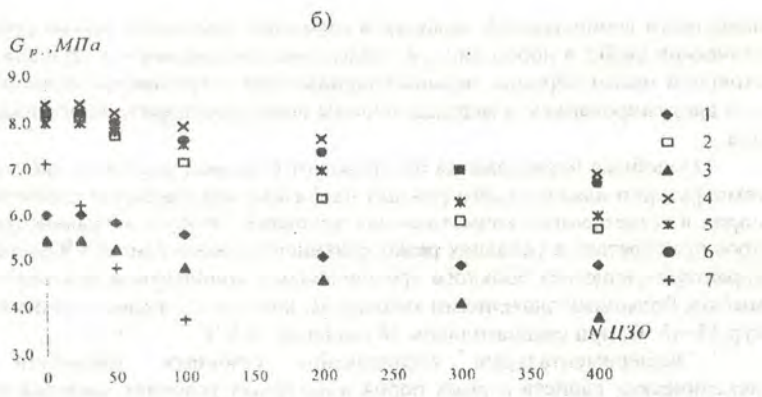


Рис. 1 Влияние числа циклов замораживания-оттаивания (N ЦЗО) на прочностные свойства песчаников.

а) прочность при сжатии; б) прочность при растяжении на цилиндрических образцах сжатием по образующей. Наименование пород: 1 – песчаник среднезернистый (13,5–43,0 м), 2 – песчаник мелкозернистый (59,0–83,5 м), 3 – песчаник крупнозернистый (83,5–115,0 м), 4 – песчаник мелкозернистый (115,0–173,5 м), 5 – песчаник среднезернистый (175,5–224,0 м), 6 – песчаник мелкозернистый (244,0–294,5 м), 7 – алеврит крупнозернистый (43,0–59,0 м).

Литература:

1. ГОСТ 10060.0-95. Бетоны. Методы определения морозостойкости. М.: Изд-во стандартов, 1995. С. 20–25.
2. Рекомендации по изучению влияния морозного выветривания на состояние и физико-механические свойства скальных пород. Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1989. – 68 с.

Н.Н. Гриб, А.В. Забелин (ТИ (ф) ЯГУ)

ГОДИЧНЫЙ ЦИКЛ ИЗМЕНЕНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕСЧАНИКОВ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Зависимость прочностных свойств горных пород от изменения их влажности и температуры испытаний общезвестна. Однако эти определения имеют

чаще всего лабораторный характер и отражают изменения прочностных и акустических свойств пород лишь в предельных состояниях – высушенные до постоянной массы образцы, водонасыщенные при естественном водопоглощении или вакуумированием в мерзлые породы после предварительного водонасыщения.

Подобные исследования не отражают в полной мере весь спектр влияния температурно-влажностного режима на физико-механические свойства горных пород в естественных климатических условиях. Особую актуальность этот вопрос приобретает в условиях резко континентального климата Южной Якутии, характеризующегося большим среднегодовым количеством осадков – 520–550 мм/год, большими значениями амплитуды колебаний среднемесячных температур 35–45 °С, при среднегодовом её значении -8,5 °С.

Экспериментальные исследования сезонных изменений физико-механических свойств горных пород в натуральных условиях выполнялись на образцах горных пород правильной формы, предназначенных для испытаний на прочность, согласно ГОСТ 21153.2-84 [1], 21153.3-84 [2], представленных тремя типами разнородных песчаников кабактинской свиты Чульманской впадины Алданского нагорья и приуроченных к кровле угольного пласта К-6.

В натуральных наблюдениях за сезонными изменениями физико-механических свойств пород контролировались следующие параметры: прочность горных пород при сжатии и растяжении встречными сферическими инденторами, скорость распространения продольных волн, естественная влажность горных пород, их температура при испытаниях. Определение сезонных изменений свойств песчаников проводилось при их естественной влажности и естественной температуре окружающего воздуха. Наблюдения выполнялись один раз в месяц в период с 1998 по 1999 год.

Соотношение влияния температуры и влажности на свойства пород в годовом цикле неодинаково и имеет ярко выраженный сезонный характер, в котором проявляется доминирующая роль одного из факторов в зависимости от времени года.

Наблюдения первого месяца показали значительное снижение прочностных свойств песчаников вследствие увеличения их естественной влажности в октябре. Предел прочности при сжатии в среднем снизился до 35 %, при растяжении встречными сферическими инденторами до 40 % (табл. 1). Состояние пород в этот период оценивается как предельно насыщенное при естественном водопоглощении, о чем свидетельствует увеличение значений влажности образцов песчаника в 1,5–2,5 раза. Активному насыщению песчаников водой также способствуют их относительно высокие коэффициенты пористости, значения которых изменяются в пределах 5,6–8,7 %.

Наблюдаемый период времени характеризуется интенсивным развитием процессов криогенного выветривания, то есть большим количеством переходов температуры через 0°С, что также способствует переувлажнению пород. Образование макро- и микродефектов в структуре песчаников, повышающих их по-

риность, а также периодическое возникновение гидравлического давления перед фронтом промерзания (гипотеза Науэрса) приводит к более глубокому проникновению воды внутрь образца, что, в конечном счете снижает прочность пород и увеличивает в них скорость распространения ультразвуковых продольных волн.

При интенсивном водонасыщении песчаников значительно возрастает и их плотность.

Глубокое охлаждение горных пород в зимние месяцы способствует их значительному упрочнению вследствие находящегося в них льда, оказывающего цементирующее действие. Испытания на прочность песчаников при сжатии и растяжении встречными сферическими инденторами, проведенные в ноябре и декабре, показали их увеличение по сравнению с предыдущим месяцем в 1,5–2,5 раза при сжатии и в 1,3–1,7 раза при растяжении. Наблюдения за изменением прочности песчаников, проведенные в январе при температуре испытаний -38°C , показали её увеличение при сжатии в среднем на 9–15 %, а при растяжении - от 2 до 21 % по сравнению с предыдущим месяцем.

Процесс упрочнения пород с понижением температуры более ярко выражается при испытаниях на прочность при сжатии. Вероятной причиной этого является то, что практически все осадочные породы, ввиду их слоистости, имеют выраженные анизотропные признаки. При кристаллизации льда вода, увеличиваясь в объеме на 9 %, упрочняет образец по основному направлению и одновременно разупрочняет по направлению слоистости, как наиболее слабому и имеющему большее количество дефектов в структуре образца. Увеличение прочности при глубоком охлаждении пород также возможно вследствие кристаллизации разных типов воды, имеющих различные температуры замерзания.

Изменение влажности песчаников в зимний период характеризуется резким её понижением в декабре и последующим менее интенсивным снижением в остальные месяцы, с минимальными значениями в феврале от 0,6 до 2,1 %.

Подобные изменения влажности связаны процессами сублимации льда в приповерхностной части образцов, что подтверждается значениями скорости распространения продольных волн в песчаниках, измеренными перед их испытанием на прочность. Снижение скорости продольных волн в образцах в зимние месяцы указывает на постепенное уменьшение количества льда в породе.

Повышение среднемесячных значений температуры и сильные радиационные оттепели в марте, приводящие к снеготаянию, способствуют насыщению образцов песчаника влагой. Замерзая в ночное время в породе, свободная вода активно разрабатывает микротрещиноватость и дефекты, приобретенные породой в осенне-зимний период, о чем свидетельствует повышение относительных значений влажности песчаника в среднем на 12 %.

Дальнейшее повышение среднемесячной температуры воздуха в апреле способствует интенсивному насыщению пород водой до состояния, близкого к насыщенному при естественном водопоглощении. Вследствие этого, наблюдается резкое уменьшение прочности песчаников, наряду с повышением скорости

продольных волн в образцах, указывающих на предельно водонасыщенное состояние. Переход среднесуточных температур в положительную сторону в мае обуславливает резкое снижение влажности пород, ввиду усиленного её испарения и заканчивающегося снеготаянием.

Наблюдаемый период времени (с июня по июль) характеризуется постепенным снижением влажности песчаников. В результате по прочности они постепенно приближаются к состоянию высушенных до постоянной массы пород, на что также указывают значения скорости продольных волн, измеренные в эти месяцы. Выпадение осадков в этот период предполагает возможные частые смены влажностных условий, которые в целом определяют снижение прочности пород при одновременном увеличении их плотности и скорости распространения в них продольных волн.

С увеличением количества осадков в августе и сентябре наблюдается постепенное снижение прочности пород и увеличение скорости продольных волн, ввиду избыточного увлажнения песчаников.

Результаты проведенного эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

1. Изменение прочностных и акустических свойств песчаников в течение года имеет выраженный сезонный характер и может достигать значительных величин 50–60 %.
2. В весенний и осенний период при максимальном увлажнении экспериментальные образцы имеют минимальные значения прочности и повышенные значения упруго-скоростных свойств. Начальный период зимнего сезона характеризуется упрочнением пород и максимальной скоростью распространения в них продольных волн. В дальнейшем с развитием процессов сублимации льда из стенок образцов в зимний период, их состояние характеризуется постепенным снижением прочности пород при одновременном уменьшении значений скорости распространения продольных волн. В летний период песчаники по прочности и значениям скорости продольных волн близки к состоянию высушенных до постоянной массы пород, изменение их свойств определяется сменной влажностных условий.

Литература:

1. ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения прочности при одноосном сжатии. М.: Изд-во стандартов, 1984. — 3 с.
2. ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения прочности при одноосном растяжении. М.: Изд-во стандартов, 1984. — 3 с.

Таблица 1

Годовой цикл сезонных изменений ряда физико-механических свойств
песчаников Денисовского каменноугольного месторождения

Наим. пород	Свойства пород	Месяцы												VIII	IX
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
мелкозернистый песчаник	$t_{ист.}, ^\circ C$	15	-1	-23	-25	-38	-24	-10	2	12	14	24	10	4	
	$W_{с.в.}, \%$	0,92	1,43	0,85	0,67	0,67	0,60	0,65	1,68	0,85	0,76	0,60	0,74	1,16	
среднезернистый песчаник	$\sigma_{сж.}, MPa$	66,9	47,8	81,1	84,5	92,0	86,8	77,6	44,7	55,9	65,6	66,8	64,2	52,4	
	$\sigma_{р.сф.}, MPa$	5,4	3,6	4,7	4,7	4,8	4,5	4,1	2,9	3,7	5,1	5,9	5,0	4,6	
крупно- среднезернистый песчаник	$V_p, м/сек$	3634	4030	4170	3670	3731	3536	3577	4070	3625	3582	3564	3652	3740	
	$W_{с.в.}, \%$	0,97	2,32	1,14	1,31	1,35	1,25	1,38	2,62	1,12	0,92	0,80	1,13	1,38	
	$\sigma_{сж.}, MPa$	57,3	36,4	66,6	67,4	69,6	62,7	49,3	38,9	43,2	54,0	54,3	49,8	38,4	
	$\sigma_{р.сф.}, MPa$	3,6	2,1	3,2	3,3	3,8	3,0	2,3	1,8	2,4	2,6	2,5	2,1	1,9	
	$V_p, м/сек$	3167	3740	4050	3300	3470	3346	3150	3940	3360	3150	3100	3250	3380	
	$W_{с.в.}, \%$	1,16	2,81	2,91	2,42	2,35	2,06	2,40	3,25	2,52	1,82	1,34	1,49	1,68	
	$\sigma_{сж.}, MPa$	24,0	13,8	35,0	35,9	41,2	32,6	21,7	10,2	17,6	21,4	26,0	17,3	11,7	
	$\sigma_{р.сф.}, MPa$	1,8	0,8	1,4	1,4	1,8	1,2	1,0	0,7	1,2	1,2	1,4	1,1	0,6	
	$V_p, м/сек$	2857	3201	3506	2390	2480	2110	2212	2663	2308	2089	2074	2204	2087	

Примечание: $t_{исп.}$ – температура испытаний; $W_{с.в.}$ – естественная влажность образцов песчаника; $\sigma_{сж}$ – предел прочности песчаников при сжатии; $\sigma_{р.сф.}$ – предел прочности песчаников при растяжении ветренными сферическими инденторами; V_p – скорость распространения ультразвуковых продольных волн в образце.

ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГОРНТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЬГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Эльгинское месторождение коксующихся и энергетических углей находится в Токинском угленосном районе Южно-Якутского бассейна и является крупнейшим на Дальнем Востоке. Его запасы для разработки открытым способом составляют 2.7 млрд. т., из них на наиболее угленасыщенном Северо-Западном участке – 2.1 млрд. т. Месторождение подготовлено для промышленного освоения на площади первоочередной отработки предварительно разведанного Северо-Западного участка с запасами 780 млн. т. В 1995 г. завершена его детальная разведка.

Неокисленные угли месторождения (80% запасов) относятся к коксующимся дефицитной марки «Ж», окисленные (20%) – к высококачественным, экологически чистым энергетическим.

Горно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации Эльгинского месторождения в целом благоприятные и оцениваются средней сложностью.

В геоморфологическом отношении месторождение представляет собой грядку северо-западного простирания, протяженностью около 20 км и шириной от 4 до 6 км. Относительные превышения водоразделов над днищами долин достигают 250 – 350 м.

В структурном плане мезозойские угленосные отложения образуют крупную брахисинклинальную складку, ось которой совпадает с осевой линией гряды. Углы падения пород на северо-восточном крыле складки 3-5 градусов, на юго-западном – до 10-15 градусов. На месторождении установлены редкие разрывные нарушения с амплитудами смещения от 12-18 м до 45-50 м.

В разрезе верхнеюрских и нижнемеловых пород, слагающих Эльгинскую грядку, выявлено 22 угольных пласта с рабочей мощностью 1.0 м и более, из которых 19 верхних пластов с мощностью от 2-3 м до 12-15 м (суммарная мощность пластов угля 57.2 м) имеют широкое площадное развитие и выходы на дневную поверхность по всему периметру месторождения. Мощности пород междупластий колеблются от 20-25 до 50-70 м. Благоприятные условия залегания угольных пластов, значительная их мощность и высокая угленасыщенность разреза определяют экономическую выгодность разработки Эльгинского месторождения открытым способом.

Углевмещающие породы, преимущественно песчаникового состава, характеризуются средней прочностью, сопротивление сжатию которых колеблется, по усредненным значениям, от 42 до 78 МПа и сопротивление разрыву – от 5,3 до 9.1 МПа. В разрезе вскрышных пород типично осадочного генезиса установлены маломощные (до 3-5 м) горизонты вулканогенно-осадочных пород, отличающиеся более высокими прочностными свойствами, по которым сопро-

тивление сжатию достигает 120-130 МПа и более. Преобладающие значения сцепления пород составляют 13-22 МПа, угол внутреннего трения колеблется от 32 до 36 градусов. Угли низкопрочные ($\sigma_{сж}$ – 3,8-5,5 МПа), породные прослой по сравнению с вмещающими породами также менее прочны ($\sigma_{сж}$ – от 10-20 до 45-55 МПа). По данным детальной разведки метаноносность угольных пластов при эксплуатации не превышает 5 м³/т угля. Эльгинские угли не склонны к самовозгорасмости, отличаются низкой пылеобразующей способностью. Невысокое содержание в углях влаги рабочей (2-5%) обуславливает их несклонность в рядовом виде к смерзанию и прилипанию как в процессе экскавационно – погрузочных работ, так и при транспортировке на обогатительную фабрику. Осложняющими факторами при эксплуатации будут такие, как: сложный характер расщепления мощных угольных пластов; наличие многолетнемерзлых пород и значительного напора (до 5-7 атм.) надмерзлотных вод при низких фильтрационных свойствах подмерзлотных горизонтов пород; наличие разрывных нарушений и зон повышенной трещиноватости пород на участках их влияния, которые отрицательно будут сказываться на устойчивости бортов карьера. По природным факторам, влияющим на устойчивость бортов карьера, Эльгинское месторождение относится, согласно классификации ВНИМИ [1], ко второй группе месторождений по прочности пород и ко второй подгруппе по сложности геологического строения. Вмещающие породы месторождения обладают прочностью достаточной для отстройки уступов высотой 30 м с углами откосов 67,5 градусов.

На подготовленном для промышленного освоения Северо-Западном участке объём вскрышных пород в контуре развития намечаемого к открытой отработке нижнего пласта составляет около 10 млрд. м³. Средний коэффициент вскрыши по участку составляет 4,1 м³/т угольной массы и 4,8 м³/т угля. При мощности углеразреза 15-20 млн. т угля в год минимальный коэффициент вскрыши, равный 1:2 – 1:3, обеспечивается в течение первых 15 – 18 лет работы предприятия, что обуславливает минимальные капвложения на добычу 1 тонны угля и является, наряду с высоким качеством углей, одним из важных преимуществ Эльгинского месторождения, создающим благоприятные экономические условия для его освоения.

Литература:

1. Методическое пособие по изучению инженерно-геологических условий угольных месторождений, подлежащих разработке открытым способом. Л.: Недра (ВНИМИ) 1986. – 113с.
3. Поляков Н.П., Щербakov В.Я., Логинов М.И. и др. «Отчет о результатах разведки Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Токинском районе Южно-Якутского бассейна за 1991-1996гг.» в трех томах, фонды ГТТТ «Южякутгеология», 1996. – 120с.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОИСКОВОЙ СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РА- БОТ.

Наращивание золотодобычи из коренных месторождений на юге Дальнего Востока в числе прочих причин сдерживается слабой минерально-сырьевой базой. Одним из путей ее укрепления должна стать постановка поисковой стадии ГРР на перспективных площадях, что позволит вовлечь в производственный оборот весьма значительные прогнозные ресурсы рудного золота.

Стадия поисков полезных ископаемых как производственный процесс – сложная развивающаяся геолого-экономическая система. Переход на интенсивный путь поисков полезных ископаемых, которые направлены на выявление и оценку их масштабных скоплений, невозможен без совершенствования научно-методических основ ГРР, включая принципы формирования минеральных объектов поисковой стадии.

Под принципами нами понимаются определенные правила или идеи, которыми субъект руководствуется для успешного достижения поставленных целей его деятельности, исходя из решаемых задач с учетом предъявляемых к ней требований и ограничений. Выполнение этих принципов обеспечивает соблюдение основного требования общественного производства – его максимальной эффективности и результативности [1].

Системный характер поисковых работ предполагает соответствующее ранжирование принципов их проведения. В качестве средства для ранжирования нами используется шкала, предложенная в работе [2], в рамках которой выделяются пять иерархических уровней: интегральный, субинтегральный, агрегатный и дифференциальный. Каждому из выделяемых уровней в технологическом плане отвечают стадии поисков и их элементы, которым в свою очередь соответствуют объекты приложения принципов проведения поисковых работ (табл.1).

Общеспециализированные поиски мы предлагаем отнести к интегральному уровню, которому отвечает укрупненный технологический (прогнозно-поисковый) комплекс, применяемый при региональных поисковых работах на золото, имеющих общий характер.

**Ранжирование принципов формирования золоторудных объектов
поисковой стадии геологоразведочных работ**

Ранг принципов формирования	Технологическое соответствие стадии поисков и ее элементам	Объект применения принципов формирования
Интегральный	Укрупненный общеспециализированный золотопоисковый технологический (прогнозно-поисковый) комплекс	Поисковые работы на золото общего характера
Субинтегральный	Поисковые специализированные технологические (прогнозно-поисковые) комплексы	Поисковые работы на рудное золото применительно к открытым, слепым и погребенным месторождениям
Квазиинтегральный	Поисковые узкоспециализированные технологические (прогнозно-поисковые) комплексы	Поиски золоторудных месторождений ведущих геолого-промышленных типов и их аналогов
Агрегатный	Поисковые технологические линии в составе прогнозно-поисковых комплексов.	Этапы стадии поисков на рудное золото: а) предпроектное прогнозирование; б) собственно поисковые работы; в) перспективная прогнозная оценка
Дифференциальный	Поисковые технологические методы.	Важнейшие вопросы изучения и прогнозирования геологического строения объекта, состава и параметров оруденения, закономерностей его размещения и проявления в поисковых признаках и связи с поисковыми предпосылками.

Технология проведения поисковых работ должна предусматривать особенности нахождения объекта в геологической среде, чем обусловлено проявление его в поисковых признаках. Важно разделять золоторудные объекты на вскрытые (открытые), то есть выходящие на дневную поверхность, невоскрытые (слепые) и погребенные месторождения. При этом поиски золоторудных объектов с учетом особенностей их нахождения следует рассматривать как специализированные и оценивать с позиций субинтегральных принципов. Этому уровню отвечают поисковые специализированные технологические (прогнозно-поисковые) комплексы на рудное золото применительно к вскрытым, невоскрытым и погребенным месторождениям.

Дальнейшее развитие специализации поисков на квазиинтегральном уровне должно происходить по пути их ориентации на известные или прогнозируемые геолого-промышленные типы золотого оруденения или его аналоги. Действующие на этом уровне принципы относятся к узкоспециализированным технологическим (прогнозно-поисковым) комплексам. Следуя принятому направлению ранжирования, принципы агрегатного уровня призваны служить оценке трех подстадий поисковых работ, а именно:

- прогноза и прогнозной оценки объекта для постановки поисковых работ;
- собственно поисковых геологоразведочных работ в пределах перспективных рудных полей;
- перспективной оценке выявленных скоплений полезного ископаемого с целью решения вопроса о целесообразности дальнейших ГРР.

Реализация этих подстадий в производственном аспекте отвечает технологическим линиям, из которых нами здесь рассматриваются две последние, поскольку прогнозирование и прогнозная оценка объекта поисковых работ, ввиду значительной общности этого этапа с подобными ему в составе других стадий ГРР, здесь нами не рассматривается.

Результативность поисковых работ в решающей мере зависит от их специализации. Ее степень зависит от объема знаний об объекте поисков, а также от возможностей средств и методов используемого прогнозно-поискового комплекса. Исходя из главной цели поисковых работ, в качестве основного руководящего правила для их проведения предлагается **принцип специализации**.

Подстадия *собственно поисковые геологоразведочные работы* проводится в пределах перспективных рудных полей с целью обнаружения масштабных скоплений полезного ископаемого, что достигается путем решения следующих основных задач:

- выявление признаков искомого полезного ископаемого;
- картирование этих признаков;
- выяснение геологических обстановок нахождения масштабных скоплений полезного ископаемого.

Для достижения главной цели этой подстадии необходимо выполнение ряда следующих принципов, в максимальной степени обеспечивающих их эффективность и результативность.

Рациональной нам представляется такая организация поисковых работ, при которой в начале находят применение методы, отличающиеся наименьшей трудоемкостью, но достаточной чувствительностью для первоначального выявления и картирования признаков полезного ископаемого или геологических обстановок его проявления. По мере необходимости они сменяются все более трудоемкими, но и более эффективными методами, что отвечает в нашем понимании *принципу последовательного приближения*.

На практике подтвердил свою действенность метод одновременного проведения поисковых работ с оптимальной детальностью по всей изучаемой площади потенциального рудного поля в сочетании с более детальными работами на отдельных его участках, обладающих по совокупности данных относительно повышенными перспективами. Реализующийся в этом случае *принцип выборочной детализации* (см:[2]) способствует перманентному переходу к последующей стадии изучения объекта в случае получения хороших результатов на участке детализации или к своевременному обоснованному прекращению поисков.

Предпосылкой для экономии сил и средств на поисковой стадии является использование субъектом ГРР предшествующего опыта. Методической основой для этого является установление элементов сходства геологического строения и рудоносности изучаемого объекта с другим ранее изученным объектом, который первоначально принимается в качестве эталона. При этом постулируется правило, согласно которому близкие по геологической обстановке и металлогенической специализации участки обладают значительными чертами сходства условий залегания, строения и состава заключенных в них полезных ископаемых. Это дает основание утверждать о возможном подобии свойств объекта-эталона исследуемому объекту и, как следствие, предопределяет большую вероятность правильного выбора методов начального опосредования в рамках *принципа аналогии*.

Подстадия перспективной оценки выявленных в процессе поисков скопленных полезного ископаемого проводится с целью решения вопроса о производственной значимости объекта и целесообразности постановки на нем дальнейших ГРР, что отвечает цели формирования минеральных объектов поисковой стадии.

Перед перспективной оценкой объектов поисков должны ставиться следующие основные задачи:

- определение границ распространения полезного ископаемого, в том числе на глубину;
- обоснование методики расчета прогнозных ресурсов полезного ископаемого;
- геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов категории.

Успешное решение задач, стоящих перед перспективной оценкой объектов поисковой стадии поисков, предполагает выполнение следующих принципов.

Получение разнообразной информации, обеспечивающей достаточно полную прикладную и научную характеристику формируемого минерального объекта, обусловлено перманентностью ГРР и значимостью материальных затрат на их проведение. Их снижение возможно посредством совершенствования научно-методических основ сбора, обработки и углубленного анализа информации в соответствии с *принципом полноты и комплексности* ее использования.

Успехи технологии извлечения полезных компонентов обусловили тенденцию снижения их содержания в добываемых рудах, что позволяет расширять границы и круг перспективных объектов из числа известных, а также выделять новые. Снижение спроса на минеральное сырье и продукты его переработки, усложнение условий добычи и другие факторы могут привести к переходу до того перспективных в неперспективные объекты. Необходимость учета влияния фактора научно-технического прогресса в области техники и технологии освоения недр на прогнозные оценки объектов поисковой стадии ГРР и, в некоторых случаях, на их существование подчеркивается *принципом относительности оценок*.

Очевидно, что невозможно получить более значимый в практическом отношении результат, чем тот, который может обеспечить изначально ориентированный на объекты определенного состава и параметров применяемый прогнозно-поисковый комплекс, ограниченный по объемам и возможностям методов и средств. В связи с этим *принцип соответствия* призван акцентировать деятельность субъекта ГРР в плане адекватности и соизмеримости результатов перспективной оценки минеральных объектов, с одной стороны, с целями, детальностью, применяемыми средствами и методами проведенных поисковых работ - с другой.

Необходимость в надежном определении прогнозных ресурсов и соответственно в оценке перспектив и значимости объектов прогноза обусловлена стадийностью ГРР, когда результат работ предшествующей стадии является основой для постановки следующей. Выполнение предлагаемого *принципа преемственности* призвано обеспечить эффективное продвижение рудоносного объекта к очередной стадии его производственного освоения. Основным показателем обеспечения преемственности является возможность осуществления качественного предпроектного прогноза, которая реализуется в обоснованных предложениях по проведению очередной стадии ГРР.

В заключение следует заметить, что предлагаемые принципы формирования золоторудных объектов являются исходными, что, по-видимому, должно активизировать их дальнейшую разработку и совершенствование как целевой системы в составе научно-методических основ поисковой стадии ГРР.

Литература:

1.Секисов Г.В. Минеральные объекты и их рациональное освоение.М.: Наука. 1994.-258 с.

А.Н. Прилуков (Институт горного дела ДВО РАН)

РЫНОЧНЫЕ РЕФОРМЫ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СВЕТЕ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕОРИИ РЕГИОНАЛЬНОГО МИНЕРАЛОПОЛЬЗОВАНИЯ

Одной из важнейших особенностей российского Дальнего Востока (РДВ) является высокий удельный вес в его народнохозяйственной системе горнодобывающей промышленности [2]. Поэтому весьма актуальной была и остается проблема эффективного освоения и использования минерально-сырьевого потенциала региона. Продолжающиеся рыночные реформы, в ходе которых наряду с другими характеристиками хозяйствования меняются виды добываемого сырья, методы его добычи, переработки и потребления, придают особую значимость комплексному и многоаспектному изучению связанных с этим вопросов.

Такого рода исследования, проводимые специалистами Института горного дела ДВО РАН, основываются на разрабатываемой теории регионального минералопользования, строящейся на ряде кратко перечисляемых ниже принципиальных положений [3].

1. Минералопользование, понимаемое как совокупность процессов поисков, разведки, добычи, переработки, первичного использования различных видов минерального сырья, обустройства месторождений и защиты окружающей среды от вредного воздействия горнодобывающего и перерабатывающего производства, представляет собой обширную развивающуюся область человеческой деятельности. Эта деятельность подчинена объективно действующим экономическим законам и, в частности, подвержена воздействию совокупности глобальных долговременных односторонне направленных либо взаимно противоборствующих факторов и тенденций.

Среди первых главенствующая роль принадлежит:

- 1) общемировому социальному, экономическому и научно-техническому прогрессу;
- 2) поступательным изменениям политической, экономической и демографической карт мира;
- 3) глобальному ухудшению экологической обстановки;
- 4) исчерпанию запасов полезных ископаемых, ухудшению горно-геологических и географических условий их разведки и добычи;
- 5) изменению структуры потребления, а вместе с тем и структуры производимой из минерального сырья промежуточной и конечной продукции.

Из различных дуалистичных тенденций на организации и эффективности процессов минералопользования в наибольшей степени сказываются:

- а) перемежающиеся фазы больших и малых экономических циклов;
- б) сменяющая одна другую приоритетность рыночного либо планового начала в управлении экономикой;
- в) движение к специализации либо диверсификации областей деятельности хозяйствующих субъектов;
- г) сужение либо расширение занимаемых конкретными фирмами рыночных секторов;
- д) укрупнение либо разукрупнение компаний.

Между многими из более чем шестидесяти выявленных факторов и тенденций [1, 5] достаточно четко прослеживаются причинно-следственные связи, действие которых обусловлено конкретными стечениями обстоятельств, складывающимися в данное время в стране и регионе. При этом к числу благоприятных для Дальневосточного региона могут быть отнесены:

- рост мировых потребностей в минеральном сырье и объемов его добычи;
- продолжающаяся смена номенклатуры и направлений использования минерального сырья;
- нарастающее истощение некоторых видов минеральных ресурсов в мире и сохранение их значительных объемов в регионе;
- прирост разведанных запасов определенных видов сырья на РДВ;
- наличие тенденции к перемещению добычи сырья в неосвоенные районы;
- рост популярности вахтового способа разработки месторождений;
- прогресс в создании и совершенствовании систем транспортировки сырья;
- продолжающаяся географическая диверсификация деятельности российских, зарубежных и транснациональных компаний;
- тенденция к перемещению производства сырья в регионы с повышенной концентрацией энергоресурсов, наличием условий для размещения отходов;
- нарастание озабоченности в мире экологическими проблемами, связанный с этим рост затрат компаний на охрану окружающей среды.

Вместе с тем на перспективах дальнейшего развития регионального минералопользования отрицательное или двойственное влияние оказывают (и в ближайшее время будут продолжать оказывать) такие глобальные, проявляющиеся и на уровне региона факторы и тенденции, как:

- снижение темпов относительного прироста запасов важнейших видов минерального сырья;
- рост удельных затрат на единицу прироста разведанных запасов и на обустройство месторождений;

- изменение соотношений мировых и внутренних цен в ущерб продукции минерально-сырьевых отраслей;
- перемещение производств по добыче и первичной переработке минерального сырья в наиболее отсталые развивающиеся страны;
- уменьшение минералоемкости валового национального продукта в промышленно развитых странах;
- опережение темпов роста цен на горную технику по отношению к увеличению ее производительности;
- перемещение производства сырья в регионы с повышенной концентрацией рабочей силы, развитыми транспортной сетью и другими составляющими инфраструктуры.

2. На уровне регионов минералопользование характеризуется своеобразием и относительной обособленностью, которые необходимо учитывать при управлении региональной экономикой. Важнейшими особенностями региона, оказывающими влияние на эффективность и в значительной мере определяющими перспективы использования его минерально-сырьевого потенциала, являются:

- слабая геологическая изученность территории, сочетающаяся с широким разнообразием выявленных и разведанных полезных ископаемых;
- обширность территории, ее удаленность и транспортная оторванность от западных и центральных регионов РФ;
- отсутствие либо недостаточная развитость перерабатывающих производств;
- слабая инфраструктурная обеспеченность территорий;
- соседство со странами Тихоокеанского бассейна, становящегося одним из центров экономической и политической жизни планеты;
- геополитическая значимость региона для России.

3. В производственно-организационной структуре и других важнейших характеристиках регионального минералопользования имеет место ряд закономерностей, инвариантных по отношению к господствующей в стране и регионе экономической модели. В то же время выбор разновидности названной модели играет ключевую роль как в социально-экономическом развитии региона, так и в обеспечении эффективного использования его минерально-сырьевого потенциала.

Как в бывших социалистических, так и в развитых странах с рыночной экономикой минералопользование подчинено правилам поэтапной организации работ, специализации по видам добываемого сырья, технологическим этапам производства, характеру основной деятельности. В обоих случаях ведущая роль принадлежит товарно-денежным отношениям между производителями и потребителями минерально-сырьевой продукции и связанных с ее производством услуг.

В основе различий в организации процессов минералопользования лежит несовпадение доминирующих форм собственности. В СССР и других бывших социалистических странах в соответствии с выбиравшимися в прежние годы моделями хозяйствования имели место преобладание административных механизмов и средств управления над экономическими; слабая развитость элементов структуры, обеспечивающих реализацию товарно-денежных отношений между экономическими партнерами; инерционность и низкая приспособляемость различных составляющих структуры минералопользования к меняющимся природным и экономическим условиям. Вместе с тем социалистический способ хозяйствования в значительной мере обеспечивал выравнивание экономических условий деятельности предприятий, добывающих и перерабатывающих различные виды минерального сырья, мобилизацию финансовых и иных ресурсов для освоения новых районов и месторождений. За счет государственных средств в СССР широким фронтом велась поисковая и геологоразведочная деятельность, была сформирована крупнейшая в мире минерально-сырьевая база страны и регионов.

К числу наиболее наглядно проявляющихся различий между двумя общественными системами в том, что касается организационной структуры минералопользования, относится отсутствие в странах с рыночной экономикой резкого отраслевого разграничения, характерного для бывших социалистических стран. Другая, связанная с предыдущей особенностью производственной организации минералопользования в рыночных условиях состоит в наличии многоаспектной диверсифицированности – широком охвате одной и той же достаточно крупной компанией различных видов, сфер и географических районов деятельности. В последнее время тенденция к расширению направлений и географии деятельности компаний, в том числе транснациональных, становится особенно заметной.

Опыт бывшего СССР, КНР и ряда других стран [3-6] показывает, что изменения политики государств по отношению к регионам оказывают существеннейшее воздействие на эффективность и результативность использования их минерально-сырьевого потенциала.

4. Направления проводимых в минерально-сырьевых отраслях реформ должны определяться на основе выбора оптимального сочетания либерально-рыночных и государственно-плановых экономических механизмов, учитывающего особенности страны, региона и переживаемого исторического этапа.

Основными критериями целенаправленности и эффективности реформ, проводимых в минерально-сырьевом секторе (МСС) экономики российского Дальнего Востока, являются [3]:

- рыночная ориентация проводимых реформ;
- придание региональному МСС статуса полномасштабного экономического субъекта;
- достижение устойчивого развития МСС региона;
- движение в сторону органичной интеграции МСС с региональным народнохозяйственным комплексом;

– обеспечение необходимой прозрачности информации, относящейся к объектам регионального минералопользования и деятельности связанных с ним структур и субъектов экономики.

Литература:

1. Закономерности развития горного дела / С.А.Батугин, В.Л.Яковлев. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992.-116 с.
2. Основные проблемы изучения и добычи минерального сырья Дальневосточного экономического района. Минерально-сырьевой комплекс ДВЭР на рубеже веков / Ю.И.Бакулин, В.А.Буряк, Е.Н.Галичанин и др. Хабаровск, 1999. – 214 с.
3. Прилуков А.Н. Региональное минералопользование в условиях рыночных реформ. Владивосток: Дальнаука, 1998.-156с.
4. Прилуков А.Н. Российский Дальний Восток и КНР – два подхода к стратегии освоения минеральных ресурсов // Россия и Китай: интеграция в сфере экономики, науки и образования. Ч.V. Биробиджан: БГПИ, 1998. С.18-26.
5. Прилуков А.Н., Шевкаленко В.Л. Перспективные направления реанимации и развития региональной горной промышленности // Устойчивое развитие Востока России: проблемы и поиск решений. Хабаровск: ДВАГС, 1999. С.162-165.
6. Экономическая политика на Дальнем Востоке России. Предложения к концепции / ИЭИ ДВО РАН. Хабаровск, 1999.-53с.

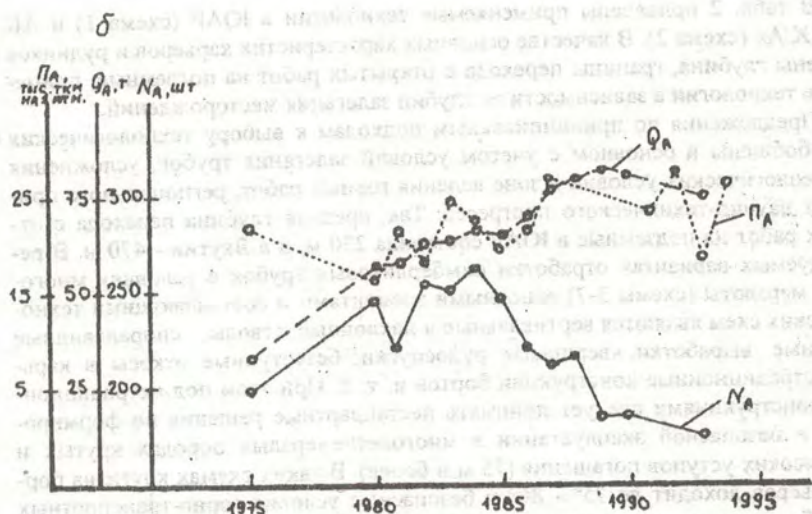
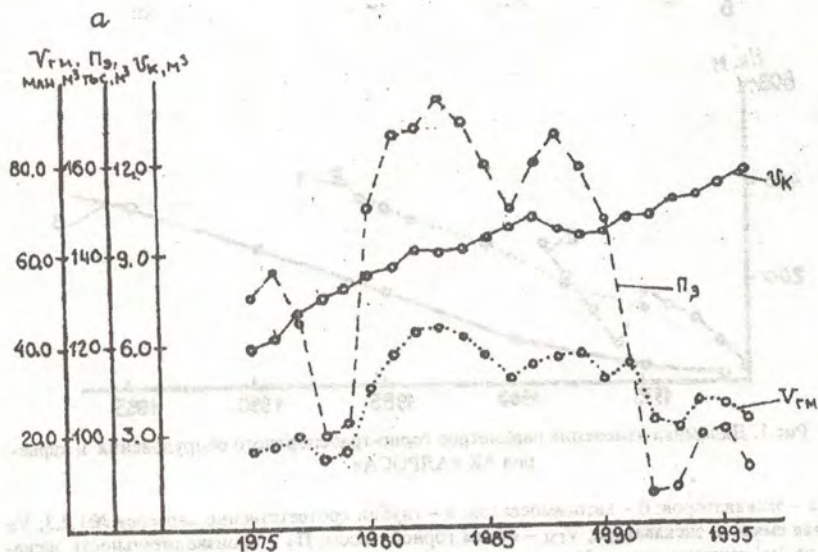
В. М. Власов, А. Д. Андросов (ЯГУ)

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК НА СЕВЕРЕ

Самый богатый опыт добычи алмазов из коренных кимберлитовых трубок имеет ЮАР. В настоящее время основной объем добычи обеспечивают рудники «Премьер», «Финш», «Дютайтспен», «Бултфонтейн», «Де Бирс», «Весселтон» и «Коффифонтейн». В летописи освоения южноафриканских месторождений особое место занимает всемирно известная трубка «Кимберли». Трубка обрабатывалась открытым способом до глубины 130 м при транспортировании людей и руды по воздушной канатной дороге. Для этого старатели размещались на маленьких участках с оставлением между сдвоенными рядами участков дороги шириной 2,5 м, чтобы обеспечить доступ к любой части рудника. Карьер представлял глубокую пропасть овальной формы, где работали около 10 тыс. человек. Через весь этот громадный колодец тянулась густая сеть бесчисленных железных проволок, по которым с помощью проводов вытаскивали ведра с алмазосной землей. Наверху землю крошили молотками и про-

сеивали через сита, на сетках которых оставались алмазы. Скорости углубки участков зависели от споровки рабочих, прочности пород и были разными, а котлованы, углубляясь по обе стороны дороги, часто подрезали ее, приводя к обрушению перемычек и гибели людей. Со временем некоторый прогресс в способе добычи алмазов все же наметился. Сначала канатная тяга воротков, которыми поднималась алмазоносная порода на поверхность, производилась вручную. С 1874 г. начали применять конные ворота, а на следующий год – паровую подъемную лебедку. Эксплуатация трубки ниже 130 м продолжалась с использованием подземных выработок до 1914 г. методом подэтажного обрушения, и глубина рудника составила 1074 м. Такую выемку в земной коре не знает мировая практика горных разработок.

По аналогичным технологиям обрабатывались трубки «Де Бирс» (1871 г.), «Весселтон» (1881 г.) и др. В табл. 1 приведены основные параметры карьеров и рудников ЮАР по добыче алмазов. Из таблицы следует, что значительные глубины разработок, открытым до 430 м, подземным до 1074 м способами при малом содержании (0,09 - 1,18 кар/т) алмазов на месторождениях обусловлены качественными показателями, т.е. содержанием крупного класса ювелирных алмазов. Скорости углубки карьеров в зависимости от параметров рудных тел составили 2,8-22,8 м/год, а причины закрытия предприятий в отдельные периоды были вызваны низким спросом алмазов на рынке. Ускоренное освоение алмазных месторождений в западной Якутии, начавшееся в 1959 г с карьера «Мир», поставило перед наукой и производством сложные задачи. Аналогов разработки таких месторождений в мире не существовало. Незначительная толща перекрывающих трубки пород определила монополию открытых работ на многие годы. За этот период на карьерах (трубки «Мир», «Удачная» и т.д.) внедрялось новейшее горно-транспортное оборудование, экскаваторы с ковшами емкостью от 0,5 м³ до 15 м³, автосамосвалы грузоподъемностью 10-150 т. Динамика изменения показателей оборудования по АК «АЛРОСА» приведена на рис. 1. Рост единичной мощности погрузочного и транспортного оборудования карьеров способствовал снижению затрат на разработку, соответственно увеличению глубин открытых работ, производительности добычных комплексов и сокращению сроков освоения и обработки месторождений.



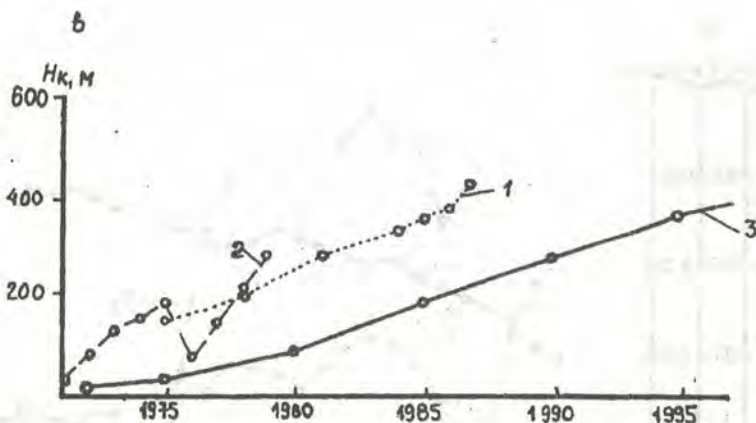


Рис. 1. Динамика изменения параметров горно-транспортного оборудования и карьеров АК «АЛРОСА»

а – экскаваторов; б – автосамосвалов; в – глубин соответственно карьеров №1,2,3; V_k – средняя емкость экскаватора; $V_{ГМ}$ – объем горной массы; $P_Э$ – производительность экскаватора на 1 м^3 емкости ковша; N_A – количество автосамосвалов; Q_A – средняя грузоподъемность автосамосвала; P_A – производительность автосамосвала на 1 автогонну.

В табл. 2 приведены применяемые технологии в ЮАР (схема 1) и АК «АЛРОСА» (схема 2). В качестве основных характеристик карьеров и рудников выделены глубина, границы перехода с открытых работ на подземные, применяемые технологии в зависимости от глубин залегания месторождений.

Предложения по принципиальным подходам к выбору технологических схем обобщены в основном с учетом условий залегания трубок, усложнения гидрогеологических условий в зоне ведения горных работ, регионального признака и научно-технического прогресса. Так, средняя глубина перехода с открытых работ на подземные в ЮАР составила 230 м, а в Якутии – 470 м. В рекомендуемых вариантах отработки кимберлитовых трубок в условиях многолетней мерзлоты (схемы 3-7) основными элементами и составляющими технологических схем являются вертикальные и наклонные стволы, спиралевидные наклонные выработки, квершлагги, рудоспуски, безступенчатые откосы в карьерах, нетрадиционные конструкции бортов и т. д. При этом под нетрадиционными конструкциями следует понимать нестандартные решения по формированию и безопасной эксплуатации в многолетнемерзлых породах крутых и сверхвысоких уступов погашения (75 м и более). В таких схемах крутизна бортов карьеров доходит до $75^\circ - 80^\circ$ и безопасные условия горно-транспортных работ обеспечиваются созданием специальных конструкций берм и устойчивых откосов. Наклонные стволы рекомендуют проходить как с дневной поверхно-

сти, так и на борту карьера; рудоспуски целесообразно располагать вне рудного тела, поскольку возрастает вероятность разрушения крупного класса алмазов. Из положительного опыта предприятий ЮАР следует, что транспортирование кимберлитов допускается по разным рудоспускам, мелкие фракции руды отдельно от крупной. Такое нераспределение грузопотоков обеспечивает лучшую сохранность кристаллов при перепуске руды по рудоспускам под собственным весом.

Рекомендуемые технологии разработки кимберлитовых трубок сгруппированы в следующие принципиальные технологические решения:

1. Открытый способ разработки на полную глубину разведанных запасов с формированием нетрадиционных конструкций бортов под углами погашения 55° - 75° (схема 4б) и более.

2. Открыто-подземная технология с преобладанием элементов систем открытой разработки при освоении глубоких горизонтов месторождений (схемы 4а, 4в, 5).

3. Подземно-открытый способ отработки глубоких горизонтов с преобладанием элементов систем подземных технологий (схемы 1, 2, 3).

4. Подземный способ разработки на полную глубину разведанных запасов (схемы 6, 7).

Кроме перечисленных схем за последние годы создан ряд новых специальных и геотехнологических способов разработки. Они могут успешно применяться в комбинированных схемах в сочетании с открытыми и подземными способами, преимущественно при доработке кимберлитовых трубок.

Рекомендации обсуждались на разных уровнях принятия решений. Для условий многолетней мерзлоты формирование высокоэффективных комбинированных схем возможно при рациональном сочетании параметров открытых и подземных работ, при котором наилучшим образом используются карьерное пространство и подземные выработки, сохраняется монолитность массива вечномерзлых пород и создаются благоприятные условия эксплуатации оборудования. Закономерно, что открытый способ имеет преимущества в процессах погружки и бурения благодаря применению мощного оборудования, подземный выгоден в процессах подъема горной массы по шахтным стволам. Однако в комбинированных схемах для условий Севера наиболее простые высокопроизводительные крутонаклонные конвейерные подъемники в стволах могут составить существенную конкуренцию вертикальным шахтным подъемам. С точки зрения экологичности отдавать предпочтение только подземным технологиям является не всегда верным, поскольку в случае возникновения опасной геодинамической обстановки в регионе, вызванной образованием подземных пустот, затраты на нормализацию ситуации могут стать непредсказуемыми.

Кимберлитовые трубки являются уникальными природными образованиями, отличающимися как морфологией, так и физическим типом алмазов на месторождениях. При выборе способа разработки могут возникнуть неординарные ситуации, когда размер получаемой прибыли напрямую будет зависеть

не только от качества кристаллосырья на месторождении, но и от применяемой технологии при существующем уровне рыночных отношений. Поэтому возможность выбора одного из вариантов технологических решений наряду с горно-геологическими (глубина залегания, запасы месторождения) и горнотехническими (устойчивость бортов открытых выработанных пространств, размеры рабочей зоны и т. д.) факторами зависит от качественных показателей кристаллосырья (процент ювелирных алмазов, форма, размеры, тип кристаллов и т. д.), экологических факторов, объемов и сроков выделяемых инвестиций. Чем качественнее ювелирные алмазы на кимберлитовых трубках, тем будет выгоднее применять шадящие технологии алмазодобычи даже при существенном снижении производительности добычных работ. Комплексный учет перечисленных факторов при выборе комбинированных схем обеспечит высокую экологичность разработок, крупные ресурсосбережения и максимальный выход качественных алмазов.

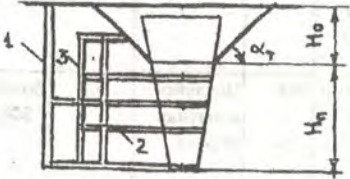
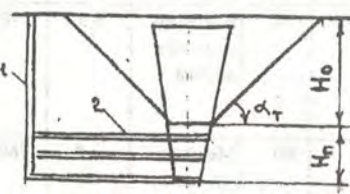
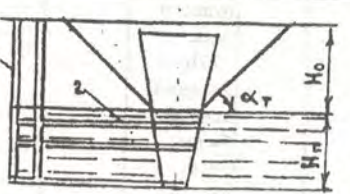
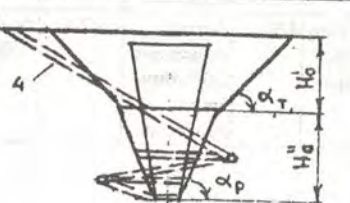
Таблица 1.

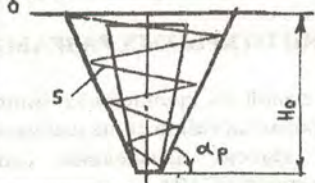
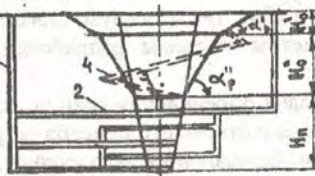
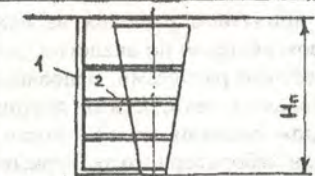
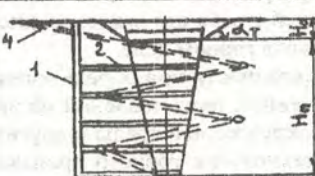
Основные параметры карьеров и рудников ЮАР по добыче алмазов

Рудник	Площадь рудного тела по дневной поверхности	Среднесодержание, кар/т	Годы Эксплуатации		Открытая разработка			Подземная разработка	
			Открытым способом	Подземным способом	Глубина, м	Технология, транспорт	Средняя скорость углубки, м/год	Глубина, м	Технология
Кибер-Ли	4	1,18	1867-1888гг	1888-1914 гг	130	Ручная, воздушная канатная дорога	22,8	1074	Метод обрушения
Де Бирс	5,5	0,5	1871-1885гг	1885-1908 гг 1963-по наст. вр	180	Ручная, воздушная канатная дорога	28,3	785	Метод обрушения
Вессел-Тон	10,37	0,28	1881-1930 гг	с 1930 по наст. время	320	Ручная, воздушная канатная дорога	6,5	1096	Метод Обрушения

Дютойт-Спен	12,75	0,19	1904-1930 гг	с 1930 по наст. время	127	Воздуно-канатная, лошадиная тяга	8,2	800	Метод Обрушения
Коффи-Фонтейн	12,1	0,1	1870-1930 1970-1980 гг	1980-1982 с 1986 по наст. время	240	н.д.	3,4	н.д.	Систег подэтаж. обрушен. рудоспуски
Булфон-Тейн	9,5	0,31	1901-1930гг	с 1930 по наст. время	168	Воздуно-канатная дорога	5,8	более 500	Подэтажное обрушение
Ягерс-Фонтейн	11,1	0,09	1871-1913 гг	1913-1971 гг	274	Воздуно-канатная дорога	6,5	770	Н.д.
Премьер	32	0,51	1902-1936 гг 1945-1979 гг	1979-2038 гг	190	Механическое боронование рудного гела, 1903г – механические дробилки, 1919г – тяжелая жидкость	2,8	760	Подэтажное обрушение
Финш	18	0,73	1966-1990 гг	с 1991 по настоящее время	430	Авто-транспорт, БВР, карьерные дробилки	17,3	более 700	Клетевой подъем, рудоспуски, колвейера

Характеристики применяемых и рекомендуемых технологий обработки кимберлитовых трубок

П/П	Технологическая схема	Характеристика и параметры технологий
1		$H_n \approx H_0$ $H_0 = 127 - 430$ м $H_n = 230$ м $H_0 = 700 - 1096$ м $H_n = 855$ м где H_0 - глубина открытых работ, м; H_n - глубина подземных работ, м; α_T - традиционный угол откоса борта, $\alpha_T =$ до 55°
2		$H_0 \gg H_n$ $H = 284 - 600$ м $H_n = 470$ м $H_0 =$ до 1100 м 1 - вертикальный ствол; 2 - квершлаг; 3 - рудоспуск; 4 - наклонный спиралевидный ствол
3		H_0 - до кровли мощного водоносного горизонта, м $H_0 = 265 - 330$ м H_n - на полную глубину разведанных запасов, м $H_n = 900 - 1100$ м
4		$H_0^I = 300 - 350$ м $H_0^II = 900 - 1100$ м $\alpha_T =$ до 55° $\alpha_p = 55^\circ, 75^\circ$ Открытый способ с применением наклонных спиралевидных стволов и квершлагов

1	2	3
		<p>Безтапный открытый способ на полную глубину разведанных запасов</p> <p>$\alpha_p \gg \alpha_T = \text{до } 75^\circ$</p> <p>$H_0 = 880 - 1000 \text{ м}$</p> <p>5 - спиралевидные съезды</p>
		<p>$H_0 = 300 - 500 \text{ м}$ с применением подземных выработок</p> <p>$\alpha_p \gg \alpha_T = \text{до } 75^\circ$</p> <p>$H_n$ - на полную глубину разведанных запасов.</p> <p>$H_n = 800 - 1100 \text{ м}$</p>
5		<p>H_0 - до глубины залегания сильно трещиноватых пород;</p> <p>$\alpha_T < \alpha_p$</p> <p>$H_0 = 300 - 350 \text{ м}$ с применением подземных спиралевидных съездов;</p> <p>H_n - на полную глубину разведанных запасов.</p> <p>$H_n = 900 - 1100 \text{ м}$</p>
6		<p>H_n - на полную глубину разведанных запасов, включая неглубокие трубы</p> <p>Область применения - в тундровой части Северного полушария (за полярным кругом)</p>
7		<p>$H_0 = 90 - 100 \text{ м}$ под традиционными углами погашения борта карьера $\alpha_T = \text{до } 55^\circ$</p> <p>$H_n$ - на полную глубину разведанных запасов.</p>

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТОК

Республика Саха (Якутия) является одной из крупнейших минерально-сырьевых баз Российской Федерации, от производственного потенциала горнодобывающей промышленности которой зависит дальнейшее социально-экономическое развитие не только РФ, но и самой РС (Я).

Как сказано в [1], в стратегическом плане не существует альтернативы политике, направленной на подъем республиканской экономики, основу которой составляет горнодобывающая промышленность. Приняты и реализуются программы реструктуризации важнейших отраслей и базовых предприятий экономики.

Для горнодобывающей промышленности первостепенное значение имеют интенсивные факторы экономического роста, такие, как: производительность горных предприятий и режим горных работ, типы погрузочного, бурового и транспортного оборудования, параметры системы разработки, схема вскрытия карьерного поля.

Не потеряла актуальности также и задача определения границ открытых разработок месторождений, или зоны перехода с открытого способа разработки на подземный, решению которых посвящены исследования ряда ученых.

В настоящее время в процессе решения вопросов разработки месторождений пользуются различными методами: принятием решения на основании директив вышестоящих организаций, выбором решения по аналогии, использованием статистических обобщений, техническими расчетами, основанными на применении методик, излагаемых в специальных технических дисциплинах, технико-экономическими расчетами; выбором решения на основании специального исследования, производственного или лабораторного эксперимента [2].

Задача определения границ открытой разработки месторождений является в своем решении комплексной, включающей в себя все вышеперечисленные методы и поэтому, одной из наиболее сложных в горном деле.

Каким же должен быть критерий эффективности при определении границы открытых разработок в контексте современных представлений об экономических отношениях, с точки зрения защиты окружающей среды и других взглядов о характере взаимодействия системы: технология горного производства - природа - экономика - человек?

При определении параметров карьера, безусловно, необходим метод, в совокупности учитывающий все факторы комплексного использования минеральных ресурсов, ибо факторы комплексного использования минеральных ресурсов, являясь факторами интенсификации горного производства, взаимосвязаны с основными параметрами открытой разработки месторождений полезных ископаемых и существенно влияют на их значения [3].

Г.А. Холодняков считает наиболее объективным показателем эффективности открытого способа разработки комплексных месторождений полезных ископаемых коэффициент выхода того или иного вида горных пород из горной массы карьера [4], что весьма близко по смыслу с идеями, заложенными в работе [5].

Отдельные авторы [6] предлагают оценивать эффективность отработки месторождений с различными природно-технологическими зонами по удельной приведенной прибыли.

Если исходить из общепринятого представления о методах определения границ открытых разработок (графический, графоаналитический, расчетный и др.), то все они в основном несут в себе экономическую составляющую, или равенство себестоимости разработки единицы полезного ископаемого открытым и подземным способом, определение граничного коэффициента вскрыши (n_r) на основе оптовой цены на продукты переработки полезного ископаемого, определение n_r при переменном качестве полезного ископаемого и др. Расчетная глубина, при которой себестоимость разработки открытым способом становится больше себестоимости разработки подземным способом, по сути и определяет границу открытой разработки.

Проблема обоснования границы открытых разработок имеет давнюю историю, и с момента появления первых публикаций на эту тему, конечно же, претерпела значительные усовершенствования. Например, привязка метода определения границы открытых разработок к типу месторождения, исходя из рельефа местности, с учетом устойчивости бортов, комплексности и т.д.

При всем многообразии и множестве методов и подходов к решению данного вопроса, в основе своей они излагают технократические взгляды, т.е. носят односторонний характер (однако правомерность такой точки зрения не оспаривается современными исследователями).

Попробуем подойти к задаче определения границ как можно более шире (где-то, быть может, философски), во взаимосвязи с широким спектром вопросов. Возможно, часть поднятых вопросов будет носить дискуссионный характер.

Каковы исходные условия определения глубины открытых разработок? Возможны следующие варианты (причем, при принятии того или иного варианта круг необходимых решаемых задач может быть совершенно различным):

1. Месторождение "с нуля" - имеется только горно-геологическая документация. (Полное отсутствие какой-либо инфраструктуры).

2. Месторождение в стадии эксплуатации, близится расчетная глубина карьера. (Недалеко имеется рабочий поселок (город) с достаточно развитой инфраструктурой).

Для месторождения 1-го типа согласно апробированных методик вполне возможно рассчитать предельную глубину открытых разработок.

Однако, существующие методы не учитывают ряд вопросов, возникающих на стадии принятия решения, о разработке месторождения, но нахождение

способа их учета и степени влияния на конечный продукт, на наш взгляд, необходимо. Как то:

1. Важность (необходимость) разработки данного месторождения:
 - для Российской Федерации в целом;
 - для данного региона.
2. Сроки ввода месторождения на проектную мощность:
 - срочно и любой ценой;
 - с определенным (проектным) сроком ввода.
3. Производственная мощность предприятия или группы предприятий:
 - определяется директивно;
 - определяется расчетным путем.
4. Наличие инфраструктуры (есть или нет) причем здесь возможны 2 пути:
 - создание инфраструктуры;
 - вахтовый метод.
5. Будет ли данное предприятие:
 - градообразующим;
 - бюджетообразующим для данной территории.
6. Экологическая безопасность предприятия. Находится ли рабочий поселок, город:
 - в пределах зоны санитарного отчуждения;
 - за пределами зоны санитарного отчуждения.
7. Влияние близости предприятия, глубины и производственной мощности карьера на заболеваемость населения. Способ учета данного показателя, способ денежной оценки или компенсации нанесенного ущерба.
8. Возможность последующей полной или частичной рекультивации нарушенных земель.
9. Возможность комплексной разработки месторождения.
10. Возможность изменения кондиций в процессе эксплуатации месторождения.
11. Этапность или безэтапность разработки.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать предварительный вывод о том, что определение достоверного критерия эффективности принятия решения при обосновании границы открытых горных работ возможно только с учетом перечисленных позиций, способы и возможность учета которых на современном этапе в одних случаях возможны лишь частично, а в других случаях, к сожалению, отсутствуют вообще.

Предлагаемые аналитические и технологические решения по вопросу определения границ открытых разработок не носят обобщающего характера, а лишь более детализируют отдельные подходы, т.е. имеют локальный характер.

Вместе с тем, горное производство является одним из наиболее сложных как по совокупности решаемых проблем, так и взаимосвязей между самой отраслью, окружающей средой и человеческим обществом.

Поэтому при решении задачи определения границ открытых разработок, с точки зрения системного подхода, необходимо дальнейшее совершенствование существующих методов, а также поиск путей и способов оценки новых, возникающих факторов, без которых невозможно достоверное определение глубины карьера, с точки зрения горнодобывающего предприятия как многопрофильной, взаимосвязанной системы.

Литература:

1. Отчет Правительства Республики Саха (Якутия). "Якутия", №212 29238 12.11.99.
2. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. М.: Недра, 1970.- 320с.
3. Шитарев В.Г., Салманов О.Н. Параметры карьеров при комплексном использовании недр. М.: Недра, 1990.-112с.
4. Холодников Г.А. Методологические принципы проектирования открытой разработки комплексных месторождений. /Горный журнал, №7, 1990. С. 19-21.
5. Современные принципы теории проектирования карьеров /Горный ин-т. Кольск. фил. АН СССР. Л.: Наука.-256с. (под ред. А.И. Арсентьева).
6. Анистратов Ю.И., Борщ-Компаниец Л.В., Анистратов К.Ю. Эффективность открытой разработки месторождений по природно-климатическим зонам. /Горный журнал, №8, 1990. С.19-23.

*Г.О. Кирдянов, В.С. Сорокин (ЯГУ)
Г.В. Шубин (ТИ(ф) ЯГУ)*

ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕЛКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

В настоящее время на обширной территории республики Саха (Якутия) действуют десятки мелких карьеров и разрезов, добывающие в основном уголь и строительные материалы. Существование таких предприятий в рыночное время можно считать вполне оправданным, особенно при возрастающей дороговизне завоза топлива и другого сырья в улусы, расположенные на большом расстоянии от районов разработки месторождений в крупных масштабах.

Специфические особенности открытых горных работ в районах Крайнего Севера обусловлены природно-климатическими условиями, которые, прежде всего, выражаются в продолжительном периоде года с отрицательной температурой воздуха и многолетнемерзлом состоянии горного массива. В результате этого возникают значительные трудности и осложнения при ведении вскрыш-

ных работ даже в том случае, когда породный массив представлен четвертичными отложениями, состоящими из песков, суглинков, песчано-гравийной смеси и некрепких разновидностей осадочных пород. Они под действием отрицательной температуры в присутствии влаги превращаются в прочно армированные монолиты за счет цементации поровым льдом.

В этих условиях производство вскрышных работ осуществляется традиционной технологией, включающей бурение, взрывание, погрузку, транспортирование и отвалообразование горных пород. Однако степень механизации производственных процессов в зависимости от природных, технологических и экономических факторов бывает различной и в большинстве случаев не соответствует горнотехническим условиям разрабатываемых месторождений.

Ограниченная производственная мощность местных мелких предприятий обуславливает применение маломощного горно-транспортного оборудования, что имеет довольно значительные отрицательные последствия.

При эксплуатации экскаваторов и автосамосвалов, предназначенных обычно для выполнения строительных работ, резко увеличивается число аварий, поломок и отказов в работе, особенно при низких температурах и отсутствии хладостойких конструкций машин.

Вышесказанное можно подтвердить, проведя краткий анализ состояния техники и технологии горных работ на карьерах строительной промышленности и двух угольных разрезах, работающих в центральной и северо-восточной части Якутии.

В Хангаласском улусе разрабатываются три месторождения карбонатных пород (Бестяхское, Шатоновское и Сасаабытское), расположенные в непосредственной близости друг от друга. Горногеологические условия месторождений почти аналогичны. Карбонатная толща обычно представлена горизонтально залегающими пластами известняков, перекрытых отложениями четвертичного периода. Средняя мощность покрывающих пород (суглинки и растительный слой) составляет от 7 до 14 м.

Полезная мощность известняков, включенных в подсчет запасов эксплуатируемых карьеров, не превышает 54 м.

Повсеместное распространение многолетней мерзлоты исключает обводненность породного массива, в то же время в рыхлых образованиях присутствует лед-цемент, заполняющий все поры. Кроме того в некоторых местах встречаются линзовидные и пластообразные тела ископаемого льда.

Производственная мощность каждого карьера была установлена с учетом потребностей стройиндустрии республики в цементе, щебне и извести в пределах 320-350 тыс. м³ известняков в год.

Вскрытие карьерного поля на месторождениях осуществляется общей траншеей с центральным или фланговым заложением, а система разработки - сплошная поперечная однобортовая с применением автотранспорта.

На карьере Сасаабытского месторождения в качестве погрузочного оборудования используются экскаваторы ЭКГ-5А с ковшем емкостью 5 м³, а на

двух других карьерах предусмотрено применение экскаваторно-автомобильного комплекса, состоящего из строительного экскаватора типа ЭО-6123 и автосамосвала КрАЗ-256Б. Бурение скважин производится станками БТС-150 и 2СБШ-200Н, сменная производительность которых по известнякам составляет 30-60 п.м. Основным типом применяемых ВВ является граммонит 79/21, его удельный расход принимается не менее 0,5 кг/м³. При взрывании мерзлых суглинков удельный расход ВВ составляет 0,9 кг/м³.

Производительность экскаваторов ЭКГ-5 в зависимости от качества дробления известняков и климатических условий находится в пределах 800-900 м³/смену, тогда как она в районах средних широт почти в 1,5 раза выше. Коэффициент использования погрузочно-транспортного оборудования ввиду большого числа простоев не превышает 0,5. Это связано с транспортированием горной массы автосамосвалами КрАЗ-256Б и ограниченной производительностью пунктов переработки известняков.

Кировский угольный разрез в Нюрбинском улусе ведет добычу угля более 30 лет. Годовая производительность его не превышает 100 тыс. т. ввиду отсутствия крупных потребителей.

Горногеологические условия весьма благоприятны для открытого способа разработки: угольный пласт мощностью 13-14 м имеет горизонтальное залегание, а средний коэффициент вскрыши составляет 0,8 м³/т. Вскрышные породы представлены четвертичными и юрскими образованиями (галечники, суглинки, аргиллиты, алевролиты и др.). Мерзлое состояние этих пород обуславливает предварительное рыхление буровзрывным способом. Вскрытие месторождения осуществлено внешней наклонной траншеей. Комбинированная система разработки включает перемещение пород в выработанное пространство бульдозерами на базе тракторов Т-130 и Т-170 с последующей их экскавацией для обнажения угольного пласта, а также частичную перевозку пород автосамосвалами КрАЗ-256Б во внутренние отвалы.

Для погрузки горной массы используются строительный экскаватор типа ЭО-5124 с емкостью ковша 2 м³ и одноковшовый погрузчик ТО-10.

Как показала практика, верхние слои покрывающих пород мощностью 3 м, где присутствует вязкий суглинок в мерзлом состоянии, разрабатываются буровзрывным рыхлением, а остальная часть вскрыши удаляется бульдозерами по мере естественной оттайки.

Несмотря на незначительный объем вскрышных работ (40-60 тыс. м³ в год), себестоимость добычи 1 т. угля остается довольно высокой, что связано, в первую очередь, с неэффективным использованием малоомощного горно-транспортного оборудования из-за частых поломок и аварийных ситуаций.

Сравнительно недавно начата разработка Тихонского каменноугольного месторождения, расположенного в Момском улусе. Добыча угля ведется на двух пластах, имеющих одинаковую мощность (около 2 м) и угол падения - 18°. Объем вскрышных работ доходит до 620 тыс. м³ т. при годовой производительности разреза, равной 80 тыс. т. (средний коэффициент вскрыши - 6,7 м/т.). Раз-

рабатываемые породы представлены в основном средне- и мелкозернистыми песчаниками, реже алевролитами и конгломератами с коэффициентом крепости $f=6-8$.

С учетом работы одноковшового погрузчика ТО-11 с емкостью ковша 2 м^3 высота уступа принята равной 5 м. Скважины малого диаметра (150 мм) бурятся станками БТС-150, сменная производительность которых не превышает 50 п. м. Удельный расход ВВ принят равным $0,6 \text{ кг/м}^3$

Для транспортирования горной массы используются автосамосвалы небольшой грузоподъемности "Урал-4320", их количество для обслуживания одного погрузчика - не менее 10 шт., несмотря на близкое расположение отвалов.

Основными причинами низких показателей вскрышных работ на Тихонском разрезе являются: прекращение горных работ при низких температурах; большое количество простоев из-за аварий и неплановых ремонтов горно-транспортного оборудования; ухудшение видимости забоев и автодорог во время длинных полярных ночей, пурги и метелей.

Отсюда следует, что технология вскрышных работ на рассмотренных предприятиях имеет ряд существенных недостатков и требует коренного изменения технологических схем с использованием новых высокопроизводительных машин, приспособленных к работе в суровых климатических условиях.

По нашему мнению, проектирование и совершенствование горных работ на мелких карьерах и разрезах должны осуществляться в следующих направлениях:

- взрывную подготовку горных пород свести к минимуму, заменив ее механическим рыхлением или ограничиваясь в трещиноватых породных массивах встряхивающими взрывами;

- на выемочно-погрузочных работах проводить производственные эксперименты по применению экскаватора ЭКГ-5В, имеющего ковша активное действие;

- исключить транспортирование пустых пород автосамосвалами во внутренние отвалы, для чего шире использовать мощные бульдозеры и погрузчики на пневмоколесном ходу;

- перевозку горной массы производить на быстроходных и маневренных автомобилях Камского или Могилевского автозаводов.

Целесообразность применения механических рыхлителей в многолетнемерзлых горных породах даже в обычном исполнении доказана длительным опытом ведения горных работ на россыпных и угольных месторождениях, при этом достигается более успешное использование одноковшовых погрузчиков.

В последнее время начат выпуск рыхлителя активного действия на базе трактора Т-500, который позволяет эффективно подготавливать к выемке осадочные породы полускального типа с коэффициентом крепости $f=6-8$.

Основная отличительная особенность конструктивного исполнения экскаватора ЭКГ-5В заключается в том, что на передней стенке ковша смонтированы пневмомолоты, приводящие в действие ударные зубья. Благодаря этому они способны разрабатывать трещиноватые породы прочностью до 80-100 МПа без предварительного рыхления.

Одноковшовые погрузчики отличаются высокой маневренностью и относительно низкой стоимостью по сравнению с мехлопатами, они могут выполнять как погрузочные, так и транспортные операции в сложных горно-технических условиях.

Таким образом, при применении этих машин можно достигнуть существенного улучшения технико-экономических показателей вскрышных работ на небольших карьерах и угольных разрезах Якутии.

А.Н. Петров, Т.Р. Чжан, (ЯГУ)

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЛТАН

Золотосурьмяное месторождение Малтан расположено в бассейне р. Малый Тарын, на правобережье верхнего течения р. Индигирки.

Под месторождением Малтан понимается группа сближенных рудных тел и проявлений с золотой и золотосурьмяной минерализацией, залегающих в долине нижнего течения р. Малый Тарын и ее междуречье с р. Большой Тарын. Из них в настоящее время только рудное тело зоны М1 имеет промышленное значение, остальные структуры изучены слабо и требуют дальнейших исследований.

Особенностью эксплуатации рудного тела М1 является то, что основная и богатая его часть залегает в подрусовом талике р. Малый Тарын. Верхняя часть месторождения, расположенная выше уровня долины в зоне многолетней мерзлоты, была отработана в семидесятых годах.

Сложные горно-геологические условия залегания, рельеф местности, наличие реки и подрусового талика потребовали принятия нестандартных решений вскрытия и отработки части месторождения, расположенной ниже уровня долины, и вопроса утилизации подземных вод.

Для составления рекомендаций по отработке месторождения были изучены условия разработки, в ходе которых проанализированы результаты предварительной разведки месторождения, материалы изучения мерзлотно-гидрогеологических условий и проведены полевые исследования прочностных свойств горных пород.

Рудное тело зоны К1 залегает под пойменно-русовой частью р. М. Тарын (80%) и ее правой смешанной обрывистого характера террасы высотой 100-120 м (20%). Имеет серповидный столбообразный характер, ширину по горизонта-

ли 200-220 м (видимая ширина по простиранию 665 м), длину по падению более 500 м и среднюю горизонтальную мощность 2.75 м. Рудное тело имеет раздуды по мощности, флексуобразные перегибы как по падению, так и по простиранию и в связи с этим - сложный характер распределения золотого и сурьмяного оруденения. В целом рудное тело крутопадающее (средний угол падения 82°), имеет северо-западное склонение с углом $55-60^\circ$, четкие тектонические волнистые контакты, совпадающие в большинстве случаев с геологическими контактами зоны Н1.

Сложено рудное тело трещиноватыми окварцованными милонитами и милонитизированными породами со стержневыми линзами кварцевого и кварц-антимонитового (редко) состава. Протяженность линз от 20 до 200 м по простиранию и до 100 м по падению. Богатые руды приурочены к жильным образованиям. Основной полезный компонент в рудах месторождения - золото, попутный - сурьма, мышьяк является вредной примесью. Вмещающие породы представлены песчанистыми алевритами и серыми песчаниками.

На площади, прилегающей к рудному телу зоны Ш, имеют распространение над-, меж- и подмерзлотные подземные воды. При отработке месторождения подземным способом, по гидрогеологическим оценкам, водопритоки на каждом эксплуатационном горизонте могут составлять: горизонт 550 м - общий - $17871 \text{ м}^3/\text{сут}$, на 1 м выработки - $71.48 \text{ м}^3/\text{сут}$, горизонт 500 м - соответственно 35742 и $142.97 \text{ м}^3/\text{сут}$, горизонт 450 м - 10310 и $41.24 \text{ м}^3/\text{сут}$, горизонт 400 м - 13746 и $54.99 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Балансовые запасы сосредоточены в основном в окварцованных породах. Содержание кварца изменяется от 10-15% до 90-95%. Руды, залегающие в толще криолитозоны, имеют льдистость от 1 до 20% (в среднем 5%), не склонны к слёживанию, но могут смерзаться. Объемная масса руд колеблется от 2.01 до 3.65 т/м^3 (среднее - 2.64 т/м^3), средняя объемная масса вмещающих пород - 2.73 т/м^3 . Естественная влажность руд увеличивается при приближении к водовмещающим породам и составляет 0.8 — 18.7 % и выше. Коэффициент разрыхления руд меняется от 1.57 до 1.75. Трещиноватость руд и вмещающих пород характеризуется наличием на 1 м^2 10-50 трещин. Частота встречаемости трещин во вмещающих породах возрастает по мере приближения к минерализованной зоне дробления. Трещиноватость пород лежачего бока зоны выше, чем всячаго.

Полевые исследования прочностных и деформационных свойств руд и пород были проведены согласно ГОСТ 249141-81. Отбор образцов основных разновидностей пород и руд производился в действующих забоях подземных геолого-разведочных горных выработок гор (+520 м).

Анализ результатов исследований физико-механических свойств пород месторождения, а также визуальных наблюдений за состоянием геолого-разведочных выработок в таликовой зоне позволяет сделать следующие выводы:

- вмещающие породы обладают высокими прочностными характеристиками и по степени устойчивости могут быть классифицированы как устойчивые и средней устойчивости;

- руда, представленная кварцем, также обладает высокими прочностными характеристиками, однако в рудном теле он представлен в виде отдельных прожилков, прослоек и будин. Остальной материал представлен милонитом в разной степени развальцованным, интенсивно раздробленным, с многочисленными зеркалами скольжения разной ориентации, а также отдельными включениями интенсивно рассланцованных и трещиноватых алевролитов. Этот материал характеризуется отсутствием упругих свойств и крайне низкими показателями прочности. Опыт проходки разведочного штрека показал, что в таликовой зоне рудное тело не выдерживает длительных обнажений более 10 м². В связи с этим рудное тело следует классифицировать как слабоустойчивое.

В геолого-разведочных выработках были установлены три станции наблюдения за напряженно-деформированным состоянием вмещающих пород методом фотоупругих датчиков. Эти наблюдения показали, что направление главных сжимающих напряжений в массиве пород отклонены от вертикали примерно на 30° и ориентированы в сторону горы и налегающего над таликами мерзлого массива.

Для опытной отработки месторождения рекомендован комбинированный открыто-подземный способ. Верхняя часть рудного тела Щ, расположенная в пойме реки (геологический блок С 1-2), со средней мощностью 4,87 м и практически с вертикальным падением, обрабатывается открытым способом с применением углубочной однобортовой системы разработки с внешним отвалообразованием и вскрытием капитальной траншеи внешнего заложения и петлевыми съездами. Расчетами определена глубина карьера 52 м, нижняя граница располагается на отметке + 557 м. В процессе отработки карьера формируются 4 уступа по 13 м высотой каждый. Угол откоса уступов был принят равным 70°. Генеральные углы бортов карьера составляют: нерабочий борт - 59°, рабочий борт - 43°. Ширина нижней площадки карьера, рассчитанная по известным методикам, составила 50 м, длина нижней площадки карьера определяется длиной рудного тела по простиранию.

После отработки карьера до горизонта + 557 м, с борта карьера производится подземная отработка части запасов геологического блока С1-1 мощностью 3,82 м и углом падения 80°, до его границы по простиранию.

Вскрытие и отработка производится поэтажными штольнями с борта карьера. Проведение штолен осуществляется с применением самоходного бурового и доставочного оборудования: буровых кареток ТАМКОК и погрузочно-доставочных машин ТОКО-151с.

С учетом геологических и горнотехнических условий месторождения, а также опыта отработки подобных месторождений в качестве базовой принята система разработки поэтажного обрушения с отбойкой руды скважинами малого диаметра и выпуском отбитой руды на плоское днище. Принятая система

разработки позволяет применить на доставке высокопроизводительную самоходную технику.

Очистная выемка производится в отступающем порядке от границы блока к карьеру. Отбойка запасов руды на подэтажах и в потолочине блока производится взрыванием восходящих скважин диаметром 65 мм. Выпуск и транспортирование руды на поверхность, в рудный отвал, осуществляется с плоского днища блока, через орта-заезды, самоходными погрузочно-доставочными машинами. Отбойка руды скважинами малого диаметра в отступающем порядке позволит осуществить одновременную выемку запасов подэтажей и потолочины с наименьшими потерями руды. Отсутствие людей и оборудования непосредственно в очистном пространстве и погрузка отбитой руды через орта-заезды обеспечит безопасность очистных работ в условиях слабоустойчивой руды и вмещающих пород.

Высота подэтажей принята равной высоте уступов карьера - 13 м, высота потолочины - 8 м. Длина блока на уровне подсечного штрека составляет 142 м., на уровне потолочины - 89 м.

Проходка подэтажных штреков позволяет выявлять встречающиеся на подобных месторождениях зоны с забалансовыми запасами и оставлять их в качестве целиков. При этом уменьшаются потери и разубоживание руды за счет сокращения объемов руды в планируемых целиках.

При отработке месторождения рекомендован следующий порядок выемки: после отработки верхнего горизонта карьера очистные и вскрышные работы прекращаются и осуществляется проведение в борту карьера вентиляционной и верхней буровой штольни. После окончания проходки штольни консервируются и производится отработка следующего горизонта карьера, после чего открытые работы вновь останавливаются и проходится буровая подэтажная штольня и т.д. до полной отработки карьерных запасов. Затем начинаются очистные работы по подземной добыче руды. Таким образом осуществляется последовательная открыто-подземная разработка.

Обогащение добытой руды (извлечение в концентрат) производится на модульной обогатительной установке "Караван".

Разработана схема утилизации откачиваемой из горных выработок воды, согласно которой накапливаемая в зумпфе карьера вода по трубопроводу откачивается в каскад отстойников, представляющих собой старые горные выработки, оставшиеся от открытой разработки россыпей, и расположенных ниже по течению в пойме реки. Конструкция отстойников предусматривает систему фильтрующих и водоудерживающих дамб. По мере наполнения отстойников, после осаждения взвесей и усреднения химического состава и свойств вода дозировано перепускается в реку с осуществлением химического контроля.

На 01.09.1999 г. открытые горные работы на месторождении достигли отметки + 569 м. В целом технология и организация горных работ на месторождении соответствуют проекту и разработанным рекомендациям.

В настоящее время буровзрывная отбойка применяется только на вскрышных работах. По результатам опытных взрывов были установлены следующие рациональные параметры БВР: - диаметр скважин 215 мм; средняя глубина скважин в блоке - 6м; конструкция заряда - сплошная; высота заряда в скважине - 2,0 м; вес заряда в одной скважине - 40 кг; высота забойки - 2,8 м; удельный расход ВВ - 0,6 кг/м³; выход руды с 1 м скважины - 14 м³/м; линия наименьшего сопротивления - 3м; расстояние между скважинами в ряду - 6м; схема инициирования - порядная.

Бурение скважин осуществляется станком СБШ- 250. В связи с сильной обводненностью скважин применение в качестве ВВ игданита затруднено, и поэтому применяется аммонит № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в связках.

Низкие прочностные характеристики слагающих рудное тело талых мелонитов позволили добывать руду рылением и последующим выкучиванием бульдозером-рылителем Д-375с "Комацу". Это позволило снизить потери руды при добыче на 5% по сравнению с проектными.

Погрузка руды и породы осуществляется экскаватором ЭКГ- 5, транспортирование руды на фабрику и породы в отвал - самосвалами БЕЛАЗ-7522.

Замеры углов откоса бортов карьера в 1998 г. показали, что в южном борту карьера (рабочий борт) второй уступ на протяжении около 50 м имеет угол откоса, превышающий проектный (78° и более). В настоящее время откосы бортов составляют в среднем 60°. Выполаживание бортов карьера произошло в результате естественного осыпания пород в зимне-весенний период, когда карьер не работал.

На основании изучения условий отработки и физико-механических свойств пород был проведен расчет предельного угла откоса борта карьера. Расчет проведен по известной методике, изложенной в работе [1].

Результаты замеров углов откоса и проведенного расчета позволяют, с определенной уверенностью утверждать, что дальнейшего выполаживания бортов карьера не произойдет.

В результате произошедшего выполаживания бортов карьера, ожидается уменьшение ширины нижней рабочей площадки, которая на конечной отметке +557 м составит 30 м. Это делает невозможным применение на выемочно-погрузочных работах экскаваторов ЭКГ-5. В связи с чем рекомендовано применение на выемочно-погрузочных работах на нижней площадке колесных погрузчиков RS-570.

В октябре-ноябре 1997 г. на месторождении была пройдена верхняя буровая штольня. Длина штольни составила 100 м. Устье штольни на глубину 10 м закреплено сплошной деревянной крепью неполными дверными окладами. Основная часть штольни проведена без крепления.

На проходке штольни применялся комплекс самоходного оборудования: буровая самоходная установка "Тамрок-минибу" и погрузочно-доставочная машина "Торо-151С".

По мере проведения штольни велось бороздовое опробование рудного тела. Результаты опробования показали, что после отметки 65 м от устья штольни, мощность рудного тела и содержание полезного ископаемого резко падают, достигая к границе блока С1-1 0,8 м по мощности и 3,1 г/т по содержанию. В 1999 г. пройдена устьевая часть подэтажной штольни N 1 на протяжении 20 м. Опробование по штольне не проводилось. Устья обеих штолен на настоящий момент законсервированы.

В ходе проведения штолен сделан вывод о том, что проектное решение о заложении устьев штолен непосредственно в местах выхода рудного тела на борт карьера было ошибочным, так как сопровождающие рудное тело милонитизированные породы в процессе выветривания осыпаются с уступов и заваливают устья. В связи с этим необходимо разработать рекомендации по заложению устьев штолен с юго-восточного борта и подсечки рудного тела со стороны лежачего бока.

Для оценки устойчивости выработанного пространства при подземной отработке, по результатам исследования прочностных свойств пород, проведены расчеты устойчивости вертикальных обнажений отдельно для пород висячего и лежачего боков, т.к. рудное тело падает практически вертикально - 80-85°.

Расчет проводился по методике, приведенной в работе [2]. Устойчивость обнажений, рассчитанных по этим зависимостям, обеспечивается в течение 6 месяцев.

По результатам расчета сделан вывод о том, что по прочностным характеристикам породы лежачего бока при максимальном обнажении будут неустойчивыми. Кроме того сильная трещиноватость пород лежачего бока приведет к его вывалам и обрушениям, что вызовет дополнительное разубоживание руды при очистной выемке.

Одним из природных факторов, осложняющих ведение горных работ на месторождении, является приток подземных вод в горные выработки. Поступающие в карьер подземные воды собираются в зумпф и насосами 8НДВ по трубопроводу откачиваются в отстойник, где осаждаются и разбавляются водой, поступающей по водоводному каналу из реки М.Тарын, и далее сбрасываются в реку.

Для проверки качества поступающей из зумпфа воды и степени ее разбавления были отобраны пробы воды и проведен химический анализ ее состава.

Результаты химического анализа показали, что содержание вредных веществ в зумпфе и отстойнике ниже предельно допустимых концентраций и что сброс подземных вод порово-трещиноватого водоносного горизонта в поверхностные водоемы возможен без их очистки. Проблемы обезвреживания возникнут при поступлении в горные выработки подземных вод из трещинно-жилыного водоносного горизонта. В существующих условиях единственно возможным способом обезвреживания подземных вод представляется снижение их минерализации путем разбавления в отстойнике водой забираемой из реки Малый Тарын.

Для прогноза эффективности разбавления вредных примесей в отстойнике при понижении горных работ и поступлении в горные выработки подземных вод с повышенной минерализацией, был проведен расчет концентрации вредных веществ в сбрасываемых водах по методике, изложенной в работе [3].

По результатам расчета сделан вывод о том, что при значениях коэффициента разбавления $n=30$ и коэффициента неконсервативности $K=0$ концентрация сульфатов и хлоридов, содержащихся в водах водоносного горизонта речных долин, при сбросе этих вод в р. Тарын не будет превышать нижнего предела допустимой концентрации. При сбросе вод криогенных зон разломов концентрация сульфатов в большинстве случаев превышает нижний предел, что при данных условиях не позволяет сброс этих вод в р. Тарын; и для их утилизации, при обработке нижних горизонтов месторождения, необходимо применение других, более эффективных методов.

Опытно-промышленные работы на месторождении будут завершены в 2001 году. По результатам обработки опытных блоков будут разработаны рекомендации для включения в проект дальнейшей обработки месторождения.

Литература:

1. Дашко Р.Э. Механика горных пород: Учебник для вузов. М.: Недра, 1987.-264 с.
2. Баранов А. В. Расчет параметров технологических процессов подземной добычи руд. М.: Недра, 1985. - 224 с.
3. Мочанов И.П., Родзиллер И.Д., Жук Е.Г. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных мест в условиях Крайнего Севера. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1991. С.25.

Е.Н Чемезов, М.А. Викулов (ЯГУ)

ОБ ОДНОМ ИЗ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ УГЛЕДОБЫЧИ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

На недавно прошедшей сессии Палаты Республики и в средствах массовой информации прошло широкое обсуждение проблем угольной промышленности РС(Я). Без сомнения, вопрос заслуживает самого серьезного внимания всех государственных структур, а также населения, т.к. уголь сегодня и в будущем является одним из основных видов топлива. Без надежного снабжения углем многие жилые и хозяйственные объекты испытывают большие трудности в зимнее время. Республика Саха (Якутия) исключительно богата углем - около 900 месторождений и углесоявлений, из них осваивается только 7 %. Из всех запасов минеральных ресурсов республики 80 % составляет уголь.

При оценке перспектив уголедобычи в Южной Якутии наиболее сложным вопросом является инициирование рядом специалистов и политиков строительства угольного разреза на Эльгинском месторождении (500 км. от г. Нерюнгри). На наш взгляд, это преждевременно, т.к. не ясны многие вопросы, например, кто будет финансировать предполагаемые первоначальные затраты в 1,5 млрд. долларов, не уточнен рынок сбыта углей, ведь их качество значительно хуже (содержание золы достигает 30 %) нерюнгринских. Строить такой огромный разрез, планируемый (объем добычи угля 15-20 млн. тонн в год) только на предположении, что уголь, возможно, купят, слишком рискованно. Следует не забывать о таких серьезных конкурентах по поставке углей, как Китай (имеет планы увеличения экспорта в 1,5 раза) и Австралия. Нерюнгринский разрез имеет запасы еще на 20 лет работы, а если в ближайшие годы начать строить шахты на трех крупнейших месторождениях - Нерюнгринском (пласт Пятиметровый, запасы около 100 млн.т.), Денисовском (запасы 330 млн.т.) и Чульмаканском (запасы 400 млн.т.), то надежно перекрывается убывающая мощность Нерюнгринского разреза примерно на 30 лет, а в дальнейшем может продолжаться добыча из шахт почти в том же объеме. Преимуществом этого варианта является то, что он не требует больших начальных капитальных затрат кроме приобретения техники, т.к. используются уже действующие людские ресурсы, коммуникации и инфраструктура - источники тепла и электроэнергии, железная дорога, обогатительная фабрика, рембаза, жилье и т.д. Все угольные месторождения находятся рядом, на территории уже действующих предприятий. Практически через несколько месяцев можно добывать уголь на месторождениях с хорошими горно-геологическими условиями и огромными запасами. Более того, развивая уголедобычу на Эльге, мы можем привести уже давно сформировавшийся Южно-Якутский угольный комплекс к упадку. Произойти это может, если эльгинский уголь, конкурируя с нерюнгринским, вытеснит последний с рынка АТР (а это подразумевается создателями ОАО «Эльгауголь»), и живущий практически за счет монопродукта (угля) регион с числом жителей более 100 тыс. человек не будет полностью занят. Разумеется, мы не отвергаем значения открытия Эльгинского месторождения и возможности его разработки в перспективе, но в настоящее время мы не видим острой необходимости в форсировании строительства столь крупного и дорогостоящего объекта.

Поскольку запасы энергетических углей в Южной Якутии незначительны и представляют собой окисленные зоны на выходах пластов коксующегося угля, то речь следует вести о направлениях использования последнего, которые сводятся к получению доменного и литейного кокса.

В доменных печах применяется кокс класса +25 мм, в литейном производстве - класса +60 мм.

Соответственно, существуют отличия и в требованиях к сырью, т.е. к качеству углей, предназначенных для коксования.

Угли Южно-Якутского бассейна могут служить сырьевой базой для производства как металлургического (доменного), так и литейного кокса. Выбор

технологии будущего коксохимического производства в целом и конструкции коксовых печей, в частности, т.е. разрешение вопроса о том, что производить – доменный кокс или литейный, должно решаться на основе маркетинговых исследований.

Производство кокса в мире начало снижаться, причем в ближайшем будущем это снижение прогнозируется как очень значительное. Объясняется это следующими причинами:

во-первых, большинство развитых стран, достигнув определенного уровня производства чугуна и стали, не планируют увеличение их выпуска, считая более важным снижение металлоемкости выпускаемой продукции;

во-вторых, в этих странах интенсивно ведутся работы по прямому восстановлению железа из руды, т.е. разрабатываются процессы получения металла, не требующие применения кокса. Считается, что будущее именно за такой технологией;

в-третьих, металлурги-коксовики, как правило, придерживаются консервативных взглядов на сырьевую угольную базу. Вызвано это тем обстоятельством, что изменение одного компонента в шихте влечет за собой необходимость изменения 1-2 других компонентов, а зачастую и корректировку температурного режима коксовых печей. Поэтому металлурги стараются не нарушать связи, сложившиеся за многие годы с поставщиками угля и стремятся к долгосрочности договоров;

в-четвертых, в развитых странах идет систематическое совершенствование доменного процесса. В частности, в последнее время все большее применение находит процесс инжекции («вдувания») в доменную печь тонкоизмельченного угля, используемого в качестве восстановителя (вместо кокса). Это приводит к снижению расхода кокса при выплавке 1 т чугуна, т.е. уменьшает потребность в коксе. Так, например, в Японии инжекция применяется на 23 доменных печах из 33-х работающих.

Снижение потребности в доменном коксе планируется и прогнозируется во всех странах, но наиболее впечатляюще это выглядит в Японии: с 1993 по 2010 год прогнозируется снижение производства кокса с 44 до 8 млн. т. Аналогичная ситуация складывается и в других странах.

Внутренний российский рынок не испытывает в настоящее время дефицита коксующих углей.

Приведенные выше, а также другие данные говорят о том, что существующие тенденции в потребности коксующихся углей могут в конечном итоге оставить невостребованными коксующиеся угли Южно-Якутского угольного бассейна и их придется продавать как энергетические. Стоимость 1 т коксующегося обогащенного угля (марки К или Ж) сейчас составляет около 40 долларов США, 1 т энергетического угля – 21-22 долл. США. Поэтому необходимо в перспективе рассмотреть возможность строительства коксохимического завода, т.к. экспорт кокса выгоднее экспорта коксующегося угля.

Япония экспортирует металлургический кокс, полученный из якутских углей, и это ей выгодно.

Если в ближайшее десятилетие в Южной Якутии построить коксохимический завод, то он был бы начальным звеном в комплексе металлургического производства в будущем на основе богатых запасов железных руд.

А. М. Бураков, С. А. Ермаков (ИГДС СО РАН)

А. А. Блинов (ЯИГН)

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ КУРАНАХСКОЙ ПОГРЕБЕННОЙ РОССЫПИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВЫБОР ВОЗМОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА.

Эффективное развитие золотодобывающей промышленности России в настоящее время не представляется возможным без коренного пересмотра самого подхода к месторождению как к объекту деятельности горнодобывающих предприятий.

Выбор стратегии освоения и на ее основе - комплекса способов и средств для эксплуатации месторождения, неразрывно связан с определением структуры его запасов по признаку геолого-промышленного типа месторождения [1].

Геолого-промышленный тип месторождения как классификационное понятие, учитывающее генезис месторождения, минеральный состав руд, особенности методов поиска и разведки, технологию разработки и обогащения, требует своего конкретного определения и для погребенного россыпного месторождения Б. Куранах.

Согласно общемировой тенденции развития золотодобычи, россыпные месторождения уступили свое ведущее место как геолого-промышленный тип объектов разработки уже многие десятилетия тому назад. Вкупе с рядом других факторов это привело в зарубежных странах к значительному росту производительности труда (ПТ) на одного работающего - от 10-12 до 50-60 кг в год.

В условиях становления рыночной экономики и связанной с этим постепенной интеграцией золотодобывающей промышленности России в мировой рынок золота существует объективная необходимость кратного повышения ПТ на разработке глубоко погребенных россыпных месторождений и конкретно - россыпи р. Б. Куранах. Очевидно, что только применение современных технологий разработки и обогащения не может дать необходимого роста ПТ. Помимо этого, требуется дифференциация структуры запасов по количественному и качественному признаку и координация стратегии разработки таких объектов с условиями, определяемыми характером распределения полезного компонента как на всем месторождении, так и на его отдельных участках.

Результаты исследований, выполненных в ИГДС СО РАН, позволили впервые для погребенной россыпи долины р. Б. Куранах (Центрально-

Алданский район) сформулировать представление об организации содержания металла в разрезе рыхлой толщи россыпи по кластерному типу.

Россыпь прослежена по долине реки на расстоянии около 22 км. Эксплуатационные запасы горной массы составляют не менее 300 млн. м³, в том числе дражные галечно-эфельные отвалы, образовавшиеся после отработки верхнего продуктивного слоя, - 75-80 млн. м³. Горно-геологические условия характеризуются большой глубиной залегания (до 50-60 м ниже уровня грунтовых вод) и тяжелыми для разработки глинистыми породами. Содержание глины в целом по россыпи составляет 33%, на отдельных участках до 40-60%. Какая-либо закономерность в расположении глинистых напластований отсутствует.

Наиболее вероятными коренными источниками образования россыпи являются золоторудные месторождения Куранахского и Лебединского рудных полей, что подтверждается рядом исследований.

По генетическим особенностям все известные месторождения и проявления рудного золота в районе принято подразделять на три основных типа: Лебединский (гидротермально-метасоматический), Куранахский (преимущественно метасоматический) и Зверевский (скарновый, с наложным гидротермальным оруденением).

Определено, что прямым следствием многообразия типов формирования золотоносности погребенной россыпи является существование нескольких механизмов образования локальных зон концентрации металла, к основным из которых относятся:

- кластогенные, образованные за счет дифференциации частиц золота различной крупности (гравитационная технология извлечения);
- хемогенные, заключенные в минералах сульфидов и железа (технология кучного выщелачивания);
- новообразованные - продукты окисления руд (биогенные технологии).

Коренные месторождения золота в бассейне р. Селигдар и его правых притоков приурочены к центральной части золотоносной полосы, образуя с юга на север Лебединское и Куранахское рудные поля, при средней ширине от 2 км на юге до 5 км на севере.

Куранахское рудное поле расположено на водоразделе бассейнов рек Б. Куранах и Якокут в северной части района. Размеры рудного поля составляет 20х26 км. Наиболее крупная залежь Боковая имеет горизонтальное залегание и вытянута в северо-восточном направлении на 3,8 км, шириной от 10 до 500 м и мощностью от 1 до 38 м.

Макроскопически руды Куранахского поля представляют собой продукты выветривания, состоят из обломков песчаника, конгломератов, магматических пород, известняков и рудного материала различных размеров, сцементированных песчано-глинистым, глинисто-песчаным материалом или глиной. Вся же масса рыхлых пород отличается пестрой окраской, среди которой преобладают желто-бурые и розовые разновидности.

В рудах Куранахского месторождения выделяется первичное золото, связанное с гидротермальной фазой образования, и вторичное, переотложенное в гипергенных условиях.

Морфологический облик первичного золота разнообразен: жилковидно-пластинчатый, чешуйчатый, иногда - комковидный, изометричный, в виде кристаллов или друзовидно-дендритовидных форм.

Вторичное (агрегативное) золото присутствует в рудах в форме агрегатов и пленок, представляющих собой скопления частичек микронной размерности.

В таблице приводится granulометрический состав золота из руд Куранахского поля (месторождение Боковое) [2].

Таблица 1

Granulометрия золота Куранахского рудного поля.

Привязка	Распределение золота по классам, % пробы							
	+1,0	+0,3	+0,1	+0,03	+0,01	+0,003	+0,001	-0,01
Горизонт-1	5,36	12,65	12,51	19,09	12,02	18,28	8,44	11,65
Усредненная	8,33	9,14	8,56	19,84	13,88	12,61	27,64	Не опр.

В пределах Куранахского поля минерализованных пород в целом преобладают формы выделения вторичного золота, а на Лебединском - первичного, причем более крупной размерности.

Это обстоятельство весьма важно при оценке технологического качества минерального сырья. Так, при незначительном содержании вещества гидроокислов в составе агрегата золотин, агрегат характеризуется тончайшей ноздревато-пористой (губчатой) структурой и чрезвычайной хрупкостью, рассыпаясь на составляющие частички даже при незначительном механическом воздействии на золотину.

Значение рудоносных пород того и другого поля месторождений как источников питания россыпей не может быть определено однозначно не только с позиции применения различных технологий извлечения золота, но и с учетом объема разрушенных эрозией вмещающих пород, а также высвобожденного при этом золота. Так, если руды Куранахского типа в пределах рудного поля только что вскрываются эрозией, то рудные тела Лебединского поля отличаются глубоким эрозионным срезом. Кроме того, среднее содержание в подсчитанных запасах по рудным телам Куранахского и Лебединского типов, по данным С.Г. Желнина [3], характеризуется соотношением 1:3,2. С другой стороны, разведанные запасы первых, по тем же данным, составляют более 94% к общеучтенным запасам золота в целом для обеих рудных полей (по состоянию на 01. 1965 г.).

Приведенные сведения позволяют сделать вывод о различной роли типов руд в питании россыпи на этапах геологической истории. Н.Т. Рягузов считает [4], что результаты усредненного технологического опробования, полученные

на стадии даже детальной разведки, позволяют разработать лишь принципиальную схему извлечения полезного компонента, но их явно недостаточно для сколько-нибудь эффективного планирования добычи в режиме усреднения. Это имеет место на участках отработки погребенной россыпи Б. Куранах.

По этой причине на этапе эксплуатации как рудных, так и россыпных месторождений должно осуществляться технологическое картирование с применением различного класса обоганительных устройств, фиксирующих все формы выделения самородного золота в горных породах.

Очевидно, что способы разработки, состав и типы оборудования добычных и обоганительных комплексов также должны определяться характером происхождением, морфологией, гранулометрией металла, с учетом объема золота, высвобожденного при разрушении вмещающих пород. В частности, многообразие форм золотоносности россыпи Б. Куранах, определяемых видами золотоносного оруденения Куранахского и Лебединского поля минерализованных пород, требует применения различных технологий извлечения [5-14].

В результате применения в схеме гравитационного обогащения операций предварительного обесшламливания и классификации исходной пульпы [5] в голове процесса получено небольшое количество продуктивной зернистой фракции, использованное для последующего обогащения на гравитационных аппаратах, эффективно извлекающих золото крупностью до 20 мкм.

Извлечение ценных минералов из рыхлых толщ четвертичного возраста, разрабатываемых как месторождения строительных материалов, осуществлялось в две стадии: первичное обогащение с получением черного концентрата и доводка, включающая обогащение на концентрационном столе, магнитную сепарацию и деление в тяжелой жидкости немагнитной фракции [6]. Это позволило получить кондиционный золотосодержащий концентрат, а также другие полезные продукты.

Для этих же целей создан новый тип обоганительно-дезинтегрирующего устройства [7], представляющий собой шлюз глубокого наполнения с гидромеханическим перемещением песков и циклической разгрузкой продуктов обогащения. Устройство с наибольшим эффектом может быть использовано на россыпных высокоглинистых месторождениях с тонким и мелким золотом.

Иргиредметом выполнены исследования [8] по разработке рациональной технологии извлечения мелкого золота из песков россыпи участка Озерный Бодайбинского района. Массовая доля золота крупностью $-0,1$ мм в этом месторождении составляет 31,7%, тогда как в россыпи Б. Куранах - 11,6%. По результатам обогащения на лабораторном оборудовании (отсадочная машина ОМЛ, концентратор "Нельсон-7,5", центробежно-вибрационный сепаратор СЦВ-4) сделаны выводы об эффективности их применения. При извлечении самого мелкого (до $-0,05$ мм) золота предпочтительнее выглядят отсадочная машина ОМЛ и особенно концентратор "Нельсон-7,5".

Сравнительно новым направлением в отечественной технологии обогащения является применение метода кучного выщелачивания (КВ) золотосодер-

жащих пород [9]. Эти работы были начаты в 60-70-е годы в США, Канаде, Австралии, Бразилии, ЮАР. Внедрение этого метода обеспечило ряду стран существенное увеличение производства золота: в Канаде в 3; в США в 10, в Австралии в 15 раз (с 1975 по 1992 г). В США на долю КВ приходится более 60% добываемого золота. Производительность большинства предприятий (по горной массе) по сравнению с началом внедрения метода значительно увеличилась и в отдельных случаях достигает 20-30 млн. т. в год. В России первая установка по КВ золота была пущена в 1991 г. на Васильковском месторождении в Казахстане; в 1993-1994 гг. проводились работы по КВ в АООТ "Южуралзолото", на месторождении Жанан (Казахстан), на месторождении Майское (Хакасия). В последние годы проявляется интерес к технологии КВ со стороны старательских артелей и коммерческих структур, но это, как правило, предприятия небольшого масштаба (150-300, редко 600 тыс. т. руды в год).

По теме КВ золотосодержащих пород имеется большое количество материалов как концептуального, так и технологического характера. К первой группе можно отнести работы [10-12]. В работе [10] предлагается определять перспективность тех или иных месторождений к разработке способами подземного (ПВ) и кучного (КВ) выщелачивания методом системного анализа, путем представления проблемы в виде иерархически упорядоченной структуры экономико-математических моделей и критериев их оптимизации, по крайней мере, по четырем уровням. Тедеев М.Н. и Коробанов Е.Е. [11] предлагают использовать при оценке пригодности технологии КВ из руд, отходов и хвостов обогащения метод вероятностного распознавания образов. В связи с этим ими определены факторы (признаки), оказывающие наибольшее влияние на эффективность КВ. По значениям этих признаков рассчитывается вероятность принадлежности объекта к тому или иному образу (типу) и определяется целесообразность применения метода КВ. В [12] рассматривается методика принятия проектных решений по геотехнологическим комплексам ПВ и КВ. В качестве начального этапа освоения объекта принимается проведение опытных работ на месторождении по одной из разработанных базовых схем. По результатам полевых испытаний принимают один из способов рекультивации зоны отработки, нейтрализации вод и вмещающих пород. По совокупности полученных данных разрабатывают проект строительства предприятия.

Ко второй группе относятся работы, описывающие опыт проведения испытаний, а также эксплуатации промышленных установок КВ золота. В [13] рассматриваются особенности технологического опробования сырья с низким содержанием золота. Для сокращения сроков обработки предлагаются передвижные портативные установки, а для повышения извлечения тонкого золота предлагается ряд нестандартных методов, таких, как: селективная флокуляция тонкого золота, КВ золота (рекомендуется проводить непосредственно в кучах объемом 40-60 т для обеспечения достоверности данных), биовыщелачивание.

Для переработки горной массы с чрезвычайно низким содержанием полезных компонентов, при котором применение даже метода КВ не всегда целе-

сообразно, может быть использована ресурсовоспроизводящая технология [14], основанная на перераспределении компонентов в отвальном массиве. Она включает укладку (селективную или комбинированную) горной массы различного качественного состава, содержащей полезные компоненты, и создание геохимических барьеров, обуславливающих резкую смену геохимической обстановки в отвальном массиве. В процессе специальной обработки горной массы происходят растворение, миграция и последующее осаждение соединений полезных компонентов в зоне действия барьеров, что повышает концентрацию металлов в локализованном объеме горной массы и способствует эффективной ее переработке традиционными методами. Для различных условий хранения продолжительность внутриотвального обогащения может изменяться от нескольких недель до нескольких лет, что, с учетом, как правило, длительных сроков хранения полезных компонентов в отвалах и рудных складах является вполне приемлемым.

Совмещение закономерностей концентрации металла в разрезах и по профилю с технологическими возможностями и параметрами различных способов разработки и обогащения золотосодержащих песков требует более детального анализа строения долины россыпного месторождения р. Б. Куранах, что позволит в дальнейшем перейти к разработке конкретных требований по технологии и организации горных работ.

Литература:

1. Кистеров К.В., Ильковский К.К. Об эффективном развитии горнодобывающей промышленности (на примере золотодобывающей отрасли). Обогащение руд, №1-2, 1999. С.3-7.
2. Новиков В.А., Николаева Л.А., Яблокова С.В. Изучение минералогии золота и разработка критериев дальности его переноса. Алдан, 1966 (фонды ГП "Алдангеология").
3. Желнин С.Г. Золотоносность Центрально-Алданского района и перспективы погребенных россыпей. Дисс. на соиск. учен. степ. канд. геол. - минер. наук. Магадан, 1967 (фонды ЯИГН СО РАН).13с.
4. Регузов Н.Т. Геолого-технологическое картирование железорудных месторождений. Горный журнал, №8, 1997.С.12-15.
5. Чантурия В.А., Демин А.М., Сухов Н.Н. (ИПКОН РАН). Модульные обогатительные установки - резерв увеличения добычи золота и редких металлов. Горный журнал, №4, 1996. С.30-31.
6. Романчук А.И., Никулин А.И., Гончарук В.К., Жарков В.В. (ЦНИГРИ). Перспективы извлечения золота при разработке песчано-гравийных месторождений. Горный журнал, №4, 1996. С. 32-36.
7. Чабан В.А., Вишневский В.А., Алпатов А.И., Егоров Б.Н. Обогачительно-дезинтегрирующее устройство для выделения тяжелых металлов из песков. Горный журнал, №4, 1996. С.37-39.

8. Тарасова Т.Е., Маньков В.М., Иванов А.Ю., Брынцев В.В. Извлечение мелкого золота из глинистых песков. Горный журнал, №11-12, 1996. С.86-88.
9. Седельникова Г.В. Практика кучного выщелачивания золотосодержащих пород. Горный журнал, №1-2, 1996. С.122-124.
10. Мосинец В.И. Перспективы подземного и кучного выщелачивания золота из гидротермальных и россыпных месторождений. Там же. С.108-111.
11. Тедеев М.Н., Коробанов Е.Е. Оценка пригодности месторождений золота для кучного выщелачивания. Горный журнал, № 1-2, 1996. С.112-114.
12. Забельский В.П., Воробьев А.Е. Проектирование предприятий для разработки золоторудных месторождений геотехнологическими методами. Горный журнал, № 1-2, 1996. С.114-118.
13. Небера В.П. Особенности технологического опробования сырья с низким содержанием золота. Горный журнал, № 1-2, 1996. С.119-120.
14. Воробьев А.Е. Преобразование качества некондиционного минерального сырья в складах и отвалах. Горный журнал, №11-12, 1996. С.89-91.

И.И. Ковлеков, Е.Д. Саввин, В.С. Андреев, Л.М. Кузнецова (ЯГУ)

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ ХВОСТОВ БЕРЕГОВОЙ БОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Применяемая гравитационная технология извлечения золота на береговой обогатительной фабрике (БОФ) не в состоянии обеспечить эффективное извлечение мелкого, тонкого и связанного золота. Основная причина кроется в превышении пределов применимости методов гравитационного обогащения: большая удельная доля мелкого, тонкого и связанного золота в россыпи максимально снижает эффект сепарации по плотности. Поэтому при наличии их в песках россыпи до 60% необходимы поиск и разработка других, более эффективных способов извлечения.

Схема обогащения золотиносных песков на фабрике представляет собой гравитационное обогащение на отсадочных машинах. Пески перед подачей на основную отсадку проходят через дражную бочку. Основная отсадка осуществляется на отсадочных машинах МОД-3, пересчетная - на МОД-2. Концентрат пересчетной отсадки сокращается на месте на концентрационном столе. Хвосты фабрики транспортируются землесосом типа ЗГМ - 2М по пульповоду диаметром 500 мм и длиной до 1000 м на хвостохранилище. Общий объем пульпы - 2000 м³/сут., максимальная крупность твердых частиц в пульпе - 20 мм, отношение твердого к жидкому (Т:Ж) - 1:10, 1:30.

Для извлечения мелкого, тонкого и связанного золота из хвостов БОФ была разработана новая конструкция магнитных шлюзов с непрерывной разгрузкой концентрата. При этом колода магнитных шлюзов устанавливалась непосредственно на конце пульповода для сброса хвостов. Общий вид на шлюзо-

вую колоду приведен на рис. 1, где цифрами обозначены: 1 - приемный лоток, 2 - шлюзовой отсек, 3 - хвостовой отсек, 4 - резиновая футеровка, 5 - магнитная армировка, 6 - разгрузочный узел, 7 - разгрузочный лоток для концентрата (подшлюзок), 8 - бункер, 9 - песковые насосы, 10 - вентиль, 11 - труба для подачи воды. Хвосты магнитных шлюзов сбрасывались самостоимом на хвостохранилище фабрики. Съемка магнитного шлиха производилась непрерывно по разгрузочному желобу в зумпф насосов ПБ 63/22,5. Насосами шлихи транспортировались в спецотвал, где подвергались естественному обезвоживанию.

Для равномерного распределения пульпы по шлюзам изготавливался приемный лоток, поверхность которого покрывалась износостойкой армированной резиной. Хвостовой отсек колоды имел аналогичную форму и размеры. Он был снабжен желобом для отвода места боя от подсыпки шлюзовой колоды. Желоб был разделен на две равные секции вдоль продольной оси вертикальной направляющей пластиной для предотвращения выхлеста пульпы. Вся шлюзовая колода устанавливалась на подпорных кострах (колодах) из лафета с уклоном 0,10. Подпорные конструкции скреплялись скобами и болтами, а затем производилась забутовка песчано-гравийной смесью. К разгрузочному желобу через вентиль подавалась вода для смыва концентрата. Для регулирования объема подачи на шлюзовую колоду пульпы подавалась через задвижку с электрическим приводом.

Площадка для складирования шлихов была выполнена с уклоном 3° к хвостохранилищу с некоторым понижением отметок по периметру, чтобы исключить разлив растворов, поступающих со шлихами.

Проведенные анализы исходного питания и продуктов обогащения магнитных шлюзов показали следующее.

Исходное питание. Насыпной вес твердого золота в хвостах фабрики составляет 1,7 см³. Гранулометрический состав продуктов обогащения приведен на рис. 2. Он свидетельствует о значительном выходе крупной фракции: грохочение по классу 0,9 мм даёт сокращение песков в 2,5 раза. Золото в хвостах фабрики представлено мелкими классами. Особо следует отметить аномально высокую удельную долю тонкого и дисперсного золота: 65% свободного золота представлено классом крупностью -0,071 мм (рис. 3). Среднее содержание золота составило 0,522 г/т. При этом доля связанного золота не превышает 12,6%. Среднее содержание золота по результатам химического анализа составило 0,15 г/т.

Концентрат шлюза. Насыпной вес магнитных шлихов составил 2,16 г/см³. Выход магнитной фракции - до 67,6%. Содержание свободного золота колеблется в пределах 11,57-162,81 г/т. Медианный размер частиц золота лежит в пределах 0,29-0,35 мм (рис. 3). Этот класс золота и крупнее представлены преимущественно пластинчато-чешуйчатыми морфотипами. Содержание золота в немагнитной фракции может достигать от 71,4 г/т до 458,1 г/т. Связанное золото составляет от 0,68 до 2,05%. Результаты анализа содержания золота и фазовый состав по классам крупности в концентрате приведены в таблице 1.

Концентрат подшлюзка. Насыпной вес - 2,4 г/см³. Содержание свободного золота составило 0,352 г/т. Доля связанного золота достигает 38,1%.

Хвост. Насыпной вес - 1,7 г/см³. Содержание золота по химическому анализу - 0,15 г/т, по пробирному - 0,54 г/т, по фракционному - 0,26 г/т. Доля связанного золота достигает до 39,2%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что испытанная конструкция магнитного шлюза обладает следующими преимуществами:

- безопасна и проста в обслуживании, так как не содержит традиционные средства армировки (графареты, резиновые коврики, брусья и клинья для закрепления на шлюзе);

- исключена операция сполоска и постоянное присутствие персонала за счет непрерывной съемки концентрата;

- магнитный шлюз не заливается из-за постоянного "обновления" улавливающей постели;

- илито-глинистые магнитные частицы вследствие воздействия магнитным полем флокулируются и более интенсивно оседают на отстойных прудах.

Таблица 1

Ситовой анализ золота в концентрате

Класс, мм	Выход, %		Содержание золота						Распреде- %	
	част.	сумм.	свободное		связанное		суммарное		Своб.	Сумм.
			г/т	г/т от исх.	г/т	г/т от исх.	г/т	г/т от исх.		
+5	2,8				0,4	0,01	0,4	0,01	0,00	0,00
+2,5	3,3	6,1			1,9	0,06	1,9	0,06	0,00	0,04
+1,6	6,7	12,8			0,6	0,04	0,6	0,04	0,00	0,02
+0,9	10,2	23	14	1,43	0,3	0,03	14,3	1,46	0,88	0,89
+0,63	10,7	33,7	86,29	9,23	0,2	0,02	86,49	9,25	5,67	5,65
+0,315	23,3	57	258,36	60,20	1	0,23	259,36	60,43	36,97	36,86
+0,16	34,4	91,4	211,58	72,78	1,75	0,60	213,33	73,38	44,71	44,77
+0,071	7,2	98,6	226,66	16,32	1,4	0,10	228,06	16,42	10,02	10,02
-0,071	1,4	100	203,25	2,85	1,8	0,03	205,05	2,87	1,75	1,75
Итого:	100			162,81		1,12		163,93	100	100

эфельные хвосты
фабрики

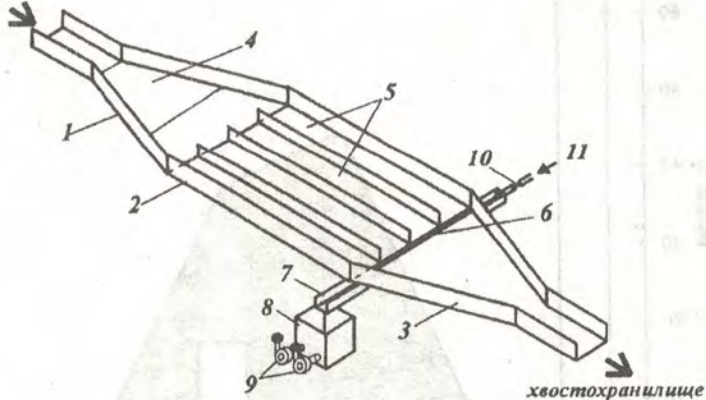


Рис. 1. Общий вид на колоду магнитных шлюзов

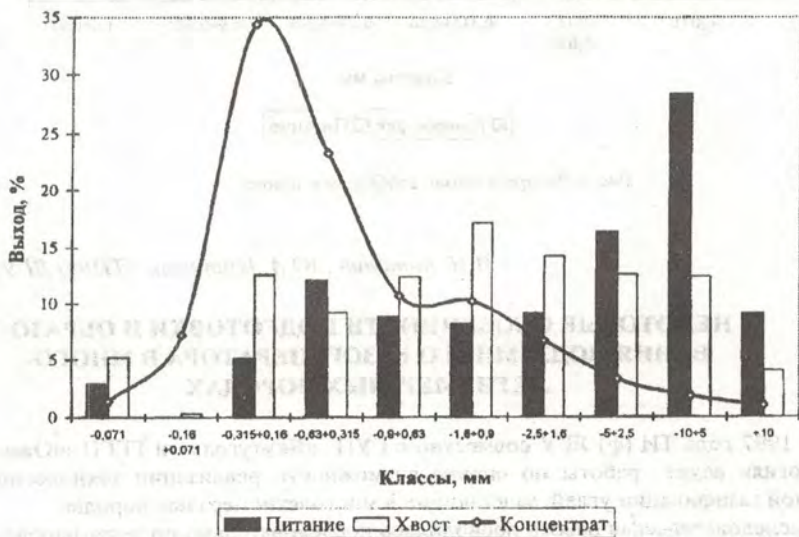


Рис. 2. Гранулометрический состав продуктов обогащения

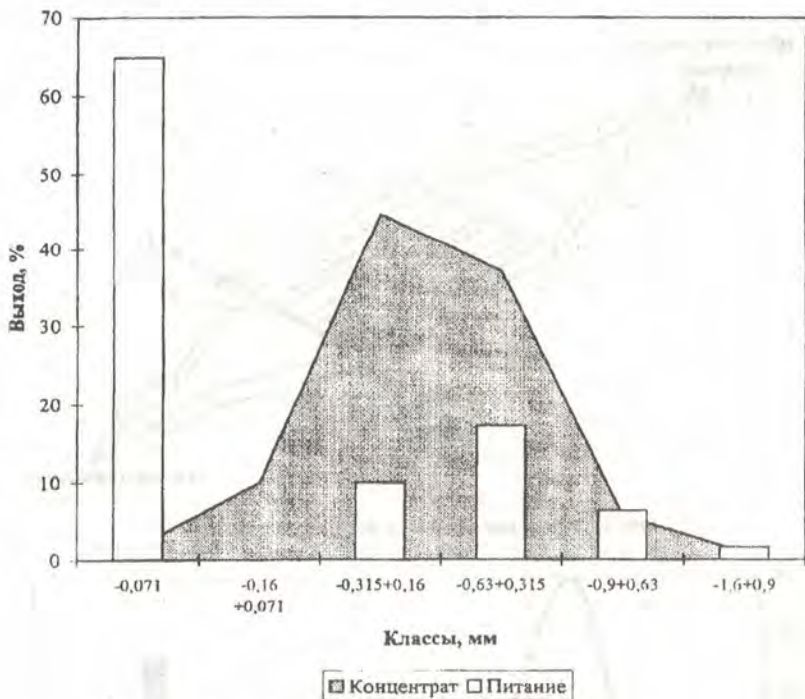


Рис.3. Распределение свободного золота

И.Н. Антипин, Ю.А. Шипицын (ТИ(ф) ЯГУ)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И ОБРАЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ

С 1997 года ТИ (ф) ЯГУ совместно с ГУП «Якутуголь» и ГГПП «Юж-кутгеология» ведет работы по оценке возможности реализации технологии подземной газификации углей, залегающих в многолетнемерзлых породах.

Исследовательская работа проводилась последовательно по двум направлениям. Первое - создание наземного лабораторного стенда, имитирующего процесс газификации угля при отрицательной температуре. Второе - сооружение экспериментального подземного газогенератора в многолетнемерзлых породах.

Первый этап исследований подтвердил возможность подземной газификации угля при температурах меньше 0°C , после чего и было принято решение о сооружении экспериментального полигона по ПГУ.

Полигон подготовлен на локальном участке (рис.2) пласта D_{15} Денисовского каменноугольного месторождения, залегающего на глубине 10-40 м., мощностью от 0,7 до 2,0 м., угол залегания 2° - 5° . Пробурено 3 пары геотехнических скважин (рис.2), одна половина которых предназначена для подачи дутья, другая - для выдачи синтезирующего газа (рис.1). Каждая пара располагается в разных геокриологических условиях. Для слежения за температурным полем дополнительно пробурено 3 пары наблюдательных скважин.

При бурении сразу же возникли вопросы, касающиеся непосредственно достоверности геологической информации, полученной на стадиях предварительной и детальной разведки месторождения. Это касается как глубины залегания пласта, его мощности, так и границ пространственной протяженности его. При средней мощности пласта угля около 1м разница отметок кровли и почвы варьируется в пределах 1,5 м. Выявлено также несоответствие внутреннего строения пласта угля и его геокриологических условий залегания (рис. 3).

Принимая во внимание сказанное, следует вывод: при проектировании и сооружении подземного газогенератора в геокриолитозоне следует провести эксплуатационную доразведку угольных пластов, подлежащих газификации.

Вторым, наиболее сложным вопросом ПГУ при отрицательной температуре пород является создание в пласте угля канала сообщения между дутьевыми и газоотводящими скважинами для создания фронта «горения». По классической технологии в условиях положительных температур недр разрыв целостности угольного пласта производится следующими способами:

- гидравлическим,
- электрическим,
- прожигом,
- направленным бурением.

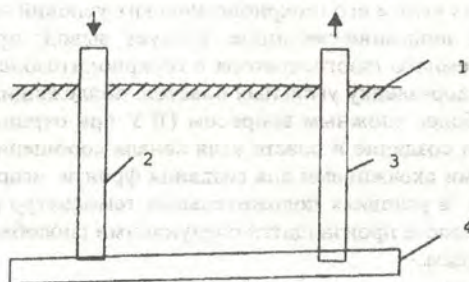
Второй и третий метод применять в полевых исследованиях на данном полигоне нецелесообразно, т.к. для второго способа необходим мощный источник электричества (высоковольтная линия), а для третьего способа необходимо, чтобы уголь был достаточно трещиноват, и сообщение между скважинами достигалось проработкой природных трещин.

Первый метод предполагает гидроразрыв пласта по специальной технологии. Метод достаточно опробован, хорошо себя зарекомендовал, имеет в данных условиях наиболее низкую стоимость. Расчетным путем было подсчитано требуемое давление насосов для разрыва пласта. Однако на первом профиле (первая пара скважин) гидроразрыв не дал положительного результата, прежде всего потому, что инициирующая сбойная щель получила сообщение с водоносным горизонтом, розжиг пласта имеющимися средствами стал невозможен.

На втором профиле (вторая пара скважин) угольный пласт находился в геокриолитозоне. Полноценного эксперимента по гидросборке скважин провести не удалось по причине низкой температуры воздуха (октябрь), обильных снегопадов и, как следствие, очень плохих дорожных условий (рис. 1).

Но анализ результатов эксперимента в данных условиях лишний раз подтвердил следующий вывод: создавать сообщения между скважинами в геокриолитозоне лучше всего методом направленного бурения, но это предполагает газификацию глубоко залегающих или круто падающих угольных пластов, дополнительных финансовых затрат на покупку специальных технологических средств направленного бурения.

В любом случае продолжение начатого в Южной Якутии эксперимента требует достаточно больших финансовых затрат, которые несомненно окупятся уже в ближайшем будущем при соответствующей постановке и решении поставленных задач.



Условные обозначения:

- 1-дневная поверхность;
- 2-дутьевая скважина;
- 3-газоотводящая скважина;
- 4-угольный пласт.

Рис. 1. Структурная схема «пары» геотехнологических скважин

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА
УЧАСТКА РАБОТ

△ - УЧАСТОК РАБОТ

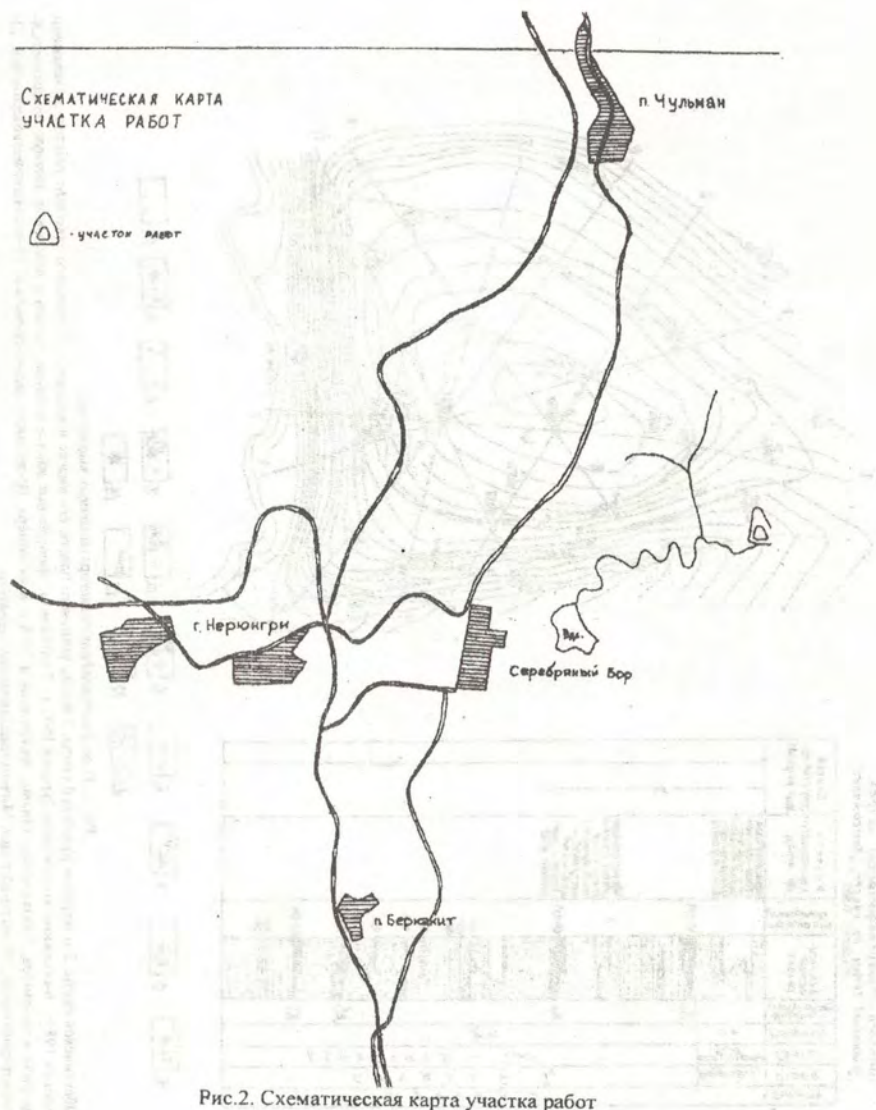


Рис.2. Схематическая карта участка работ

Литолого-стратиграфический разрез
углянской толщи в участке "Космонавт"
Исходные 1:500

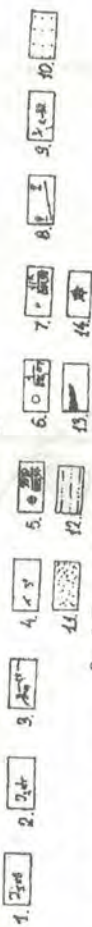
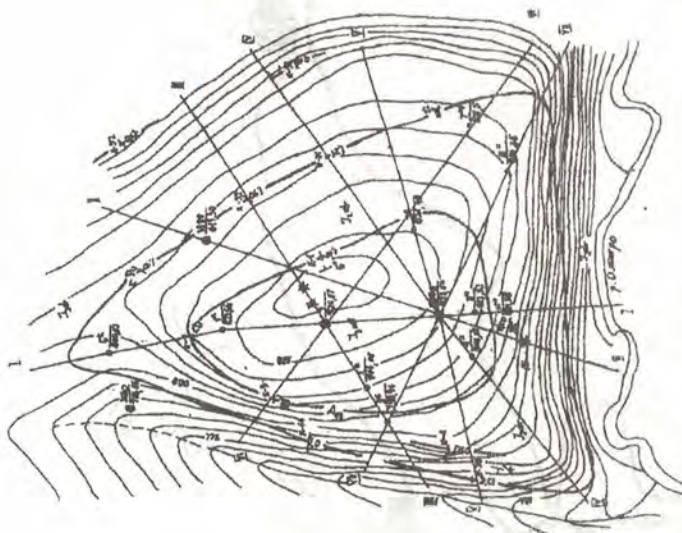
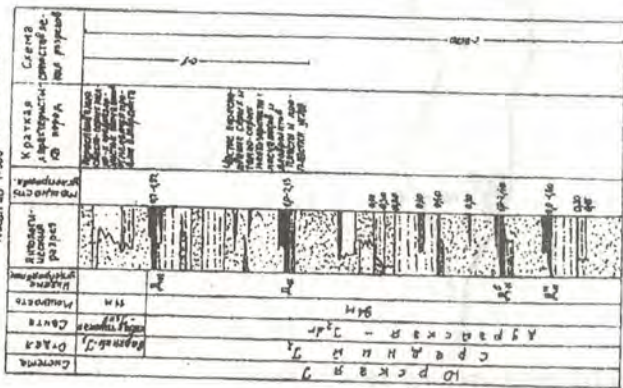


Рис. 3. План распределения геологоразведочных выработок
кабачинской свиты, 2-отложения лурайской свиты, 3-выход угольного пласта, 4-элементы залегания пластов, 5-скважины
колониального бурения 1981 г., 6-скважины колониального бурения 1992 г., 7-скважины, пробуренные вблизи выходов угольных пластов на левую поверхность, 8-
разведочные профили и их номера, 9-разведочные каналы, пробуренные в 1978 г. и их номера, 10-песчаный среднемеристый, 11-песчаный мелкозернистый, 12-
алевролит крупноалевролитовый, 13-угольный пласт, 14-тектонический пласт.

УЧЕТ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В УСЛОВИИ СОВМЕСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Пластическое деформирование мерзлых пород ввиду разнообразия типов структуры, текстуры и физико-механических свойств многофазной системы является сложным явлением для прогнозирования при взаимодействии породного массива с крепью горной выработки. Из всех компонентов мерзлой породы наиболее подверженным пластическому деформированию считается лед. Условия протекания деформационных процессов в чистом льде как отдельном твердом теле приводят в зависимости от уровня напряженного состояния к смене механизмов деформирования льда. Как отмечает Соломатин В.И., порядок изменения деформирования кристаллов льда соответствует следующей схеме: сначала наблюдаются пластические деформации, а затем по мере роста напряжений наступают хрупкие деформации. Наличие большого количества размеров и форм кристаллов льда предполагает множество путей реализации механизмов деформирования и их развитие от уровня действующих напряжений.

Принцип совместного деформирования системы "крепь выработки - массив горных пород" дает возможность учитывать влияние новых геомеханических ситуаций, возникающих при эксплуатации горной выработки, на расчет параметров крепи. В основе принципа лежит условие контактного деформирования приконтурного слоя массива горных пород и внешней поверхности конструкции крепи выработки. Принцип совместного деформирования позволяет комплексно учитывать различные виды деформаций породного массива, которые можно разделить на деформации, вызванные собственно проведением выработки, и на деформации, обусловленные осложненными горногеологическими, геокриологическими и горнотехническими условиями. Это дает возможность использовать комбинированный способ расчета составляющих системы взаимодействия.

Уравнение совместности перемещений контура обнажения породного массива и внешней поверхности крепи выработки:

$$U_{\infty}(P) = U_0 + U(P), \quad (1)$$

где $U_{\infty}(P)$ - смещение породного контура к моменту установления статического равновесия в системе крепь - массив; U_0 - начальные смещения породного контура до момента ввода крепи в работу; $U(P)$ - смещение внешнего контура крепи при статическом равновесии в системе крепь - массив.

Выражение (1) состоит из аддитивных слагаемых. Следовательно, компоненты смещений, слагающих уравнение, можно рассчитывать отдельно - это позволяет для каждого элемента предлагать самостоятельные, независимые расчетные схемы и постановки задач. В этом смысле условие (1) является универсальным по своим возможностям решать прикладные задачи по прогнозу

нагрузок на крепь выработки при допредельном, запредельном деформировании горных пород и даже в состоянии их руинного разрушения.

Пластические деформации в отличие от упругих накапливаются в породном массиве даже в случае снятия причин их вызвавших. Для многолетнемерзлого массива пород пластические деформации имеют температурную зависимость, особенно при фазовом переходе. Учитывать многократные процессы изменения температурного состояния, при которых происходит рост пластических деформаций, целесообразно, формулируя разные постановки геомеханических задач, соответствующие температурным режимам многолетнемерзлого породного массива вокруг выработки. Тогда влияние роста пластических деформаций в процессе эксплуатации выработки можно учитывать через условие совместности деформаций (1), применяя принцип суперпозиции. Учет пластических деформаций по условию (1) можно осуществить двумя способами.

С одной стороны, можно рекомендовать накапливать расчетные значения пластических деформаций в компоненте условия (1), характеризующего смещение породного контура к моменту установления статического равновесия в системе «крепь – массив»:

$$U_x(P) = \sum U_i \quad (2)$$

Тогда параметры взаимодействия будут определяться непосредственно из условия (1).

В режиме взаимовлияющей деформации породного массива слагаемую условия (1), относящуюся к величине смещения контура поверхности крепи выработки, представим в виде:

$$U(P) = B \cdot P,$$

где P – расчетная нагрузка на крепь выработки, определяемая как результат совместного деформирования породного массива и крепи.

Условие (2) модифицируем следующим образом:

$$U_x(P) = \sum U_i = (Q - P) \sum A_i.$$

Тогда параметры взаимодействия породного массива и крепи выработки по условию (1) составят:

$$P = (Q \sum A_i - U_0) / (B + \sum A_i). \quad (4)$$

Анализ выражения показывает, что с накоплением пластических деформаций в породном массиве происходит увеличение значений расчетной нагрузки на крепь выработки. Причем, амплитуда увеличения нагрузки будет определяться величиной исходной силовой нагрузки в породном массиве.

Если взаимодействие происходит в режиме заданной деформации, то можно получить аналогичным образом расчетную нагрузку и в этом случае:

$$P = (\sum A_i - U_0) / B. \quad (5)$$

Второй способ заключается в возможности накапливать пластические деформации в компоненте начальных смещений породного контура до момента ввода крепи в работу:

$$U_0 = \sum U_i \quad (6)$$

В данном случае необходимо при каждом сложении пластических деформаций определять параметры взаимодействия. Например, для режима заданной деформации породного массива расчетная нагрузка на крепь выработки будет равна:

$$P_i = (U_x - \sum U_i) / B. \quad (7)$$

А общую нагрузку на крепь выработки можно определять суммированием расчетных параметров взаимодействия:

$$P_{\text{общ}} = \sum P_i. \quad (8)$$

В этом способе учета пластических деформаций сложность решения задачи заключается в правильном определении компоненты $U_x(P)$ условия (1). Те приемы, что известны в геомеханических задачах, будут неприемлемы в рассматриваемом варианте, хотя возможность таким образом определять нагрузку на крепь выработки является вполне логически обоснованной.

Таким образом, предлагается два способа расчета параметров взаимодействия при совместном деформировании многолетнемерзлого породного массива и крепи, учитывающих, что породный массив на протяжении длительного периода эксплуатации выработки в зависимости от сезонных изменений температурного режима пород имеет тенденцию постепенно накапливать пластические деформации в приконтурной области породного обнажения.

*Т.А. Вычужин, А.С. Бауск (ТИ (ф) ЯГУ),
А.В. Водолазский (С/а «Пламя»).*

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПЕСКОВ НА ПРОМПРИБОРАХ ТИПА ПГШ.

В настоящее время при открытой разработке месторождений россыпного золота используют различные методы обогащения золотосодержащих песков. Достаточно эффективно в промышленных масштабах используют гравитационное обогащение, флотацию золота, цианирование и кучное выщелачивание. Однако основным остается гравитационный метод с использованием различного оборудования. На современном этапе развития техники и технологии обогащения разработано большое количество оборудования для гравитационного обогащения. Существует достаточно различных технологических схем с использованием этого оборудования, являющихся достаточно эффективными. Однако, основной остается традиционная технология первичного обогащения на шлюзах глубокого заполнения с предварительным размывом песков (дизинтеграция и классификация) на гидровашгердах. Шлюзы глубокого заполнения используются для получения первоначального концентрата.

Принцип действия промывочных переставных установок типа ПШ основан именно на шлюзовой технологии обогащения. В зависимости от произ-

водительности промприборы делятся на несколько типов: ПГШ-30, ПГШ-50, ПГШ-75 [2].

Прибор представляет собой комплекс агрегатов: гидровашгерд, гидромонитор, шлюз глубокого наполнения и насосную установку с приводом для подачи воды.

Схема работы установки довольно проста. Исходные пески подаются на гидровашгерд, где размываются с помощью гидромонитора. Крупная фракция струей воды удаляется в отвал, а мелкая поступает в бункер гидровашгерда. Затем подрешетный материал в виде пульпы с помощью гидроэлеватора по пульповоду подается на шлюз глубокого наполнения. Он предназначен собственно для обогащения золотосодержащих песков. Пульпа проходит по шлюзу, вследствие чего материал с большим удельным весом оседает и улавливается, а пустая порода уходит в отвал. Для улавливания тяжелых фракций устанавливаются металлические трафареты, под которые укладываются резиновые коврики.

Переставные промывочные установки типа ПГШ получили очень широкое применение при разработке россыпных месторождений золота. Это вызвано тем, что они имеют ряд достоинств:

- простота в эксплуатации;
- надежность и ремонтпригодность;
- достаточно большая производительность;
- высокая концентрация материала;
- мобильность и быстрота монтажа;
- небольшие капитальные и эксплуатационные затраты;
- промприборы могут изготавливаться силами самих предприятий.

Все указанные выше достоинства объясняют популярность промприборов типа ПГШ, кроме того они могут модернизироваться самими золотодобывающими предприятиями.

Но кроме неоспоримых достоинств промывочные установки данного типа имеют ряд существенных недостатков:

- простой прибора во время съема концентрата;
- низкая степень извлечения золота.

Съем концентрата производят периодически 1-2 раза в сутки, что требует остановки промприбора на 1,5-3 часа, что снижает производительность.

Низкое же извлечение золота обусловлено потерями, в основном, мелких фракций металла.

Потери золота при промывке имеют место при размыве песков (выброс в галечный отвал), обогащении (снос ценного компонента) и во время съемки концентрата. Однако основные потери наблюдаются во время работы промприбора и обусловлены сносом. Золото «гравитационной» крупности (+0,25) извлекается достаточно эффективно, тогда как мелкое (-0,25) и тонкое (-0,1) золото извлекается неудовлетворительно [3]. Отсутствие оперативных объективных данных не позволяет однозначно оценить потери золота, по самым оптими-

стичным оценкам они составляют 15-25 %. А при обогащении песков с большой долей мелкого золота - до 40 %.

Эффективность извлечения золота на шлюзах глубокого наполнения зависит от таких факторов, как:

- производительность на 1 м² улавливающей поверхности;
- тип и состояние трафаретов и ковриков;
- наличие тяжелых минералов;
- гранулометрический состав песков;
- фракционный состав золота;
- освещенность воды;
- угол наклона и длина шлюзов;
- частота съема концентрата (сполоска) и др.

В целом можно утверждать, что качество обогащения напрямую зависит от режима промывки. Следовательно низкий уровень извлечения золота обусловлен не столько несовершенством технологии, сколько сложностью создания оптимальных режимов промывки. Наблюдения показывают, что на золото-добывающих предприятиях часто к режимам обогащения (промывки) относятся с недостаточным вниманием. А между тем, например, неправильно выбранный угол наклона шлюза может привести к сильному увеличению сноса металла. Часто грязная вода приводит к большим потерям из-за увеличения ее плотности. Чтобы избежать простоев, нередко, сполоск производят один раз в сутки. Это в большинстве случаев приводит к переуплотнению минеральной постели, что в свою очередь приводит к повышенному сносу ценного компонента. Изношенные, непригодные к использованию трафареты и коврики также приводят к потерям золота.

Итак, чтобы снизить потери ценного компонента необходимо создать оптимальные режимы обогащения. При использовании промывочных установок типа ППШ основные направления увеличения качества обогащения следующие:

1. Необходимо создать приемлемую технологию образования пульпы с оптимальным соотношением Т:Ж и механизм контроля за параметрами пульпы.
2. Добиться более качественного осветления воды при оборотном водоснабжении при помощи более совершенных технологий.
3. Необходимо регулировать скорость потока пульпы с помощью изменения угла наклона шлюза. Оптимальный угол наклона следует подбирать с учетом вещественного и гранулометрического состава песков.
4. Создавать более совершенные типы ковриков и трафаретов. В настоящее время широко используются коврики с наклонными рифлями.
5. Большое внимание следует уделять съему концентрата. Частоту съема необходимо выбирать с учетом состава песков; постель не должна переуплотняться. Чтобы делать съем чаще и при этом снизить простои, следует применять какой-либо вариант контейнерной съемки.
6. Нужно добиваться как можно более равномерной подачи песков на стол гидравшгерда, а следовательно и на шлюз.

Однако, даже если создаются оптимальные режимы обогащения, снос мелких фракций имеет место. Поэтому в технологическую схему обогащения включают дополнительное оборудование. Это, как правило, отсадочные машины, концентрационные столы, сепараторы и др.

Наиболее простым дополнением в технологическую схему являются шлюзы мелкого наполнения (подшлюзки) различных конструкций.

Но, как известно, применение дополнительного оборудования приводит к дополнительным капитальным и эксплуатационным затратам, а также к усложнению технологии и, как следствие, организации работ. Кроме того это приводит к дополнительным затратам времени на съём концентрата, ремонт, обслуживание и монтаж оборудования, и как следствие - к снижению производительности промприбора в целом.

Из вышесказанного следует, что для повышения степени извлечения ценного компонента с одновременным снижением затрат времени и ресурсов необходимо усовершенствование технологии обогащения самого промприбора. Эта технология должна быть простой и недорогой, чтобы не увеличивать себестоимость 1 г металла.

Литература:

1. Полькин С.И., Адамов Э.В. Обогащение руд цветных металлов. М: Недра, 1983.- 400 с.

2. Руководство по эксплуатации прибора гидроэлеваторного шлюзового ВНИИ. 1974.- 43 с.

3. Чантурия В.А., Седельникова Г.В. Развитие золотодобычи и технологии обогащения золотосодержащих руд и россыпей. Горный журнал, №5, 1998. С.4-9.

*Н.А. Леоненко, А.П. Кузьменко, Е.А. Жуков
(Институт горного дела ДВО РАН)*

ЛАЗЕРНОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ СОСТАВОВ - ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Количество работ, посвященных лазерному инициированию энергонасыщенных составов (ЭС), в последнее время неуклонно возрастает, что в значительной мере предопределяется практическими потребностями получения с помощью оптоволоконных линий заданной последовательности срабатывания пиросредств [1-4]. Это делает возможным проведение комплексных исследований по опытному подбору оптимальных химических составов пиросредств, отвечающих требованиям дистанционного подрыва ЭС, формирования профили-

рованных детонационных волн при лазерном инициировании. Применение источников лазерного излучения позволяет использовать безопасные вещества в детонаторах, которые чувствительны только к световому воздействию с определенной энергией. Использование оптоволокна в данной лазерной технологии исключает также паразитное влияние электромагнитных помех.

Механизм лазерного инициирования имеет свои особенности. В ходе проведенных нами исследований показано, что эффективность использования горючего в ЭС при лазерном инициировании возрастает в следующей последовательности: **уротропин < 5-аминотетразол < тетразол < аминогуанидиннитрат.**

По имеющимся в открытой печати справочным данным тетразол относится к взрывчатым веществам. По нашим данным и в работах других авторов [1-4], составы с тетразолом активно загораются при лазерном облучении, но не взрываются. Использование связующих наполнителей (нитролаков) снижало восприимчивость к лазерному воздействию. Установлено, что плотность пресования испытываемых составов повышает эффективность лазерного воздействия. Интенсивность горения на стадии развития детонации и сокращения участка перехода горения в детонацию достигается за счет равномерного распределения окислительных и легко окисляющихся группировок, как правило, существующих в горючих органических соединениях. На этой основе в качестве горючего компонента в ЭС для исследований был выбран аминогуанидин нитрат (АГН)- $\text{H}_2\text{NCNHNH}_2 \cdot \text{HNO}_3$.

Для экспериментальных исследований лазерного инициирования ЭС применялась лазерная технологическая установка "АЛЬФА-201" на основе твердотельного квантрона на иттрий-алюминиевом гранате, активированном неодимом, с оптической модуляцией добротности с длиной волны излучения 1064 нм. Для непосредственной визуализации излучения при наведении на мишень в установке используется, соосно включенный, He-Ne лазер с длиной волны 630 нм. Лазерный технологический комплекс был оснащен интерфейсом для компьютерного управления его работой. Для исследований оптического и акустического сигналов применялись два запоминающих осциллографа, включенных синхронно, что позволяло определять время задержки детонации между ними. Измерение энергии серии импульсов излучения осуществлялось с помощью калориметра, типа ИМО-2Н. Калориметр помещался в пучок лазерного инициирующего излучения с заданными параметрами перед началом и после проведения испытаний смеси. В случае, когда происходил взрыв испытываемой смеси, на экране осциллографов одновременно записывались световой и акустический импульсы. Таким образом, с достаточной точностью были произведены измерения времени задержки как загорания смеси, так и волны детонации относительно лазерного импульса. Получаемые при этом сигналы регистрировались на видеокамеру и затем компьютерно обрабатывались.

Было установлено, что время задержки между импульсным лазерным сигналом и акустическим сигналом при детонации составляет около 50

миллисекунд, как это и видно из представленной на рис. 1 осциллограммы, где они совмещены.

Величина энергии падающего лазерного излучения рассчитывалась стандартным образом: $E=P/t_n$, где P —средняя мощность излучения, измеренная калориметром, t_n —длительность серии импульсов.

Для выяснения природы световых импульсов оптический и звуковой сигналы складывались в дифференциальном усилителе. На рис. 1 приведена соответствующая осциллограмма светового и акустического импульсов, полученная при тех же условиях. Через 200 мс появляется вспышка света, акустический же сигнал появился через 250 мс после окончания лазерного импульса. Второй световой импульс появляется одновременно с акустическим. По нашему мнению, первый световой импульс появился из-за загорания поверхности ЭС, по мере продвижения фронта горения вглубь образца, световой импульс исчезает и появляется вновь после взрыва и разлета продуктов сгорания.

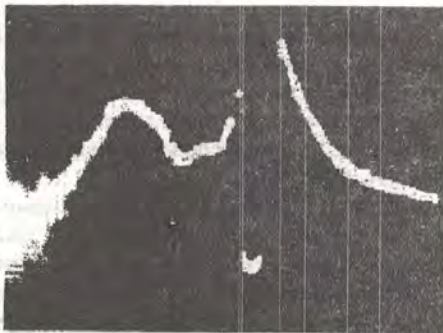


Рис. 1. Осциллограмма совмещенных светового и акустического импульсов

Установлено, что взрыв ЭС наблюдается при достижении нижних пороговых условий по давлению прессования: 30 МПа, толщины таблетки 5 мм и фокусировке излучения в пределах 1 мм под поверхностью образца. При этом задержка начала горения составляла 170 мс, а задержка детонации относительно начала импульса составила 220 мс и не изменялась с ростом вышеприведенных значений давления, толщины и фокуса инициирующего излучения, что косвенно подтверждает вывод о детонационной природе регистрируемого акустического сигнала.

Таким образом, по результатам проведенных исследований процессов лазерного инициирования ЭС на основе АГН на испытательном стенде определены нижние пороговые параметры давления прессования для исследованного гетерогенного органического соединения, которые составили по давлению прессования 25-30 МПа, по толщине образцов 5 мм, по условию фокусирования на 1 мм под поверхность образца. Экспериментально доказано, что ЭС типа АГН

имеет постоянное «время активации», что и определяет время задержки детонации, которое составило около 50 мс.

Величина времени формирования детонации на испытываемом энергонасыщенном составе свидетельствует в пользу его возможного применения в промежуточных детонаторах системы лазерного подрыва при проведении взрывных работ.

Литература:

1. Александров Е.И., Вознюк А.Г. Физика горения и взрыва. 1993, т. 29, № 2, С. 56.
2. Карлов Н.В., Кириченко Н.А., Лукьянчук Б.С. Лазерная термохимия. М.: ЦентрКом, 1994.—368 с.
3. Ассовский И.Г., ДАН, 1992, т. 324, №1. С. 114-120.
4. Ассовский И.Г. ДАН, 1994, т. 337, №6. С. 752-756.

Д.Ф. Зенков (Ти(ф) ЯГУ), Г.Е. Солнцев (ЯкРУ)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

При разработке систем автоматизированного электропривода (САЭП) канализационных насосных станции (КНС) и схем автоматики процессов функционирования ее насосных установок необходимо исходить прежде всего из особенностей работы КНС в целом: крайне неравномерное поступление сточных вод в течение суток, сезона и года; ограниченный объем приемного резервуара и, как правило, несколько рабочих и один резервный насосы. При этом, система автоматики должна не только обеспечивать надежное функционирование КНС, но и минимизацию расхода электроэнергии. Минимизация расхода электроэнергии обеспечивается, с одной стороны, использованием целесообразного, с точки зрения технологических требований, и экономичного ЭП, а с другой стороны - рациональным выбором алгоритма регулирования работающих насосов и их количеством, что и обеспечивается системой автоматики. Один из возможных вариантов алгоритма регулирования рассмотрен на примере четырехнасосной канализационной станции (рис. 1), на которой в рабочем цикле задействовано три насоса и один находится в резерве. На рис. 2 представлены Q-H характеристики 1, 2 и 3 соответственно одного, двух и трех одновременно работающих при номинальной скорости насосов, а также характеристика напорного трубопровода 4. При номинальной скорости вращения трех насосов их суммарный расход составляет Q_{3max} (точка с — точка пересечения характеристик 3 и 4). По мере снижения скорости вращения насосов снижается и их суммарная подача до Q_{3min} , а характеристика 3 занимает положение 3'

(точка *b*). Такой же расход обеспечивает одновременная работа двух насосов при номинальной скорости, т.е. $Q_{3min}=Q_{2max}$. При этом в точке *b*, если сохраняется необходимость снижения расхода, возможен вывод из работы одного из насосов, а два других должны повысить скорость вращения до номинальной и их Q - H характеристика займет положение 2. Интенсивность наращивания расхода двух насосов должна соответствовать или быть больше интенсивности снижения расхода выводимого из работы насоса, чтобы исключить возможность гидравлического удара. Таким образом, рассматриваемые процессы осуществляются в точке *b* за достаточно короткое время.

При необходимости дальнейшего снижения расхода обеспечивается снижение скорости вращения двух насосов, что обуславливает перемещение и их Q - H характеристики 2 в положение 2', а расход при этом уменьшается с Q_{2max} до $Q_{2min}=Q_{1max}$. При дальнейшей тенденции к уменьшению расхода все действия системы автоматики в точке *a* по выводу из работы следующего насоса и перехода на номинальные обороты оставшегося осуществляется аналогично последовательности действий в точке *b*.

При дальнейшем снижении расхода продолжается снижение скорости вращения оставшегося в работе насоса и уменьшения его подачи до Q_{1min} , равной, например, $0,25 Q_{1H}$. После чего последует его отключение.

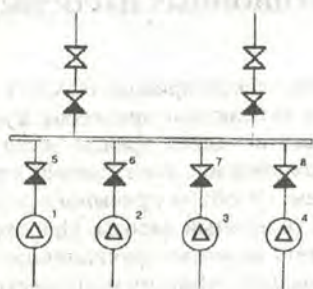


Рис.1.

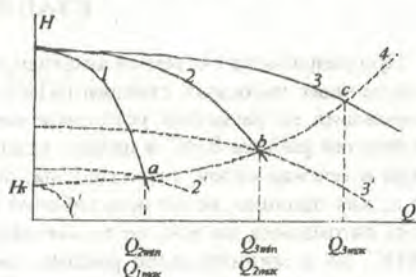


Рис.2.

Процесс вывода насоса из работы должен быть управляемым, чтобы избежать гидравлического удара, возникающего при быстром закрытии обратного клапана вследствие отключения двигателя, что в конечном итоге приводит к разрушению самого обратного клапана. Процесс управляемости должен обеспечиваться системой регулирования электропривода и автоматикой.

К моменту вывода из работы, например, насоса 1 его обратный клапан 5 занимает промежуточное положение с углом $30-40^\circ$ к оси трубопровода. Дальнейшее снижение скорости вращения насоса и соответственно его подачи должны уменьшаться в функции плавного закрывания обратного клапана 5, т.е. в функции его положения. Для этого в систему регулирования должна быть

введена обратная связь либо по положению языка обратного клапана, либо по величине расхода. Однако в ряде случаев ни то, ни другое осуществить по каким-либо причинам невозможно. Тогда прибегают к третьему пути - программному управлению. Здесь практически невозможно осуществить безударного закрывания обратного клапана, но достигается снижение до уровня, обеспечивающего его нормативный срок службы. После закрывания обратного клапана Q-H характеристика насоса соответствует характеристике 1' (рис 2), и в этот момент можно отключать двигатель.

При тенденции к увеличению уровня воды в накопительном резервуаре последовательность ввода в работу насосов осуществляется по аналогичному принципу. Подается команда на включение в работу одного насоса, и скорость вращения его увеличивают до номинальной (характеристика 1), что обеспечивает рост подачи насоса до Q_{1max} (точка а). Далее при увеличении уровня в резервуаре по команде вводится в работу второй двигатель. Здесь следует различать два этапа.

На первом этапе насос разгоняется до такой скорости, при которой его Q-H характеристика занимает положение 1', а напор на его выходе достигнет H_g и обратный клапан находится на грани открывания. При дальнейшем увеличении скорости насоса напор на его выходе увеличивается и при достижении величины, соответствующей точке (а) (если пренебречь весом языка обратного клапана), обратный клапан начинает открываться, а расход насоса - расти и, следовательно, увеличиваться общий суммарный расход. Начало открывания обратного клапана соответствует началу второго этапа. При достижении вторым насосом номинальной скорости суммарный расход двух насосов составит Q_{2max} с Q-H характеристикой 2.

При дальнейшем повышении уровня воды в резервуаре включается третий насос с последующим увеличением скорости его вращения. При достижении напора на выходе насоса величины, соответствующей точке б, обратный клапан начинает открываться и происходит рост расхода насоса. При достижении номинальной скорости будет иметь место суммарный расход трех насосов, равный Q_{3max} их Q-H характеристика - соответствовать характеристике 3. По такому же принципу может быть запущен и резервный насос.

Вместе с тем при включении очередного насоса может наступить равновесие между притоком воды в резервуар и подачей насосов на любом из участков прежде чем очередной включенный насос достигнет номинальных оборотов. При этом необходимо решить, с точки зрения минимальных затрат электроэнергии, вопрос о дальнейшем алгоритме управления работающими насосами. Либо поддерживать уровень в резервуаре путем регулирования скорости вращения вступившего в работу насоса в соответствующем интервале Q-H характеристик 1-2 или 2-3 и при достижении минимальной его подачи подать сигнал на вступление в процессе регулирования работающего до сих пор с номинальной скоростью насосов (насоса), либо при уменьшении уровня в резервуаре должен подаваться сигнал на формирование согласованной скорости вращения

всех работающих насосов и поддерживающих одновременно баланс между объемом поступающей в резервуар воды и суммарной подачей работающих насосов.

Следует иметь в виду, что вводить в работу и выводить из работы очередные насосы целесообразно не равномерно по уровням резервуара, а в крайних интервалах его уровня. Другими словами, вводить в работу последовательно очередные насосы следует тогда, когда один насос не справляется с поступлением воды и ее уровень в баке достиг, например, не менее 80%, и наоборот - последовательный вывод насосов из работы следует осуществлять, когда уровень воды в резервуаре снизился до 20%.

В соответствии с изложенным, можно сформулировать ряд требований, которым должны соответствовать САЭП, датчики и системы автоматики:

- применяемые системы электропривода должны управляться как автономно, так и совместно, иметь возможность плавного регулирования и необходимый диапазон регулирования;

- датчик уровня (ДУ) должен обеспечивать непрерывное измерение уровня воды, различать направление изменения уровня и формировать сигналы, удобные для восприятия системой управления, например, импульсные;

- система автоматики должна обеспечивать надежное исполнение алгоритма функционирования САЭП КНС, а сам алгоритм - оптимально осуществлять необходимые вариации и их набор.

Учитывая, что системы насосов и их электроприводы (ЭП) полностью автоматизированы, а их командным устройством является датчик уровня, то к нему предъявляют особенно жесткие требования. Он должен быть надежен в работе, длительного функционирования, максимально прост в работе и обслуживании, не критичен к повышенной влажности и помехам.

Хотя в настоящее время имеется определенное количество различных типов уровнемеров, однако практически ни один тип невозможно использовать без дополнительных конструктивов и электронных приставок, так как это связано прежде всего с определенными технологическими особенностями их применения и алгоритмами функционирования ЭП КНС. Поскольку алгоритм функционирования ЭП требует непрерывного отслеживания уровня в резервуаре, то в основу построения ДУ помимо использования уровнемера должны быть положены кинематические связи и устройства, обеспечивающие пропорциональное соотношение между измеряемым уровнем и выходным сигналом, который может быть как аналоговым, так и цифровым.

Для обработки результатов функционирования ДУ необходимо счетное устройство, обеспечивающее преобразование линейного перемещения уровня воды в резервуаре (фиксированных дискретов уровня воды) в последовательность электрических импульсов. При этом счетное устройство должно обеспечивать считывание как в сторону уменьшения (убывание уровня воды), так и в обратную сторону (возрастание уровня воды). Показания уровня воды в приемном резервуаре должны дублироваться на пульте у диспетчера, а в случае пре-

вышения верхнего уровня сопровождаться включением звукового сигнала.

Литература:

1. Прозоров И.В., Николадзе Г.И., Минаев А.В. Гидравлика, водоснабжение и канализация. М.: Высшая школа, 1990.-448с.
2. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. Кн.1. М.: ЭАИ, 1991.-350с.

Г.Е. Солнцев (ЯкРУ)

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.

Канализационные насосные станции (КНС) являются неотъемлемой частью любого города, крупного или специального предприятия, т.е. они есть везде, где существует сливная канализация.

При этом, чем крупнее город, чем пересеченнее местность, тем большее число КНС, тем сложнее конфигурация сливной канализации, тем разнообразнее состав и мощности насосных установок КНС, тем сложнее их системы автоматизации, контроля и сигнализации. В то же время в каждом конкретном случае необходимо решать в первую очередь вопросы надежного функционирования, экономичности и оптимальной степени автоматизации и диспетчеризации всего комплекса КНС.

Если учитывать значительные достижения в области разработок современных систем автоматизированного электропривода (САЭП), наличие современной сильноточной и слаботочной полупроводниковой элементной базы с широкими возможностями, количественными и качественными параметрами и характеристиками, отвечающими достаточно высокому уровню требований, то решение перечисленных выше вопросов представляется вполне разрешимой задачей. Для этого необходимо, независимо от стадии разработки и создания КНС, непосредственное привлечение специалистов по САЭП.

Так, при создании совершенно новой КНС, когда, в зависимости от объемов сливных вод и других факторов, определяются размеры помещений КНС, объем приемного резервуара, количество и производительность насосов; - то при таком подходе в целом технико-экономические показатели работы КНС будут не оптимальными, поскольку не учитывается специфичность необходимого для функционирования КНС электрооборудования. Здесь следует на основании суточных и сезонных графиков поступления сточных вод определиться с количеством, мощностью насосных установок и их алгоритмом функционирования, исходя из оптимальных затрат электрической энергии. Ибо полученная оптимальность затрат на строительство КНС без учета особенностей выбора и

функционирования САЭП будет фиктивной, так как последующее потребление электроэнергии окажется значительнее из-за невозможности обеспечения рационального выбора САЭП, алгоритмов их функционирования, степени автоматизации и уровня используемого напряжения; и увеличенная оплата за электроэнергию быстро ликвидирует (компенсирует) полученное удешевление на стадии строительства КНС.

При модернизации оборудования действующих КНС без расширения производственных помещений и приемной емкости, т.е. без проведения капитальных строительных и земляных работ, следует рассматривать замену насосного оборудования также совместно со специалистами по САЭП. Тогда, с учетом предложений по рациональному выбору САЭП, алгоритмов их функционирования, степени автоматизации и уровня используемого напряжения, исходя из объема приемного резервуара, на основании суточных и сезонных графиков поступления сточных вод, а также имеющихся производственных помещений, можно осуществить рациональный выбор насосного оборудования.

И наконец, в случае модернизации только электрооборудования КНС, возможности специалиста по САЭП сужаются, так как здесь все имеющееся насосное оборудование и сопутствующие ему датчики и измерительные приборы остаются неизменными, в том числе и приводные двигатели насосов. Поэтому в этом случае модернизация КНС сведется к выбору рациональной САЭП с соответствующим преобразователем энергии, алгоритмов их функционирования, степени автоматизации и диспетчеризации.

Таким образом, в любом случае при реализации САЭП на КНС необходимо решать всегда в том или ином объеме, в том или ином количестве определенный круг вопросов. Прежде всего уясняются технологические задачи, назначение, параметры и возможности КНС и его насосного оборудования и электрооборудования. Далее определяются степень целесообразной автоматизации, соответствующие САЭП, их режимы работы и системы регулирования; рассчитываются статические и динамические режимы, энергетические параметры и показатели; разрабатываются (а по возможности, выбираются) необходимые специальные датчики и устройства. В заключение решаются общие вопросы автоматизации и диспетчеризации.

При этом следует еще раз отметить, что круг решаемых вопросов специалистами по электрооборудованию и, в частности, по САЭП, их влияние на обеспечение оптимальных технико-экономических показателей функционирования КНС, степень автоматизации и диспетчеризации зависит от возможности и времени подключения и участия в работе этих специалистов как при проектировании новых КНС, так и при модернизации действующих.

Литература:

1. Прозоров И.В., Николадзе Г.И., Минаев А.В. Гидравлика, водоснабжение и канализация. М.: Высшая школа, 1990. - 448с.

Д.Ф. Зенков, В.Р. Киушкина (ТИ(ф) ЯГУ)

ПРОБЛЕМЫ И ВОПРОСЫ ПО СОЗДАНИЮ АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В современный век развития науки и техники, когда научно-технический и экономический уровень и прогресс государства в целом, региона и любого человеческого общества определяется обеспеченностью его энергоресурсами, повсеместное создание источников энергии, удобных для непосредственного использования, является главной и первостепенной задачей. При этом требуют своего решения очевидные проблемы и задачи: добыть или иметь первичные источники энергии, преобразовать их в удобную для использования форму и доставить к потребителю. Все это должно быть обеспечено научно-технической базой и технологиями соответствующего уровня, позволяющими эффективно, производительно и экономически целесообразно решать указанные выше проблемы и задачи. В нашей стране также играет важнейшую роль географическое расположение, климатические условия и удаленность потребителей от источников энергии и места ее преобразования (переработки), влияющие на экономическую целесообразность.

В общем случае удобной формой для использования потребителем энергии являются: жидкое топливо, газ в той или иной форме и электрическая энергия. Получение таких форм потребительской энергии в центрах развитой промышленности, транспорта, сельского хозяйства, для городов, крупных населенных пунктов и их социумов не представляет трудностей и, как правило, экономически целесообразно. Однако доставка их в отдаленные районы, особенно с тяжелыми климатическими условиями, отсутствием транспортных связей и малой населенностью, является трудноразрешимой задачей и практически везде экономически нецелесообразной. С другой стороны, как бы не было мало потребление энергии, без его наличия практически невозможно сколько-либо цивилизованное и эффективное функционирование человеческого сообщества. В этом случае альтернативными источниками энергии могут служить нетрадиционные: термальные источники, волновые явления воды и прибоя, солнечная энергия, ветровые потоки воздуха и другие. До сих пор из этого перечня наибольшее практическое применение находили силы ветра, начиная с традиционных ветряных мельниц.

Действительно, это неиссякаемый, а в ряде мест постоянный источник энергии, которая достаточно просто, хотя и с низким коэффициентом полезного действия, с помощью обычных крыльев и простейших кинематических передач превращалась в механическую энергию, производя полезную работу.

В двадцатом столетии – веке электричества – также пытались использовать силы ветра, но на более высоком техническом уровне. Создавались отдельные или система ветровых установок с двигателями пропеллерного типа, устанавливаемые на мачтовых опорах или опорах типа башни, которые осуществляли преобразование энергии ветра в электрическую энергию, как наиболее удобную для использования.

Такие ветровые установки предназначены для выработки относительно большой мощности, стационарны, требуют для своей реализации значительные финансовые расходы, проведение серьезных строительного-монтажных и наладочных работ, привлечение техники при строительстве, а при эксплуатации – специального дежурного и ремонтного персонала. То есть они создавались для достаточно крупного потребителя электрической энергии и там, где можно было осуществить промышленное строительство, и куда можно было доставить все необходимое. Все это не приемлемо для выработки энергии небольшой мощности, потребитель которой удален на значительное расстояние от крупных населенных мест, где отсутствуют постоянные и относительно дешевые транспортные связи и, следовательно, отсутствуют возможности стабильного обеспечения жидким топливом и использования дизель-генераторных установок малой мощности. Кроме того, в ряде случаев, ввиду сезонных перемещений потребителя, необходимы легко транспортируемые по бездорожью, простые в сборке и разборке, надежные в эксплуатации электроэнергетические установки мощностью порядка 2 - 5 кВт.

Потребителями таких электроэнергетических установок могут быть удаленные метеостанции с обслуживающим персоналом 2 - 3 человека, небольшие поселки в отдаленных местах, стоянки промысловиков, стойбища и пастушечьи бригады в северных регионах Якутии и т.п. При необходимости увеличения вырабатываемой мощности эти установки должны допускать параллельное включение.

Однако сколько-нибудь заметных успехов по созданию подобных установок не достигнуто и нет какой-либо информации об эксплуатации хотя бы экспериментальных установок. В то же время назрела настоятельная необходимость разработки, создания и промышленного выпуска подобных электроэнергетических установок для указанного выше специального круга потребителей. С другой стороны, отсутствие подобных установок говорит о том, что их разработка и создание является сложной задачей, которая включает в себя решение не только инженерно-технических вопросов, но и целый ряд научных аспектов.

Видимо, следует отказаться от двигателя пропеллерного типа, предполагающего наличие высокой мачтовой опоры, так как ее транспортировка, установка и крепление потребует соответствующих транспортных средств и определенного количества людей. В действительности же, в наличии могут быть только элементарные средства передвижения (нарты, телега и т.п.) и 2 - 3 человека. Поэтому ветровой двигатель должен быть малогабаритным; легко разбираться, собираться и устанавливаться малым числом людей; просто крепиться;

удобно транспортироваться; максимально эффективным; иметь возможность регулировать тяговые усилия и т.п. В этом отношении заслуживает тщательных исследований ветровой движитель типа «беличьей» клетки.

Следующим большим и важным аспектом, требующим соответствующих исследований и анализа, является обоснование параметров и критериев, выполнение которых позволило бы реализовать оптимальный, с точки зрения минимальных массогабаритных показателей, надежный электромеханический преобразователь энергии – генератор.

Объемной и многовариантной проблемой является решение целого ряда вопросов, связанных с получением стабилизированного напряжения, вырабатываемого генератором при крайне неравномерном его вращении, вызываемым нестабильностью скорости ветровых потоков. Без решения этих вопросов ветрогенераторная установка к практическому использованию совершенно непригодна. Здесь, видимо, следует тщательно рассмотреть в комплексе две возможности обеспечения процессов стабилизации напряжения, вырабатываемого генератором.

Одна из них связана с возможностью изменения положения крыла «беличьей» клетки в зависимости от ее мгновенного положения при вращательном движении. Для этого необходимо рассчитать и построить зависимости тягового усилия крыла «беличьей» клетки в зависимости от его положения относительно направления ветрового потока; рассчитать и построить кривую изменения углового положения оси самой «беличьей» клетки, сориентированного относительно направления ветрового потока; оценить эффективность такого способа влияния на величину тяговых усилий ветрового движителя и, следовательно, возможность уменьшения влияния изменения скорости ветра на частоту вращения генератора; рассмотреть пути и практическую реализацию данной возможности.

Другая возможность связана с электротехническими методами. Безусловно, система автоматического регулирования выходного напряжения генератора должна быть замкнутой с применением, видимо, промежуточного широтно-импульсного модулятора и буферного накопителя энергии. Здесь также необходимо решать целый комплекс вопросов, в том числе, определение границ устойчивой стабилизации формируемого напряжения, энергетических показателей, обеспечение высокой надежности и предельной простоты эксплуатации.

Таким образом, сложность и проблемность рассматриваемых задач очевидны, как очевидна и необходимость разрабатывать электроэнергетические установки специфического назначения, использовать такие нетрадиционные источники энергии, которые также, несомненно, предпочтительнее по сравнению с вариантами использования органических видов топлива по экологическим соображениям.

Литература:

1. Козлов В.Б. Энергетика и природа. М.: Мысль, 1982.-210 с.
2. Кириллин К.Г. Энергетика. Главные проблемы. М.: Просвещение, 1989.- 374 с.
3. Казневский В.П. Аэродинамика в технике. М.: Просвещение, 1985.- 190 с.
4. Юдакин Л.С. Энергетика: проблемы и надежды. М.: Просвещение, 1990.- 207 с.

*В.С. Квагинидзе, (ГУП «Якутуголь»)
Е.Е. Гольбухт (АО «Стройкарьермаш»)*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА ВЫСОКОПРОЧНУЮ ХЛАДОСТОЙКУЮ СТАЛЬ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕ- ДАЧ ЭКСКАВАТОРОВ

В технических требованиях на сталь для зубчатых колес экскаваторов необходимо учитывать следующие основные факторы, влияющие на изгибную и контактную выносливость зубьев :

- марка стали, степень ее легирования и микролегирования;
- уровень прочности; вязкости и трещиностойкости; структура сердцевинного упроченного слоя и остаточный аустенит в слое;
- метод химико-термической обработки (ХТО);
- содержание углерода в сердцевине и поверхностном слое зуба;
- толщина упроченного слоя и поверхностное окисление зуба.

В действующих стандартах по расчету на прочность зубчатых колес (ГОСТ 21354 - 87) и др., предусмотрены следующие основные требования для параметров термически обработанных колес.

1. Оптимальная толщина закаленного слоя после ХТО или закалки ТВЧ;
2. Уровень прочности и вязкости, а также твердость сердцевинного слоя зуба (у основания) $HRC = 30 - 45$;
3. Содержание углерода в сердцевине зуба $C = 0,12 - 0,30\%$;
4. В структуре закаленного слоя зуба не допускается феррит, снижающий усталостную прочность;
5. Не допускается обезуглероживание поверхности зубьев;
6. Зерно исходного аустенита в упроченном слое - 6-8 баллов (ГОСТ 5639-82);
7. Отсутствие шлифовочных прижогов при шлифовании зубьев.

Если не выполняется хотя бы одно из этих требований, то расчетные пределы изгибной и контактной выносливости снижаются на 25%.

Для повышения сопротивления динамическим нагрузкам предел текучести должен быть не менее 1270 Н/мм^2 (130 кгс/мм^2). Сталь для зубчатых колес

должна обладать свойствами материала, который хорошо обрабатывается резанием. Поэтому особое значение приобретает выбор правильного режима предварительной термической обработки заготовок для штамповок зубчатых колес. Для ответственных зубчатых колес, подвергаемых химико-термической обработке резанием, представляет собой пластинчатый перлит и феррит. Полосчатая ферритно - перлитная структура недопустима в тех случаях, когда ширина ферритных полос превышает 50 мкм. В связи с этим рекомендуется предварительная термическая обработка поковок и штамповок. Режим термической обработки для высоколегированных сталей следующий: нормализация при $T = 900^\circ + 950^\circ\text{C}$, высокий отпуск $650^\circ - 680^\circ\text{C}$. Твердость после предварительной термической обработки составляет $d_{\text{отг}} - 3,0 - 3,4$ мм, сталь не должна быть склонна к перегреву, чрезмерному насыщению поверхности углеродом при цементации, обладать минимальной деформацией в процессе высокотемпературных нагревов.

Для обеспечения высокой контактной выносливости и износостойкости поверхности твердость цементируемой стали должна быть $\text{HRC}_3 = 58$. При чрезмерно высоких значениях поверхностной твердости ($\text{HRC}_3 = 63$) возрастает опасность хрупкого разрушения цементованных деталей.

Для обеспечения максимальных значений контактной долговечности и усталостной прочности при изгибе микроструктура цементованного слоя должна представлять собой мелкодисперсный мартенсит и мелкие глобулярные карбиды.

Известно, что основным процессом, происходящим при контакте поверхностей трения, является пластическая деформация, которая вызывает раздробление кристаллов и в конечном итоге приводит к увеличению плотности (количества) точечных и линейных дефектов. Дальнейшее деформирование наклепанного металла способствует образованию трещин и разрушению материала. Очевидно, что наличие большого количества избыточных карбидных фаз в виде мелких глобул оказывает блокирующее влияние на сдвиги при пластической деформации и тем самым повышает контактную долговечность стали. Мелкие глобулярные карбиды не являются концентраторами напряжения при испытании на изгиб.

Присутствие в цементованном слое грубой карбидной сетки или крупных карбидов в виде глобул является дефектом микроструктуры цементованного слоя.

Не допускается наличие в слое значительного количества остаточного аустенита ($>15\%$), так как большое количество остаточного аустенита понижает контактно-усталостную прочность сталей. Оптимальная структура сердцевины - малоуглеродистый мартенсит или бейнит. Феррит в сердцевине не допускается, так как при наличии феррита даже при твердости $\text{HRC} \leq 30$ предел изгибной выносливости зуба шестерни снижается приблизительно на 25%.

Высокая работоспособность деталей определяется оптимальной концентрацией углерода в стали при цементации. Для зубчатых колес, изготовленных

из конструкционных высокопрочных сталей, концентрация углерода составляет 0,9-1,2%.

В горнотранспортном машиностроении нашла широкое применение сталь марки 20X2H4A, обеспечивающая $\delta_B \geq 120$ кгс/мм, $\delta_T \geq 100$ кгс/мм, после цементации на глубину $\sim 1,1 - 1,5$ мм в поверхностном слое стали наблюдаются грубые карбиды, расположенные по сетке, что приводит к снижению контактной долговечности в 2 раза и усталостной прочности \sim на 30%.

Недостаточная прочность сердцевины и нижний предел текучести снижают динамическую прочность стали. Высокое содержание дефицитного никеля $N_i = 3,25\% - 3,65\%$ повышает стоимость стали, снижает эффективность ее применения и подтверждает необходимость создания новой высокопрочной стали.

Повышение нагрузочной способности и ресурса зубчатых колес можно достигнуть созданием новых высокопрочных и хладостойких экономнолегированных сталей. При разработке предложений к техническому требованию на новые марки стали необходимо учитывать отечественный и зарубежный опыт.

Так, за последние 15 лет в автомобилестроении (Московский АвтоЗИЛ, КамАЗ) для высоконапряженных передач задних мостов с модулем $m=10$ успешно применяется хромоникельмолибденовая сталь 25XГНТМТ по ТУ 14-1-926-74, с повышенным содержанием (0,23 - 0,29%) углерода и пониженным содержанием (0,8 - 1,1 %) никеля. В редукторах экскаваторов фирм США применяется цементуемая сталь марки 4130, содержащая 0,28 - 0,33% углерода. В ФРГ применяется хромомарганцеомолибденовая сталь 25Mo4C, содержащая 0,23 - 0,29 % С; 0,6 - 0,9 % Мп; 0,4 - 0,6% Сг и 0,25- 0,35% Мо.

С учетом результатов лабораторных испытаний образцов сталей, разработаны следующие предложения для технических требований на высокопрочную хладостойкую экономнолегированную сталь зубчатых передач экскаваторов.

1. Область применения - высоконапряженные крупногабаритные валшестерни, зубчатые колеса с модулем от $t = 16$ до 50 мм, валы оси диаметром 200-500 мм и другие элементы горно-транспортных машин с тремя видами упорчений:

• Цементацией, нитроцементацией, азотированием до твердости НКС 56-64;

- Термическим улучшением до твердости НВ 260 - 320;
- Объемной закалке до твердости HRC 35 - 45.

2. Повышенные механические свойства (на образцах после закалки и низкого отпуска):

- Временное сопротивление $\delta_B \geq 1470$ Н/мм² (150 кгс/мм²);
- Предел текучести $\delta_T \geq 1270$ Н/мм² (130 кгс/мм²);
- Относительное удлинение $\delta > 12\%$;
- Относительное сужение $\psi > 45\%$;

• Ударная вязкость $KCV \geq 78 \text{ Дж/см}^2$ (8 кгс/см²).

3. Комплексное легирование : никель (2,8 - 3,2 %), хром (2,2 - 2,8%), молибден (0,4 - 0,6%), марганец (0,8 - 1,1%). С целью получения глубокой прокаливаемости и однородной полумартенситной структуры после закалки в масло с равномерными свойствами по рабочему сечению, а также исключения выпадания зерен феррита, усиливающих склонность к хрупким разрушениям и снижающих усталостную прочность.

4. Микролегированные карбидо- и нитридообразующие элементы : ванадий, ниобий, церий и др. С расчетом создания структурного и субструктурного состояния с выделением дисперсной карбонитридной фазы, измельчающей зерно аустенита, что обеспечивает более высокое сопротивление зарождению и распространению трещин.

5. Мелкозернистая структура стали при величине наследственного зерна в пределах 6-9 баллов по ГОСТ 5639 - 82.

6. Рафинирование стали синтетическим шлаком для повышения ее чистоты от неметаллических включений (сульфиды, оксиды) и повышения вязкости.

7. Хорошая обрабатываемость резанием и минимальная шероховатость поверхности зубьев при зубонарезании.

8. Экономичные и ускоренные способы химикотермической обработки (ХТО), обеспечивающие высокое качество упрочняемых изделий.

Б.Л. Герике, С.Ю. Дрыгин

(Кузбасский Государственный Технический Университет)

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.

Огромной проблемой предприятия является то, что установленные после ремонта электрические машины «не идут», т.е. происходит установка заведомо дефектного оборудования. Это происходит потому что отсутствует выходной контроль из ремонта. Зачастую не происходит выявления причины отказа, а устраняется лишь следствие и через некоторое время дефект возникает вновь.

На сегодняшний день идеальным вариантом является создание стенда для обкатки машин постоянного тока (генераторов и электродвигателей) под нагрузкой с фиксацией электрических параметров и уровня вибрации. Сочетание этих параметров дает возможность судить о реальном техническом состоянии машины и соответственно выявлять зарождающиеся и прогрессирующие дефекты электрического и механического происхождения.

Создание стенда – задача необходимая, но требующая значительных материальных затрат и довольно долгосрочная, а испытания необходимо начинать проводить немедленно. Для испытания якорей машин постоянного тока на обрыв якорной обмотки или витковое замыкание на нашем предприятии создан

довольно простое приспособление, которое в сочетании с модернизированным виброанализатором СК-2300 ИТЦ «Оргтехдиагностика» дает реальные результаты.

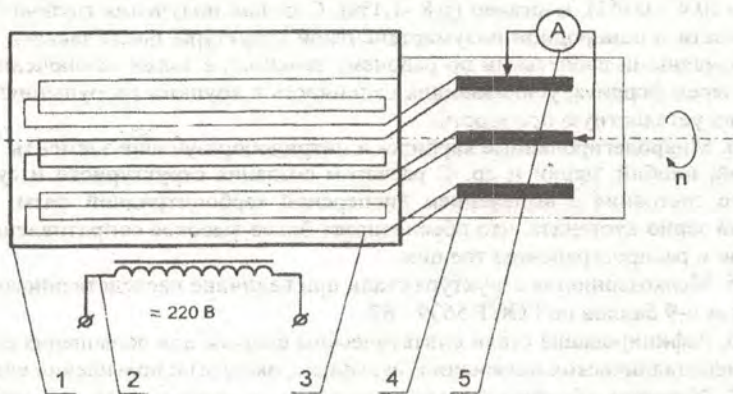


Рис.1 Схема измерения токов якорной обмотки.

1-якорь машины постоянного тока, 2-катушка возбуждения, 3-якорные обмотки, 4-ламели, 5-модернизированный виброанализатор СК-2300, n-скорость вращения ротора.

Якорь генератора постоянного тока установлен на токарный станок, скорость вращения в данном случае 107 об/мин. К якорю с воздушным зазором 3 мм установлена катушка возбуждения, к двум соседним ламелям подведены щетки, заточенные так, чтобы щетка захватывала одну ламель, поводки щеток замкнуты накоротко. При помощи токовых клещей, подсоединенных к виброанализатору СК-2300, измеряется колебание силы тока в якорной обмотке. Данные регистрируются в виде временной реализации в частотном диапазоне 5÷5000 Гц, длина выборки должна обеспечивать несколько циклов измерения (оборотов якоря), желательно 6-8.

В процессе измерения получены данные, представленные на рис.2.

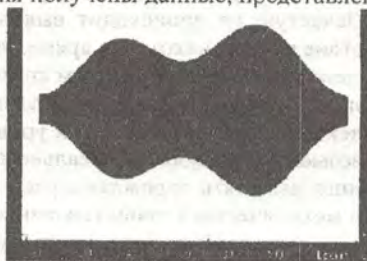


Рис.2 Изменение силы тока в якорной обмотке.

На графике отображено изменение силы тока в якорной обмотке на частоте прохождения ламелей F_d .

$$F_d = n * f_n,$$

где n - число ламелей,

f_n - частота вращения якоря.

$$F_d = 330 * 107 / 60,$$

$$F_d = 588,5.$$

На графике явно видно циклическое изменение силы тока в якорной обмотке (1 раз за оборот) в следствии биения якоря и соответственно изменения воздушного зазора между якорем и катушкой возбуждения.

Увеличив масштаб по шкале времени получаем данные, представленные на рис.3.

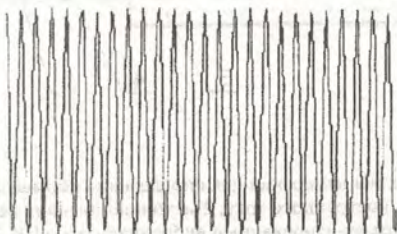


Рис.3 Изменение силы тока в исправном якоре.

Как видно из рис.3 величины токов в якорных обмотках, если исключить модуляцию частоты сети (50 Гц) равны между собой, что говорит об отсутствии явных витковых замыканий в якорной обмотке.

На рис. 4 представлено изменение силы тока в якорных обмотках при витковом замыкании.

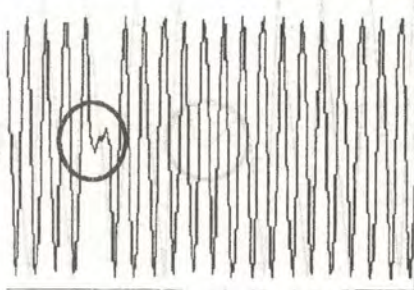


Рис.3 Изменение силы тока при витковом замыкании якорных обмоток.

При этом испытании сила тока в якорных обмотках составляет $\approx 0,5\text{A}$, что недостаточно для определения возникающего под нагрузкой обрыва в обмотках, например, искрение на местах пропайки. Для определения данного дефекта необходимо искусственно создать в обмотках силу тока, близкую к силе тока в рабочем режиме. Схема измерения представлена на рис.4.

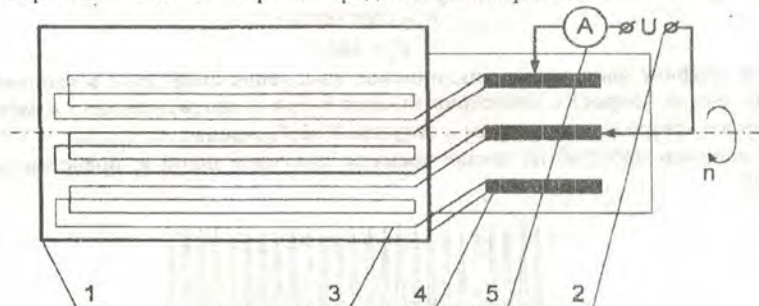


Рис.4 Схема измерения для определения обрыва в якорной обмотке.

1-якорь машины постоянного тока, 2-источник питания переменного тока, 3-якорные обмотки, 4-ламели, 5-модернизированный виброанализатор СК-2300, n-скорость вращения ротора.

Методика проведения замеров аналогична выше описанному методу проверки на витковые замыкания. При анализе полученных данных также обращают внимание на равномерность величин тока в каждой обмотке, при нарушении контакта в якорной обмотке временная реализация силы тока будет аналогична схематично представленной на рис.5.

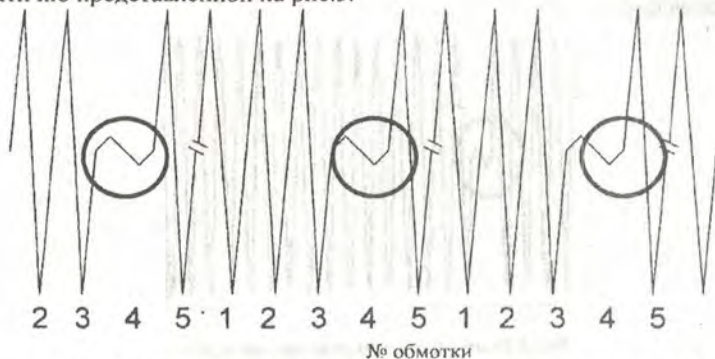


Рис.5 Изменение силы тока при нарушении контакта в якорных обмотках.

В данном случае явно видно нарушение контакта в цепи якорной обмотки



Рис.6 Анализ аварийности экскаваторного парка.

Немаловажную роль играет и испытание асинхронных электродвигателей малой мощности (2-11кВт), которые применяются на вентиляторах охлаждения и маслонасосах. Как показывает анализ аварийности экскаваторов ЗАО «Черниговец» за первое полугодие 2000 года 5% от всего времени аварийных простоев составляют простои по причине выхода из строя электродвигателей вентиляторов охлаждения и маслонасосов (рис.6).

На сегодняшний день при выходном контроле из ремонта выявляются как механические, так и электрические дефекты. При диагностировании замеряются механические (уровень вибрации в частотном диапазоне 5-4000 Гц) и электрические (временная реализация колебаний тока по фазам) характеристики двигателя. Проведение таких замеров позволяет определить широкий спектр зарождающихся и прогрессирующих дефектов, как механического, так и электромагнитного происхождения.

Описанные случаи являются только малой частью всего возможного диапазона испытания электрических машин в условиях электромеханического цеха предприятия и в дальнейшем возможно развитие системы испытаний и плавный переход к оценке состояния оборудования на испытательном стенде.

В.Б.Тимофеев, Т.Е.Тимофеева (ТИ(ф) ЯГУ)

ЭФФЕКТ ПРОНИКНОВЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТА СКВОЗЬ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ЭКРАН.

В работе [1] описан эксперимент с вращающимся магнитом, в котором результаты измерения радиального распределения г-компоненты напряженности электрического поля в пределах погрешности измерений подтверждают "М" - гипотезу в теории униполярной индукции. Вращающийся магнит инду-

цирует в лабораторной системе отсчета электрическое поле, величина которого соответствует вычислениям по формуле [2,3]:

$$\vec{E} = \vec{B} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}). \quad (1)$$

Индукированное электрическое поле может проникать сквозь электростатический экран. Действительно, окружив магнит проводящим экраном и изолировав его от "земли", можно поставить эксперимент по проверке эффекта проникновения электрического поля сквозь электростатический экран. Результаты измерений подтверждают "М"- гипотезу и эффект проникновения электрического поля вращающегося магнита сквозь электростатический экран, который предсказан в работе [1]. Измеренное поле составляло 28 % от поля без экрана.

Полученный экспериментальный результат можно обосновать теоретически. Одним из возражений против "М"- гипотезы, высказанным еще Кеннардом [4], являлся тот факт, что электрическое поле вращающегося магнита (см. формулу (1)), возникающее, согласно "М"- гипотезе, в лабораторной системе отсчета, не удовлетворяет уравнению Лапласа. Дивергенция этого электрического поля отлична от нуля даже в тех точках пространства, где нет "реальных" электрических зарядов, электронов и ионов. Это приводит к тому, что поток вектора напряженности электрического поля через замкнутую поверхность, окружающую магнит, зависит от скорости вращения магнита так же, как при возникновении внутри магнита "реального" электрического заряда. Следовательно, постоянное электрическое поле вращающегося магнита, соответствующее "М"- гипотезе, может проникать сквозь электростатический экран.

Электростатическое поле квадрупольа, возникающее в лабораторной системе отсчета при вращении магнита, согласно "N"- гипотезе, не может проникнуть сквозь электростатический экран. Для доказательства этого утверждения, в качестве решения электростатической задачи о поле вне экрана, можно взять скалярный потенциал, равный нулю. Такой потенциал удовлетворяет уравнению Лапласа и граничному условию на бесконечности (плотность "реального" электрического заряда вне экрана равна нулю). Скалярный потенциал экрана зависит от распределения плотности "реального" электрического заряда в экране и магните в соответствии с решением уравнения Пуассона:

$$\phi = \int_S \frac{\sigma dS}{r} + \int_V \frac{\rho dV}{r}. \quad (2)$$

Скалярный потенциал (2) можно преобразовать, используя теорему о среднем [5], следующим образом:

$$\phi = \frac{\sigma(\vec{r}_1)}{r_1} \int_S dS + \frac{\rho(\vec{r}_2)}{r_2} \int_V dV = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}, \quad (3)$$

где q_1, q_2, C_1, C_2 – заряды и емкости экрана и магнита соответственно. Если электрические заряды экрана и магнита равны нулю, то потенциал экрана также равен нулю и решение $\phi = 0$ вне экрана остается единственным. Следовательно, электрическое поле вращающегося магнита, соответствующее "N"- ги-

потезе, не может проникнуть сквозь электростатический экран. Доказательство остается в силе, если между магнитом и экраном имеется разность потенциалов и суммарный электрический заряд экрана и магнита равен нулю.

Результаты измерений качественно подтверждают эффект проникновения поля и "М"- гипотезу. Для более детального исследования эффекта необходимо продолжение экспериментов с экранами различной геометрии. Интерес представляют экраны простой геометрии, позволяющие сделать численные оценки проникающего поля.

Литература:

1. Т.Е.Тимофеева, В.Б.Тимофеев. Эксперимент по измерению постоянного электрического поля вращающегося магнита : Препринт ИКФИА-1, Нерюнгри, 1999.-35 с.
- 2.Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.: М. Электродинамика сплошных сред. М. Мир,1982. Т. VIII, С 307.
3. Djuric J.J. Appl. Phys.,1975,46, 679 S.
4. Kennard E H. Phys Rev,1913,1:355 S.
5. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука,1978.-832 с.

В.Б.Тимофеев, Т.Е.Тимофеева (ТИ (ф) ЯГУ)

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ МАГНИТНОГО РОТАТОРА И ГИПОТЕЗЫ УНИПОЛЯРНОЙ ИНДУКЦИИ

Рассмотрим вращение постоянного магнита в инерциальной (лабораторной) системе отсчета. Неинерциальную систему отсчета жестко свяжем с вращающимся магнитом. Будем считать, что ось вращения магнита не совпадает, в общем случае, с осью его намагничивания (наклонный ротатор). Примером такого ротатора может служить вращающийся, однородно намагниченный шар. Электромагнитные поля исследуем внутри светового цилиндра, в области, удовлетворяющей условию:

$$\omega r \ll c, \quad (1)$$

где ω - угловая скорость вращения магнита, r - расстояние от оси вращения, c - скорость света. Из условия (1) следует квазистационарность электромагнитных полей в лабораторной системе отсчета в окрестности магнита, имеющей радиус r , а также возможность применения евклидовой метрики пространства во вращающейся системе отсчета. Уравнения Максвелла в неинерциальных системах отсчета имеют вид [1,2]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial(\sqrt{-g} F^{ik})}{\partial x^k} &= \frac{4\pi}{c} j^i \\ \frac{\partial F_{ik}}{\partial x^l} + \frac{\partial F_{li}}{\partial x^k} + \frac{\partial F_{kl}}{\partial x^i} &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где F^{ik} , F_{ik} - контра- и ковариантные компоненты тензора электромагнитного поля, j^i - 4-вектор тока, g - определитель метрического тензора. Метрический тензор, соответствующий преобразованию координат при переходе к вращающейся системе отсчета, имеет (в первом порядке по ω/c), компоненты [1]:

$$g^{ik} = g_{ik} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{V_x}{c} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{V_y}{c} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{V_x}{c} & \frac{V_y}{c} & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $V_x = -\omega y$, $V_y = \omega x$ - составляющие скорости вращения системы отсчета в координатах $x = x^1$, $y = x^2$, $z = x^3$ [1]. Из (3) можно получить $\sqrt{-g} = 1$.

Введение следующих обозначений [1]:

$$\begin{aligned} (F^{23}, F^{31}, F^{12}) &= (H_x, H_y, H_z), \quad (F^{41}, F^{42}, F^{43}) = (D_x, D_y, D_z), \\ (F_{23}, F_{31}, F_{12}) &= (B_x, B_y, B_z), \quad (F_{14}, F_{24}, F_{34}) = (E_x, E_y, E_z), \quad j^i = (j_x, j_y, j_z, c\rho), \end{aligned}$$

позволяет записать уравнения (2) в трехмерной форме:

$$\left. \begin{aligned} \text{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \\ \text{rot} \vec{H} &= \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \\ \text{div} \vec{D} &= 4\pi\rho, \quad \text{div} \vec{B} = 0. \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где связь между векторами индукции и напряженности полей определяется переходом от контра к ковариантным составляющим тензора электромагнитного поля и обратно [1]:

$$\vec{B} = \vec{H} + \frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{E}), \quad \vec{D} = \vec{E} + \frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{H}), \quad (5)$$

где $\vec{V} = \vec{\omega} \times \vec{r}$.

В работе [1] получены также формулы перехода от величин $\vec{E}_0, \vec{H}_0, \vec{j}_0, \rho_0$ в неподвижной системе отсчета к величинам $\vec{E}, \vec{H}, \vec{j}, \rho$ во вращающейся системе отсчета

$$\left. \begin{aligned} \vec{E} &= \vec{E}_0 + \frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{H}_0), & \vec{H} &= \vec{H}_0 - \frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{E}_0), \\ \vec{j} &= \vec{j}_0 - \vec{V}\rho_0, & \rho &= \rho_0. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Аналогично можно получить формулы преобразования электромагнитных потенциалов при переходе к вращающейся системе отсчета. Для этого достаточно применить правило преобразования компонент ковариантного 4-вектора $A_i = (\vec{A}, \varphi)$ [2]

$$A_i = \frac{\partial x_0^A}{\partial x^i} A_{0A}. \quad (7)$$

Формулы преобразования в трехмерной форме имеют вид:

$$\vec{A} = \vec{A}_0, \quad \varphi = \varphi_0 - \frac{1}{c}(\vec{V}\vec{A}_0). \quad (8)$$

Связь между полями и потенциалами в неинерциальных системах отсчета не меняется [2]:

$$\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} - \nabla \varphi, \quad \vec{B} = \text{rot} \vec{A}. \quad (9)$$

Применим изложенную теорию к вращающемуся магниту (магнитному ротору). Следует отметить, что гипотезы униполярной индукции исторически возникли при описании стационарных электромагнитных полей вращающихся магнитов, и применимость их к наклонному ротору нуждается в пояснении. В системе отсчета, вращающейся вместе с магнитом, электромагнитные поля стационарны, независимо от того, наклонный ротор или нет. С точки зрения лабораторного наблюдателя, на заряд e , вращающийся вместе с магнитом, действует постоянная сила Лоренца $\vec{F} = \frac{e}{c}(\vec{V} \times \vec{H}_0)$, которая, также не зависит от наклонности ротора. Этой силе соответствует стационарное электрическое поле в системе отсчета магнита $\vec{E} = \frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{H}_0)$, что и является содержанием "N"- гипотезы.

Для исключения эффектов, не относящихся непосредственно к рассматриваемой проблеме, проводимость магнита и плотность свободного электрического заряда в магните положим равными нулю (в непроводящем магните пе-

пераспределение свободного заряда не происходит). Напряженность электрического поля и скалярный потенциал, в соответствии с "N"- гипотезой и (4,9), в системе отсчета магнита равны:

$$\vec{E} = \frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{H}_0), \quad \varphi = -\frac{1}{c}(\vec{V}\vec{A}_0). \quad (10)$$

В лабораторной системе отсчета из (6) и (10) получим $\vec{E}_0 = 0, \quad \varphi_0 = 0$. Электромагнитные поля в лабораторной системе отсчета не стационарны и электрическое поле в этой системе отсчета определяется уравнениями:

$$\text{rot}\vec{E}_0 = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}_0}{\partial t}, \quad \text{div}\vec{E}_0 = 0. \quad (11)$$

Решение уравнений (11) для вращающегося намагниченного шара или вращающегося магнитного диполя, получено в работах [3]:

$$\vec{E}_0 = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}_0}{\partial t} - \nabla \varphi_0 = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}_0}{\partial t} = \frac{1}{cr^3}(\vec{r} \times (\vec{\omega} \times \vec{m})) \neq 0, \quad (12)$$

где m - магнитный момент. Решение (12) не совпадает с результатом $\vec{E}_0 = 0$, полученным из (6) и (10). N гипотеза, таким образом, вступила в противоречие с уравнениями Максвелла при описании электрического поля наклонного магнитного ротатора.

В соответствии с M гипотезой $\vec{E} = 0, \varphi = 0$, и из (6), (8), получим:

$$\vec{E}_0 = -\frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{H}_0) = \frac{1}{c}(\vec{H}_0 \times (\vec{\omega} \times \vec{r})), \quad \varphi_0 = \frac{1}{c}(\vec{V}\vec{A}_0). \quad (13)$$

Уравнение Максвелла $\vec{E}_0 = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}_0}{\partial t} - \nabla \varphi_0$ и соответствующие вычисления дают результат:

$$\vec{E}_0 = \frac{1}{c}[(V\nabla)\vec{A}_0 - (\vec{A}_0\nabla)\vec{V} - \nabla(\vec{V}\vec{A}_0)] = -\frac{1}{c}(\vec{V} \times \vec{H}_0), \quad (14)$$

совпадающий с (13). Вихревая часть электрического поля (14) равна (12), а потенциальная - равна градиенту скалярного потенциала (13). Таким образом, из "M"- гипотезы следует интересный результат. Независимо от того, является ли магнитный ротатор наклонным или нет, его электрическое поле описывается формулой Лоренца (14) в квазистационарном приближении.

Литература:

1. Барабаненков Ю.Н. Научные доклады высшей школы, 1959, №1; С.141-145.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля: М.: Наука, 1973. т. II. 520 с.
3. Кривченков В. Д. Электромагнитное поле намагниченной вращающейся сферы // Вестн. МГУ. - 1949. - N 2, С.53-55.

О ПЕРЕДАЧЕ ИМПУЛЬСА ПРИ УДАРЕ ЧЕРЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ТЕЛО В МАШИНАХ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ.

Развитие горнодобывающей промышленности в целом и усовершенствование горных машин ударного действия, в частности, требует подробного изучения и анализа передачи ударного импульса в системе «боек – штанга – инструмент – порода». При оптимизации конструкций машин ударного действия встает вопрос о регулировке величины ударного импульса, передаваемого на разрушаемую среду. Одним из способов такой регулировки является введение между ударником и инструментом промежуточного тела массой m_2 , которая повышает эффективность передачи импульса.

Целью проведенных исследований механизма передачи импульса ударного устройства разрушаемой среде с учетом массы соударяющихся тел, расстояний между ними и упругих свойств является сравнение передачи импульса при соударении двух и трех тел для выбора оптимальной схемы передачи импульса.

Известно, что конечные импульсы ударных систем I и II (соответственно, двухмассовой и трехмассовой) выражаются через параметры (массы тел m_1 , m_2 , m_3 и линейные размеры h_1 , H) [1,2]:

$$P_2 = \frac{(1 + \lambda_1)m_1m_3}{m_1 + m_3} \sqrt{v_0^2 + 2gH}, \quad (1)$$

$$P_3 = \frac{(1 + \lambda_2)m_2m_3}{m_2 + m_3} \left[\frac{(1 + \lambda_1)^2 m_1^2}{(m_1 + m_2)^2} (v_0^2 + 2gh_1) + 2g(H - h_1) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

где P_2 и P_3 импульсы тела массой m_3 в результате ударного процесса, соответственно для I и II ударных систем, λ_1 , λ_2 - коэффициенты восстановления недеформированного состояния в процессе удара, v_0 - первоначальная скорость тела массой m_1 (ударника), m_3 - масса инструмента, g - ускорение силы тяжести.

Для практики нам желательно, чтобы $P_2 < P_3$, т.е.

$$\frac{m_1}{m_1 + m_3} \sqrt{v_0^2 + 2gH} < \frac{m_2}{m_2 + m_3} \left[\frac{(1 + \lambda)^2 m_1^2}{(m_1 + m_2)^2} (v_0^2 + 2gh_1) + 2g(H - h_1) \right]^{\frac{1}{2}},$$

где $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$ (для упрощения формулы).

Рассмотрим случай $v_0 = 0$ и $\lambda = 1$, тогда имеем

$$\frac{m_1^2}{(m_1 + m_3)^2} 2gH < \left(\frac{m_2}{m_2 + m_3} \right)^2 \left[\frac{4m_1^2}{(m_1 + m_2)^2} 2gh_1 + 2g(H - h_1) \right]$$

или

$$\frac{m_1^2 H}{(m_1 + m_3)^2} < \frac{m_2^2}{(m_2 + m_3)^2} \left[H + \frac{(m_1 - m_2)(3m_1 + m_2)}{(m_1 + m_2)^2} h_1 \right]. \quad (3)$$

Рассмотрим неравенство (3), при котором выполняется условие при различных соотношениях масс m_1 , m_2 и m_3 :

- если $m_2 < m_1$, то в этом случае наибольшее значение правой части достигается при $h_1 = H$, причем $m_3 < m_2$;

- если $m_2 = m_1$, то неравенство (3) невыполнимо;

- если $m_2 > m_1$, то наибольшее значение правой части неравенства достигается при $h_1 = 0$, причем условие (3) выполняется автоматически.

Таким образом, из анализа неравенства (3) следует, что конечный импульс системы, состоящей из трех тел, может превышать соответствующий конечный импульс для системы двух тел при следующих условиях:

$$m_3 < m_2 < m_1 \quad \text{и} \quad h_1 \rightarrow H$$

или

$$m_2 > m_1 \quad \text{и} \quad h_1 \rightarrow 0.$$

При этом, при $v_0 \neq 0$ эффект от введения промежуточного тела будет выше, чем при $v_0 = 0$.

Далее рассмотрим случай при

$$m_1 + m_2 = m'_1 + m'_2 + m'_3 = M. \quad (4)$$

Конечные импульсы (1) и (2) с учетом условия (4) записываются как

$$P_2 = \frac{2m_1(M - m_1)}{M} \sqrt{v_0^2 + 2gH}; \quad (5)$$

$$P_3 = \frac{4m'_1 m'_2 (M - m'_1 - m'_2)}{(m'_1 + m'_2)(M - m'_1)} \sqrt{v_0^2 + 2gH}; \quad (6)$$

при $\lambda = 1$ и $h_1 = H$.

С целью определения значений масс m'_1 , m'_2 и m'_3 , при которых значение импульса P_3 может быть максимальным, исследуем P_3 в зависимости от изменения m'_1 и m'_2

$$\begin{cases} \frac{\partial P_3}{\partial m'_1} = \frac{4Mm'_2(M - 2m'_1 - m'_2)}{(m'_1 + m'_2)^2(M - m'_1)^2} \sqrt{v_0^2 + 2gH} = 0 \\ \frac{\partial P_3}{\partial m'_2} = \frac{4m'_1[Mm'_1 - (m'_1 + m'_2)^2]}{(m'_1 + m'_2)^2(M - m'_1)} \sqrt{v_0^2 + 2gH} = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} M - 2m'_1 - m'_2 = 0 \\ Mm'_1 - (m'_1 + m'_2)^2 = 0 \end{cases}$$

Откуда

$$m'_1 = m'_2 = 0.38M;$$

$$m'_3 = 0.24M;$$

подставляя полученные значения в выражение (6), получим:

$$P_{3,\max} = 0.36M\sqrt{v_0^2 + 2gH}. \quad (7)$$

Далее проведем сравнение импульсов P_2 и P_3 на вероятность преимущества ударной системы, состоящей из трех тел, т.е. проверим условие

$$P_3 > P_2$$

или

$$\frac{2m_1(M - m_1)}{M} < 0.36M;$$

или

$$2m_1^2 - 2Mm_1 + 0.36M^2 > 0. \quad (8)$$

Решением этого уравнения являются два выражения:

$$0 < m_1 < 0.24M;$$

$$0.76M < m_1 < M. \quad (9)$$

Следовательно, при значениях m_1 , удовлетворяющих условиям (9), возможно преимущество ударной системы из трех тел. При прочих значениях массы первого тела введение промежуточного тела лишь ухудшает эффект, т.е. $P_2 > P_3$.

Литература:

1. Иродов И.Е. Основные законы механики. М.: Высшая школа, 1978.- 240 с.
2. Попова А.М. Общая теория ударных систем по классической схеме. //Физико-технические проблемы освоения и развития Южно-Якутского региона. Якутск: 1998. С. 232-233.

П.М. Иванов (ТИ (ф) ЯГУ)

ФРИКЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ ОФ «НЕРЮНГРИНСКАЯ»

Бригадой сотрудников Якутского госуниверситета были проведены обследования фрикционных соединений на высокопрочных болтах транспортной галереи на аккумулирующих бункерах. Контроль качества соединений осуществлялся в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и включал: маркировки болтов; наличие шайб; плотности соединения; герметичности соединения; усилие натяжения болтов.

Выявилось, что в соединениях установлены болты с маркировкой климатического исполнения У, категории размещения I, т.е. предназначенные для эксплуатации в условиях выше минус 40°C. Для г.Нерюнгри средняя температура наиболее холодного периода минус 40°C, наиболее холодной пятидневки - минус 51°C, наиболее холодных суток - минус 55°C. Расчетная температура на-

ружного воздуха - минус 49°C. В данных климатических условиях эксплуатации, согласно норм, должны быть использованы болты климатического исполнения ХЛ категории I, с расчетной температурой эксплуатации выше минус 65°C. Эти болты, по сравнению с болтами климатического исполнения У, обладают повышенными пластическими свойствами.

Сила натяжения в болтах определялась по углу поворота гайки при натяжении на усилие 27,1 т.е. (согласно с требованиями СНиП П-23-81* для болтов М24 из стали 40Х «Селект»). Всего обследовано 10 узловых соединений (120 болтов). Установлено большое число болтов, которые проворачивались вместе с гайкой. Усилие натяжения в этих болтах составляло 50-80% от расчетного. Проворачивание происходило в результате повреждения резьбы и других факторов, способствующих снижению усилия натяжения (перераспределение напряжений, малоциклового характер нагрузок и др.) Установлено значительно большее ослабление усилия начального натяжения у болтов, наиболее нагруженных узлов конструкций.

Ослабление уровня начального натяжения болтов привело к снижению несущей способности соединений на 10-40%. В результате фрикционные соединения превратились в фрикционно-срезные (на несущих болтах).

Известно, что фрикционно-срезные соединения по сравнению с фрикционными имеют большой запас несущей способности. Однако имеется ряд ограничений к применению такого рода соединений, в конструкциях с особыми эксплуатационными требованиями, полностью исключающими сдвиговые перемещения.

Непредсказуемость поведения фрикционного соединения после перехода в фрикционно-срезное, в условиях низких эксплуатационных температур, обуславливается возможностью наличия концентраторов напряжения (резьба болта) в плоскости среза. Это связано с тем, что во фрикционно-срезных соединениях наличие резьбы в плоскости среза не допускается, а во фрикционных такого ограничения нет. Данный факт усугубляется еще тем, что, как было отмечено выше, в галереях использованы болты из нехладостойкой стали. Отрицательно на работе такого соединения может сказаться и влияние термоциклирования материала болта.

Б.Г. Воронин, (ТИ (ф) ЯГУ)

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКИ ОСНОВАНИЯ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ВЫНОСА ЧАСТИЦ

В районе г. Нерюнгри широко распространена островная мерзлота. Проектирование фундаментов в таких условиях осуществляется в основном по П-ому принципу, т.е. когда вечномерзлые грунты используются в оттаявшем состоянии с допущением оттаивания их в процессе эксплуатации объекта. При

проектировании особый интерес вызывает величина осадок основания. Вечномерзлые участки грунта, а также линзы льда при оттайке формируют напорные градиенты (уклоны), что вызывает фильтрационные потоки в грунтовой толще в соответствии с законом Дарси [4]:

$$V_{\phi} = K_{\phi} i, \text{ где}$$

V_{ϕ} - скорость фильтрации;
 K_{ϕ} - коэффициент фильтрации;
 i - гидравлический градиент.

Ламинарное движение воды зависит от водопроницаемости грунтов. Основным показателем водопроницаемости грунтов является коэффициент фильтрации, представляющий собой скорость фильтрации при напорном градиенте, равном единице. На водопроницаемость влияет прежде всего плотность грунта. Чем плотнее грунт, тем меньше его фильтрационная способность. Коэффициент фильтрации является одним из факторов, обуславливающих уплотнение грунта под нагрузкой. Он также позволяет судить о критических (вымывающих) скоростях; методики учета осадок с учетом выноса частиц грунта в чистом виде нет, а этот учет необходим.

Практика проектирования и строительства зданий и сооружений в г. Нерюнгри и его поселках показала, к каким последствиям приводит недооценка указанного фактора.

При проектировании очистных сооружений в п. Беркакит расчеты показывали, что ожидаемая осадка основания не должна превышать 35 см. В действительности осадка составила 62 см, что привело к аварийной ситуации. Аналогичная картина наблюдалась и при реконструкции больницы в п. Чульман. И в первом и во втором случае имело место вымывание частиц, что привело к коренному изменению структурных связей грунта. Для учета выноса частиц фильтрационными потоками нужно знать гранулометрический и минералогический состав грунтов, скорость фильтрации, плотность грунта, льдистость.

В Нерюнгринском районе из дисперсных грунтов преобладают пески, супеси, суглинки. Скальные грунты рассматривать нет необходимости, т.к. структурная связь в результате фильтрации в этих грунтах нарушаться не будет. С уменьшением размера пор коэффициент фильтрации снижается. Как следует из опытов В.В. Охотина [2], при переходе от крупных к мелким фракциям наиболее резкое снижение отмечается у пылеватого песка, далее следует остроугольный кварц, окатанный кварц и слюда.

Отсюда следует, что пески, состоящие из разных минералов, по водопроницаемости распределяются в порядке убывания в следующий ряд: окатанный кварц, остроугольный кварц, полевой шпат, слюда; и это соответствует возрастанию их пористости. В районе Нерюнгри пески с окатанными кварцевыми зернами составляют небольшой процент от других песков. Можно уверенно сказать, что вымываться в основном будут пылеватые частицы слюд и шпатов.

В зависимости от процентного содержания этих частиц, находящихся в фильтрационном потоке, будет зависеть и дополнительная составляющая осадки основания. В каком же направлении нужно искать решение этой задачи?

Прежде всего, нужно исходить от льдистости грунта, которая будет увеличиваться от границы деятельного слоя к периферии. В процессе оттайки в грунтовой толще возникнут зоны различной плотности грунта. Там, где будет больший процент льдистости, будет наименьшая плотность. Рассмотрим в качестве примера инженерно-геологические условия строительной площадки Беркакитских очистных сооружений.



Рис. 1. Инженерно-геологические условия строительной площадки Беркакитских очистных сооружений

В результате оттайки грунтов возникают зоны различной плотности, которые ограничиваются изолиниями. На рис.1. в зонах одинаковой плотности показаны значения льдистости. Зоны плотности можно рассматривать как скалярное поле, скорость изменения которого описывается вектор-функцией:

$$\text{grad}U = \frac{\partial U}{\partial x} \bar{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \bar{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \bar{k}, \text{ где}$$

U - плотность грунта

Наибольший вынос частиц будет происходить в нижних зонах. Чтобы учитывать влияние на осадку основания, фильтрационного выноса частиц нужно знать, какие скорости будут считаться вымывающими. Какой процент содержания пылеватых частиц должен находиться в грунтах, существенно влияющий на общую осадку? Рассмотрим два рисунка: рис.2, на котором показано влияние плотности на водопроницаемость (зависимость установил В.В. Охотин), и рис.3, отражающий зависимость коэффициента фильтрации песков от содержания в них частиц размером менее 0,1 мм (зависимость установил Л.И. Апрод).

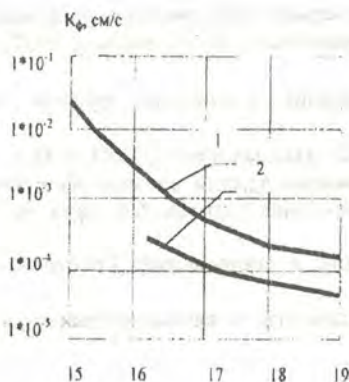


Рис.2. Зависимость K_{ϕ} от $\gamma_{ск}$
(по В.В. Охотину)
1-моренные пески
2-моренные супеси

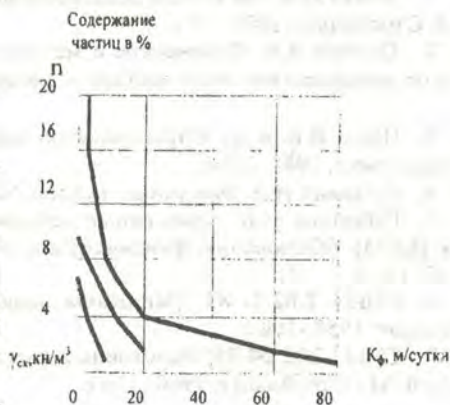


Рис.3. Зависимость n от K_{ϕ}
(по Л.И. Апроду)

Из сопоставления графиков можно предположить, что вымывающие скорости будут возможны при коэффициенте фильтрации равным 60 м/сутки. Зная гранулометрический состав грунта и зная коэффициент фильтрации, можно определить объем вымываемых частиц, который будет пропорционален общей осадке основания. Таким образом общая осадка будет определяться по методу послойного суммирования по формуле:

$$S = \beta \sum_{i=1}^m \frac{h_i \sigma_{zp}}{E} + \sum_{j=1}^m H_j a_j K_B, \quad \text{где}$$

σ_{zp} – значение дополнительного давления;

- h_i – мощность элементарного слоя;
 β – коэффициент, зависящий от бокового давления;
 E – модуль деформации грунта;
 H_i – мощность зоны плотности;
 a_i – коэффициент сжимаемости;
 K_a – коэффициент выноса частиц.

Литература:

1. Качан А.А. Расчетные показатели физико-механических свойств грунтов. Л. Стройиздат, 1973.-14 с.
2. Охотин В.В. Физические и механические свойства грунтов в зависимости от минералогического состава и дисперстности. М.:Гушосдор, 1937.-120 с.
3. Швец В.Б. и др. Справочник по механике и динамике грунтов. Киев. «Будивельник», 1987.-320с.
4. Цыгович Н.А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1983.- 288 с.
5. Рубинчик С.Б. Криогенные деформации здания вокзала на станции Сулук (БАМ). //Основания, фундаменты и механика грунтов. Сб. науч. тр. М.: 1978. С. 15-18
6. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. Госстрой. М.: Стройиздат. 1958.-102 с.
7. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Госстрой. М.: Стройиздат. 1960.-116 с.

И.В. Хомякова (ТИ (ф) ЯГУ)

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУР В ОТРИЦАТЕЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА.

Железобетонные конструкции, эксплуатируемые в районах Крайнего Севера, в частности, в Республике Саха (Я) продолжительное время (около 9 месяцев) находятся под воздействием отрицательных температур, причем диапазон колебаний температур постоянно изменяется.

Анализ данных Якутской Гидрометеодсерватории показал, что абсолютные значения температур воздуха и на поверхности грунта имеют отличия, которые играют существенную роль в работе конструкций, создавая в них неоднородные температурные поля. Количество измерений температур в отрицательном диапазоне в регионах Южной Якутии значительно разнится. Следова-

тельно, конструкции, претерпевающие эти циклы, находятся в неодинаковых условиях.

Рассматривая колебания температуры в течение года как случайную величину и накладывая графики этих колебаний за ряд лет, нетрудно обнаружить, что характерной особенностью случайной величины является ее изменчивый характер с беспорядочными колебаниями.

Возникает необходимость натуральных и аналитических исследований влияния температурных перепадов в отрицательном диапазоне на прочностные характеристики бетона, с целью дальнейшего уточнения методики расчета долговечности железобетонных конструкций.

В лаборатории материаловедения ТИ(Ф) ЯГУ исследовали стойкость бетона состава С1,С2 в возрасте 28 и 360 суток с добавками. Добавками служили комплексные сочетания воздухововлекающей добавки СНВ с пластифицирующей ЛСТ.

Для испытаний изготавливались образцы-кубы с ребром 10 см из бетона нормального твердения (В/Ц=0,4) на Спасском и Теплоозерском портландцементе марки М400. До начала испытаний образцы 28 и 360-суточного возраста насыщали пресной водой соответственно в течение 24 и 96 ч. (время насыщения входило в возраст бетона). После этого их замораживали в климатической камере по режиму: выдерживание при -35°C , подъем температуры до -5°C , выдерживание при -5°C , снижение температуры до -35°C (3 ч. каждый период).

Температуру фиксировали электрическим потенциометром ЭПП-9 с помощью хромель-копелевых термопар, заложенных при бетонировании.

Циклические колебания температур в интервале $-5 \dots -35^{\circ}\text{C}$, как показали результаты эксперимента, оказали разрушающее воздействие на бетон в водонасыщенном состоянии, на что указывает снижение прочности от 24,3 до 11,2% для разных возрастов после 110 циклов испытаний.

Наиболее сильное разрушающее воздействие циклические колебания низких температур оказывают на менее зрелый бетон раннего возраста, несмотря на высокие прочностные показатели, достигнутые бетоном в возрасте 4 сут. (25 МПа). Степень водонасыщения таких бетонов после 24-часового выдерживания в воде составила всего 0,3 — 0,6%, что в 2-3 раза меньше 4 - суточного водонасыщения бетонов в возрасте 28 сут. Следовательно, опасность разрушения бетонов раннего возраста с высокой естественной влажностью от циклических колебаний отрицательных температур следует учитывать даже при небольшом водонасыщении, которое может возникнуть при продолжительных осенних дождях.

Развитие деструктивных процессов при циклических колебаниях низких температур в основном происходит в результате различия коэффициентов линейного расширения компонентов бетона, а также миграции и перераспределения влаги в бетоне. Преобладающим фактором разрушения, по-видимому, является миграция влаги из «тонких» пор, температура замерзания которых ниже -201°C , в более крупные благодаря более низкой свободной энергии льда [4].

Подтверждением этого предположения служит затухающий характер снижения прочности бетона. При эксплуатации бетонных конструкций в зоне переменного уровня или слоя сезонного промерзания в вечномерзлых грунтах усилению деструктивных процессов способствует также повышение степени водонасыщения бетона при миграции влаги из зоны с более высокой температурой [5].

Значительное влияние на стойкость бетонов при циклических колебаниях отрицательных температур оказывает вид цемента, что подтверждается увеличением снижения прочности бетонов, исследованных составов на Спасском цементе (5-10%) по сравнению с бетоном на Теплоозерском цементе.

Известно, что колебания температур без перехода через 0°C сменяются переменным замораживанием и оттаиванием в весенний период, поэтому для приближения лабораторных испытаний к работе бетона в натуральных условиях часть образцов, прошедших 116 циклов испытаний при $-5 \dots -35^{\circ}\text{C}$, испытали на морозостойкость по базовой методике при температуре $-18 \pm 2^{\circ}\text{C} \dots +18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ по ГОСТ 10060-95 [1,2,3]. Составы испытывали на морозостойкость до 116 циклов (Мрз 300), поскольку, не имея аналогичных опытных данных, трудно было предположить, в какой степени циклические колебания отрицательных температур влияют на долговечность бетона. Результаты экспериментов показали снижение прочности образцов кубов по базовому методу на 2,9 и 4,1% в 28, 360-суточном возрасте после 116 циклов.

Результаты этих экспериментов дополнили и уточнили полученные данные по изменению прочности бетона на сжатие. Так, по изменению прочности бетона 360-суточного возраста трудно было судить, в каком случае произошло больше необратимых нарушений в структуре бетона. Испытания на морозостойкость показали, что бетон в возрасте 28 и 360 суток после 116 циклов имел коэффициенты морозостойкости $K_{\text{мрз}}$, близкие к 0,25 и 0,29, тогда как морозостойкость бетона нормального твердения оказалась почти в 2 раза выше. Эти данные убедительно свидетельствуют, что больше необратимых нарушений в структуре происходит в бетоне раннего возраста с большим водонасыщением и меньшим объемом («тонких») пор.

Выводы:

Экспериментами установлено, что циклические колебания температур в интервале $-5 \dots -35^{\circ}\text{C}$ вызывают снижение прочности от 24,3 до 11,2% и морозостойкости бетона в 1,5—2 раза в зависимости от возраста, степени водонасыщения, минералогического состава цемента, вида и количества химических добавок.

Проведенные исследования показали необходимость учета циклических и отрицательных температур без перехода через 0°C при назначении марки бетона по морозостойкости.

Литература:

1. В. М. Москвин, М. М. Капкин, Б. М. Мазур и др. Стойкость бетона и железобетона при отрицательной температуре/ М.: Стройиздат, 1967.-186 с.
2. Губонин Н. Н., Каган В. М., Пинус Б. И. Длительное влияние отрицательных температур на прочность бетонов высоких марок. - Бетон и железобетон, 1968, № 11, С.8-12.
3. Каган В. М. Влияние влажности и условий твердения бетона на его стойкость при циклическом воздействии низких температур. Бетон и железобетон, 1974, № 11, С.22-24.
4. Плят Ш. Н., Кац А. С. Исследование влияния степени водонасыщения и структуры порового пространства на механические свойства бетонов при отрицательных температурах. Л., Известия ВНИИГ. 1969, вып. 90. С.86-89.
5. Миронов С.А., Иванова О.С, Журавлева Л.Е. Стойкость бетона при циклических колебаниях низких температур . Бетон и железобетон, 1982. №3, С.15.

И.В. Черных (ТИ (ф) ЯГУ)

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНА ДЕФОРМАТИВНО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

Климат Республики Саха характеризуется резкой континентальностью, большими колебаниями годовых и суточных температур и малым количеством осадков. Основным фактором, определяющим состояние атмосферы, является мощный и устойчивый зимний антициклон. Под влиянием этого антициклона устанавливается продолжительная морозная зима.

По данным УГМС СССР за 1882-1983 гг., посчитано среднее число дней в году с температурой воздуха ниже -40°C , ниже -50°C и ниже -60°C для большинства населенных пунктов Республики Саха (Якутия). Анализ полученных результатов показал, что на всей территории республики температура воздуха ниже -40°C удерживается в течение длительного периода времени. В нескольких населенных пунктах за указанный период зафиксирована температура воздуха ниже -70°C . Часть полученных данных представлена в таблице 1.

Значения абсолютного минимума температур и среднего числа дней в году с максимальными отрицательными температурами.

Населенный Пункт	Абсолютный минимум температуры		Среднее число дней в году с температурой воздуха ниже		
	t_{min}		-40°C	-50°C	-60°C
	воздуха	почвы*			
Оймякон	-71°C	-72°C	122,0	64,4	4,6
Верхоянск	-68°C	-70°C	117,02	53,64	3,63
Нера	-68°C	-70°C	98,84	46,34	0,44
Якутск	-64°C	-67°C	76,29	22,65	0,3
Чульман	-61°C	-63°C	57,67	9,07	0,04

* - по данным УГМС СССР за 1831-1983 гг.

Проведенные многочисленные исследования показали, что физико-механические свойства бетона изменяются при воздействии низкой температуры. Характер изменения физико-механических свойств при понижении температуры зависит от следующих факторов: степени водонасыщения, состава бетона, водоцементного отношения, количества циклов замораживания и оттаивания, вида и крупности заполнителя, условий твердения и т.д.

Данные о влиянии низких температур на процесс «охрупчивания» бетона носят противоречивый характер. Так, в исследованиях [3,5] отмечается особо хрупкое разрушение бетона при понижении температуры испытания до минус 60°C и ниже. А авторы работы [4] считают, что криогенные температуры не обязательно ведут к повышению хрупкости бетона.

Наиболее полная картина деформирования образца может быть получена при построении полной диаграммы σ - ϵ (диаграмма зависимости относительных деформаций от нагрузки). Такие диаграммы важны как с точки зрения непосредственного применения в расчетах бетонных и железобетонных конструкций, так и с точки зрения построения более общих моделей деформирования бетона.

Эти диаграммы в достаточном количестве получены для различных бетонов после испытаний на сжатие при положительных температурах. Но не обнаружено опубликованных данных о существовании полных диаграмм σ - ϵ , полученных после испытаний бетонов при отрицательных и криогенных температурах.

В связи с вышесказанным была поставлена цель: исследовать особенности работы бетона в условиях естественных низких и криогенных температур.

Для получения полных диаграмм σ - ϵ для бетона при его замораживании до низких климатических и криогенных температур сотрудниками ТИ (Ф) ЯГУ было изготовлено и испытано в Якутске в Институте горного дела Севера 127 призматических бетонных образцов с размерами $5 \times 5 \times 20$ см одного состава - 1:

3,22; $V/C = 0,37$; $W = 1,6\%$; добавка ЛСТ = $0,8 \text{ кг/м}^3$.

Образцы были разделены на несколько партий для испытания при различных температурах. Призмы однократно охлаждались до 0°C и замораживались до температуры: -20°C , -40°C , -60°C в холодильной камере испытательной машины UTS-250 и до -196°C в криогенной жидкости, в качестве которой применялся жидкий азот. При температуре $+20^\circ\text{C}$ испытывалась контрольная партия образцов. Эти испытания проводились на испытательной машине UTS-250, которая позволяет испытывать материалы на центральное растяжение и сжатие с усилием до 250 кН с постоянной скоростью деформирования. Именно такой режим испытания, т. е. с постоянной скоростью роста деформаций принимается за эталон. Считается, что такие диаграммы больше подходят к описанию реального деформирования волокон бетона в конструкциях.

Скорость деформирования на испытательной машине UTS-250 устанавливается перед испытанием и может быть принята в диапазоне от 0,001 мм/мин до нескольких сантиметров в минуту. После проведения пробных экспериментов была принята скорость деформирования, равная 1 мм/мин, удовлетворяющая двум условиям: получение диаграммы, адекватной деформативно-прочностным свойствам материала, и обеспечение кратчайшей продолжительности испытания, не позволяющей оттаять образцу. Во избежание оттайки образца после выемки его из морозильной камеры или из жидкого азота он помещался в пенопластовую форму, вместе с которой и испытывался. Для исключения оттаивания торцов образца при соприкосновении с плитами пресса, между ними прокладывались стальные пластинки толщиной 5 мм, которые замораживались вместе с образцом.

В результате проведения экспериментов, для каждого образца в электронном виде получены таблицы с цифровыми значениями по столбцам: нагрузка, перемещение, время. Эти табличные данные были преобразованы в файлы программы Microsoft Excel. По данным преобразованных и дополненных новыми столбцами таблиц построено 127 диаграмм σ - ϵ для бетона одного состава испытанного при температурах $+20^\circ\text{C}$, 0°C , -20°C , -40°C , -60°C , -196°C .

После совмещения диаграмм получены семейства графиков для каждой температуры испытаний. По этим графикам видно изменение характера диаграмм с понижением температуры, т. е. ниспадающая ветвь на них при более низкой температуре стремится к вертикальному положению, что свидетельствует о более хрупком характере разрушения образцов. Разрушение призм при более низких температурах сопровождалось более мощным звуковым эффектом. Например, при положительной температуре испытаний звук в момент разрушения был в виде слабого щелчка, а при испытаниях образцов, предварительно выдержанных в жидком азоте, наблюдался звук, похожий на выстрел.

После статистической обработки экспериментальных данных получены результаты, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Значения $R_b^{CP}(-)/R_b^{CP}(+)-1$ и $\epsilon_{CP}(-)/\epsilon_{CP}(+)-1$ от температуры образца T С°

Температура образца при испытании	+20°С	0°С	-20°С	-40°С	-60°С	-196°С
Призменная прочность R_b^{CP} , Мпа	31,1	31,7	31,2	31,2	35,8	49,7
Изменение призменной прочности $R_b^{CP}(-) / R_b^{CP}(+)-1$	0	1,9%	0,3%	0,3%	15,1%	59,8%
Предельная деформация ϵ_{CP} , %	0,432	0,417	0,442	0,434	0,496	0,602
Изменение предельной деформации $\epsilon_{CP}(-) / \epsilon_{CP}(+)-1$	0	-3,5%	2,3%	0,4%	14,8%	39,3%

Литература:

1. Москвин В.М., М. М. Капкин, Б. М. Мазур и др. и др. Стойкость бетона и железобетона при отрицательных температурах. - М.: Стройиздат, 1967. 186 с.
2. Москвин В.М., Капкин М.М., Савицкий А.Н., Ярмаковский В.Н. Бетон для строительства в суровых климатических условиях. Л.: Стройиздат.- 172 с.
3. Муха В.И., Абакумов Ю.Н., Малков Е.Н. Основы расчета, конструирования и возведения сооружений в Якутской АССР. //Теоретические основы расчета строительных конструкций на температурные воздействия. Якутск, ЯГУ, 1976.-216 с.
4. Ростаси Ф., Видеман Г. Прочность и деформации бетонов в криогенных условиях. /В кн.: Криогенный бетон: по материалам Междунар. конф. М.: Стройиздат, 1986. С.138-147.
5. Браун Р.Д., Бамфорс П.Б., Тейлор Вудроу. Использование бетона для сооружения хранилищ криогенных жидкостей. /В кн.: Криогенный бетон: по материалам Междунар. конф. М.: Стройиздат, 1986. С.82-103.

В. С. Квагинидзе (ГУП "Якутуголь")
Н.В. Осипенко (ТИ(ф) ЯГУ)

ПРИНЦИПЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Наиболее важной и одновременно трудной задачей при расследовании несчастных случаев является установление существенных причин и обстоятельств, объясняющих возникновение несчастного случая.

От выполнения этой задачи зависят как количество, так и качество мероприятий, которые необходимо предложить, чтобы избежать возникновения подобных несчастных случаев.

В связи с этим необходимо для установления причин произошедшего несчастного случая обязательно выявить всю цепочку событий, предшествовавших несчастному случаю:

- установить вид опасного происшествия, вследствие которого произошел несчастный случай;

- найти все непосредственные причины опасного происшествия или те обстоятельства, которые существовали в месте возникновения несчастного случая и непосредственно влияли на его возникновение;

- для каждой из непосредственных причин расследуемого несчастного случая найти объяснение: отчего он возник или, другими словами, необходимо установить все возможные косвенные причины расследуемого несчастного случая.

Расследуя происшедший несчастный случай, необходимо также помнить, что может быть несколько причин (цепочек) его возникновения (рис. 1.). Все причины несчастных случаев можно разделить на:

1. Непосредственные (организационные и технические).
2. Косвенные (неправильные действия самого пострадавшего или других лиц).

При расследовании необходимо выяснить причины и факторы по обоим цепочкам. Существенное значение для разработки надлежащей профилактики несчастных случаев имеет установление всех косвенных причин несчастного случая.

К техническим причинам относятся конструктивные недостатки оборудования, несовершенство технологии, особенности горнотехнических условий работы и т.д. В первую очередь необходимо различать:

- отказы в работе (обрыв или повреждение ЛЭП, канатов, цепей, шлангов, буровых штанг)

- конструктивные недостатки оборудования; неудовлетворительное качество средств взрывания и взрывчатых материалов;

- несовершенство средств и способов обеспечения безопасности труда; обнаружения и ликвидации отказавших зарядов; средства управления, защиты, сигнализации и блокировки.

- 1 - несчастный случай (опасное происшествие, завершившееся травмой;
- 2 - непосредственные причины несчастного случая (опасного происшествия);

- 3- первый ряд косвенных причин несчастного случая;

- 4 - второй ряд косвенных причин несчастного случая.

Выяснив, что причиной травмы стал конструктивный недостаток оборудования, необходимо уточнить, в чем он состоит, кто в этом виновен и т.д. От

объективности и качества выявления этих причин в большой степени зависит эффективность предупреждения подобных причин в будущем.

К организационным причинам относятся неправильные действия лиц технического надзора на стадии планирования, проектирования, организации и руководства работами. Это могут быть:

- ошибки в технической документации на ведение работ;
- недостатки в обеспечении материалами и оборудованием;
- недостаточный надзор за ходом работ, несоблюдение периодичности осмотра рабочих мест лицами технического надзора;
- нарушение технологии работ, инструкций по эксплуатации оборудования, инструкций по охране труда, графиков планово-предупредительных ремонтов;
- неудовлетворительная организация нарядной системы; допуск к работе необученных лиц, а также лиц, находящихся в состоянии переутомления, недомогания или нервного перевозбуждения; назначение на руководство работами лиц, не отвечающих предъявляемым требованиям и т.д.;
- недостатки в организации технологического процесса.

Причинами возникновения организационных причин травматизма являются личностные факторы работников. Такими личностными факторами являются:

- недостаточная квалификация;
- недооценка опасности;
- недостатки внимания;
- несоответствие психических реакций;
- непродуманность в принятии решений и совершении действий и т.д.

Разумеется, выявление этих причин и условий осуществляется для того, чтобы принять воспитательные меры, чтобы другие не повторяли подобных неправильных действий, а не для наказания пострадавших.

Вторая цепь событий, предшествовавших несчастному случаю, - факторы и обуславливаемые ими неправильные действия самого пострадавшего (или других лиц), приведшие к попаданию его в зону проявления опасного производственного фактора. Зоной опасного фактора могут быть:

- пространства, примыкающие к движущимся транспортным средствам и вращающимся частям машин и механизмов;
- зоны поражающего действия разлетающихся кусков горной породы, осколков инструментов, рабочих органов машин;
- перемещение сыпучих материалов, сползание стенок выработок, почвы;
- зоны, примыкающие к оголенным проводам;
- зоны, подверженные воздействиям взрывных волн или разлетающихся кусков взорванной массы, и т.д.

Присутствие человека в зоне опасного фактора - результат его неправильного действия. При расследовании причин неправильных действий необходимо помнить, что наиболее часто ими являются:

- незнание технической документации, необученность;
- нарушение порядка выполнения операций и их параметров;
- несвоевременное применение имеющихся средств защиты;
- принятие опасных рабочих поз;
- заход в опасные зоны или нахождение в них в то время, когда следовало удалиться из этих мест;
- работа при посторонних разговорах и других отвлекающих действиях;
- работа в состоянии похмелья, усталости, переутомления, недомогания, нервного перенапряжения, сонливости;
- самовольное выполнение работ, которым не обучен;
- передвижение по взорванной горной массе без разрешения лица технического надзора;
- наладка (ремонт смазка и т.п.) машин и механизмов или оборудования во время их работы или без снятия напряжения (отключения электроэнергии).

Количество непосредственных и косвенных причин несчастных случаев, установленных во время их расследования, зависит не только от рода несчастного случая, но и от умелого и тщательно выполненного расследования. Чем тщательнее расследован несчастный случай и чем полнее выяснены обстоятельства, которые имели существенное влияние на его возникновение, тем эффективнее можно разработать и применить мероприятия по профилактике несчастного случая.

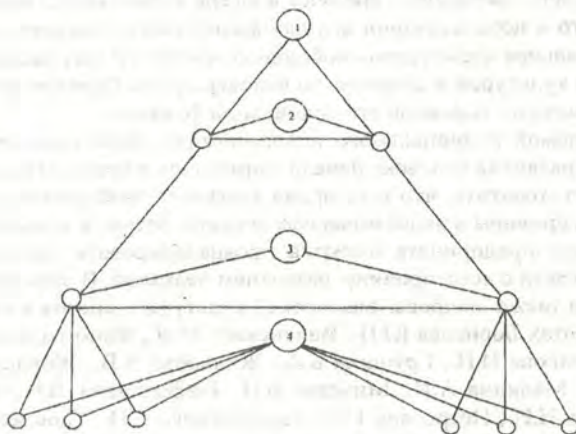


Рис. 1. Комплексно-ценной (пирамидальный) состав причин несчастных случаев.

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ В СТРУКТУРЕ СВОБОДНОГО ВРЕМЕНИ ВОДИТЕЛЕЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.

Переход на рыночную экономику придает особенно большое значение правильному использованию свободного времени. Если на этапе коммунистического строительства придавалось большое значение получению высшего образования, получению диплома, то в условиях рыночной экономики главенствующим является получение передовых знаний, которые служат могучим фактором всестороннего развития личности, ее способностей.

Под свободным временем понимается такое время, которое не поглощается непосредственно ни трудом, ни другими непреклонными нуждами, а остается для свободной деятельности.

Природа развития рыночной экономики способствует дальнейшему повышению роли свободного времени в жизни общества, постепенно превращает его из периода восстановления и воспроизводства рабочей силы в сферу развития личности. Свободное время все больше используется человеком "для образования, для интеллектуального развития, для приобретения хлеба насущного, для выполнения социальных функций, для товарищеского общения, для свободной игры физических и интеллектуальных сил".

Сущность свободного времени в сфере физического воспитания состоит прежде всего в использовании его для физического совершенства личности, и, если оптимальное количество свободного времени будет заполнено занятиями физической культурой и спортом, то человек лучше будет подготовлен к трудовой деятельности - основной его социальной функции.

Проблемой рационального использования свободного времени для всестороннего развития человека начали заниматься в первые годы Советской власти. Следует отметить, что в то время проблема свободного времени рассматривалась в основном в экономическом аспекте. Затем, в конце 60-х - начале 70-х годов была предпринята попытка проанализировать проблему свободного времени, в связи с всесторонним развитием человека. В этих исследованиях затрагиваются также вопросы физической культуры и спорта в их общем виде.

В работах Борисова Ю.В., Виленского М.Я., Виноградова В.И., Воронцова П.М., Волкова И.П., Грушина Б.А., Жильцова В.В., Жолдана В.И., Лохтиновой З.И., Малкина А.И., Минаева Б.Н., Нифонтовой Л.Н., Патрушева В.Д., Пересветова Н.Н., Петросяна Г.С., Пруденского Г.И., Пономарева Н.И., Рипы М.Д., Тарабыкина Ю.С., Щербинина Б.Н. и многих других авторов (1962-1965 гг.) изучалось место физической культуры и спорта в структуре свободного времени трудящихся. Данные исследования проводились среди школьников, студентов и некоторой части производственной молодежи.

Анализ литературных источников показал, что работ, исследующих свободное время водителей Крайнего Севера, нет. В связи с этим не исследовалась зависимость проявляемого водителями интереса к физической культуре от возраста, образования, характера труда, общественной активности, факторов, мешающих внедрению физической культуры в быт водителей, влияние физической культуры на работоспособность и повышение производительности труда.

Общей целью нашего исследования будет выявление объема свободного времени водителей и места в нем физической культуры и спорта. Объектом исследования будут водители, работающие на большегрузной технике Нерюнгринского угольного разреза. Важную роль при выборе исследования играют исключительно специфические условия труда и особенности производительной деятельности водителей. Им приходится трудиться в очень сложных климатических условиях и с большой продолжительностью рабочего времени. Неблагоприятные факторы рабочей обстановки подчас отрицательно влияют на состояние здоровья водителей, способствуют развитию у них профессиональных заболеваний.

А.А. Хворостина (ТИ (ф) ЯГУ)

НЕМЕРКНУЩИЕ ИМЕНА.

Мы уже возвращались к вопросу об открытии Южно-Якутского бассейна но не имели возможности хотя бы кратко, по имеющимся отрывочным сведениям, охарактеризовать тех блестящих, целеустремленных, бесстрашных людей, совершивших этот беспримерный поход.

Как отмечалось, впервые угли Южно-Якутского бассейна были открыты горным инженером штабс-капитаном Кованько М.И., членом Якутской экспедиции, возглавлявшейся горным инженером поручиком Меглицким Н.Г.

Не возвращаясь к самому ходу экспедиции, освещенной выше, расскажем кратко о жизненном пути этих незаурядных людей, изучавших наши края в те времена, когда не было не только связи или дорог в тайге, но даже географических карт, дававших хотя бы приближенную геоморфологическую характеристику исследуемой местности.

Николай Гаврилович Меглицкий родился 25 сентября 1825 г.. Его отец - протоирей С-Петербургской Духовной Академии - долгое время стоял при посольстве австрийского двора в Вене.

Н.Г. Меглицкий в 1841 г. поступил в Горный институт в С-Петербурге, который успешно закончил в 1846 г. По окончании института он поступает на службу в Алтайский горный округ и уже в мае 1847 года направляется в золотоискательскую партию (р. Таштын), а позднее назначается приставом Риддерского рудника. Это был высокий и ответственный пост для молодого горного инженера, так как под его руководством велись не только горнодобычные рабо-

ты, но и работа обогатительной фабрики. Н.Г. Меглицкий очень увлеченно занимается практикой горного дела.

В 1849 г. он был переведен в Восточную Сибирь в распоряжение генерал-губернатора Н.Н.Муравьева для геологических исследований в готовившейся в это время экспедиции подполковника Н.Х.Арте. По прибытии в Карийские золотые промыслы (Забайкалье) он, не откладывая на более поздние времена, занялся изучением геологии окрестностей Кары; передвигаясь, где - пешком, где на лошадях. В этот же период он исследовал левый берег р.Шилки. Результаты его исследований появились в "Горном журнале" за 1850 г., что само по себе уже свидетельствовало об исследовательском складе его ума. Вообще же, Николай Гаврилович был не крепко здоровым, однако это его не останавливало, и он с поразительной настойчивостью занимался геологическими исследованиями. Весной 1850 г. Н.Г.Меглицкий получает указание от генерал-губернатора Н.Н.Муравьева исследовать Эндибальское свинцовое месторождение в отрогах Верхоянского хребта. Предстояла работа в весьма удаленных и суровых краях, и к ней Н.Г.Меглицкий отнесся серьезно и обстоятельно - как относился и ко всем другим работам, которые ему поручались. Побывав на Петровском чугунолитейном заводе, он лично проследил за изготовлением походного горного оборудования и собственноручно опробовал все заказанные буры. Экспедиция была проведена летом 1850 г., а отчет о ней опубликован в «Горном журнале» за 1851 г. Именно летом 1850 г. Алданской поисковой партией отряда Н.Г.Меглицкого впервые были обнаружены угли на левом притоке р.Алдан - р. Амедичи. Это и была точка отсчета, после которой начинают появляться все более новые и обширные сведения о Южно-Якутском каменноугольном бассейне. Как упоминалось, непосредственно первая точка с выходом угольного пласта обнаружена членом партии Н.Г.Меглицкого - горным инженером М.И. Кованько. За период своей относительно короткой профессиональной деятельности Н.Г.Меглицкий участвовал в исследовании огромных пространств, начиная от Иркутска на западе, до Удской губы и Шантарских островов на востоке и до г.Якутска на севере.

Работал Н.Г.Меглицкий на износ, без скидок на слабое здоровье и тяжелые природные условия. Это дало себя знать - Н.Г.Меглицкий заболел и вынужден был в 1853 г. выехать в С-Петербург. И, тем не менее, имея подорванное здоровье, он еще раз выезжает из С-Петербурга в Оренбург, в течение 1854-55 годов изучает территорию площадью в 80 тыс. кв. верст в Оренбургской области и составляет для музея Горного института коллекцию горных пород из 3000 образцов. Здоровье еще более ухудшилось, и для поправки его он в 1856 г. выезжает в Германию. Лечение не дало ожидаемого результата и 30 августа 1857 г. Н.Г.Меглицкий умер в г.Веймаре, где и похоронен.

Н.Г.Меглицкий - талантливый и неутомимый исследователь своего времени. Прожив всего 32 года, он успел сделать очень много. Большинство его трудов опубликовано в "Горном журнале". Академик Гельменстрен и директор

Николаевской обсерватории Струве официально характеризовали его труды как "исключительные по своей многосложности и подробностям".

Н.Г. Меглицкий свободно владел французским и немецким языками. За успешно проведенную Якутскую экспедицию 1849-52 гг. был награжден орденом Владимира. Николай Гаврилович и его заслуги перед Россией были хорошо известны царю Николаю I. Он был избран действительным членом Императорского Минералогического и Императорского Русского Географического общества. Можно только предполагать, насколько много мог сделать для геологической науки столь талантливый и целеустремленный человек, отдавший всю без остатка свою жизнь изучению геологии Сибири.

Еще меньше, к сожалению, нам известно о соратнике Н.Г. Меглицкого по экспедиции 1849-52 г.г., горном инженере, штабс-капитане Матвее Ивановиче Кованько, открывшем уголь на р.Амедици.

Матвей Иванович Кованько закончил горный институт в 1845 г. на год раньше Н.Г.Меглицкого. Участие в экспедиции Н.Г.Меглицкого было, пожалуй, самым крупным событием в его жизни. После экспедиции 1849-52 гг. он был назначен в комиссию подполковника Озерецкого для исследования серебро-цинковых месторождений Нерчинского округа. По окончании работы комиссии (осень 1853 г.) М.И.Кованько был командирован за границу, а по возвращении назначен в 1856 г. помощником начальника Нерчинских заводов. В 1859 г. он возвращается в С-Петербург и служит в Монетном дворе. К сожалению, нам не известны ни его печатные труды, ни дата смерти, хотя известно, что он умер в С-Петербурге.

Человек славен своими делами. И даже, если мы не знаем хорошо обстоятельства его жизни, то по меньшей мере, должны знать, что сделал он для России, для своей страны, ибо именно это в первую очередь является мерой ценностей прожитой жизни.

В этом отношении имена Николая Гавриловича Меглицкого и Матвея Ивановича Кованько должны быть навсегда вписаны в золотую книгу памяти нашего региона как первооткрывателей угля, площадь распространения которого ныне именуется Южно-Якутским каменноугольным бассейном - гордостью Республики Саха и всей России. Нашим самым минимальным долгом перед памятью этих блестящих исследователей - организатора и руководителя Якутской экспедиции Н.Г.Меглицкого и начальника Алданской партии М.И.Кованько - было бы наименование в их честь двух улиц г.Нерюнгри. Это то, что вполне посылно администрации г.Нерюнгри.

Хочется также, чтобы, добывая уголь из недр бассейна, и геологи, и горняки, и все люди, уважительно относящиеся к истории изучения недр нашей республики, помнили бы, когда, кто и ценой каких усилий получил первые научные сведения о Южно-Якутском каменноугольном бассейне.

Литература:

1. Описание Якутской экспедиции (1851 г.) покойного горного инженера Н.Г.Меглицкого, составленное по отчетам, дневникам и коллекциям горным инженером М.П.Мельниковым I // "Горный журнал" издаваемый Горным Ученым Комитетом 1893 г. №7 (июль). Т.3, С.111-154.
2. Хворостина А.А., Александров И.А. "Возрождение к истокам" //Проблемы и перспективы угледобывающей отрасли Республики Саха (Якутия), (посвященной 20-летию Нерюнгринского разреза). Нерюнгри, 1999. С.191-193.

СОДЕРЖАНИЕ

1	В. Н. Швец. Новые данные по геохимии угольных пластов Южной Якутии.....	3
2	И.И. Сидоров., А.А. Сясько., В.В. Луценко., В.Н. Швец. Электронная база углехимических и геохимических данных по пластам Н16, Н15, У4, У5 Эльгинского месторождения.....	9
3	М.И. Логинов, Ю.Н. Скоморошко. К вопросу об оценке устойчивости массива горных пород по геофизическим данным на примере Эльгинского месторождения).....	14
4	Н.Н. Гриб, Д.А. Самохин, Г.Ф. Алексеев. Прогнозирование параметров режима бурения горных пород.....	18
5	М.Р. Фарбер. Особенности размещения оруденения на участке Фин Юрско-Бриндакитского рудного поля.....	22
6	Г.Ю. Боярко. Перспективы освоения Бирикээнского месторождения.	24
7	А.В. Забелин. Исследование изменчивости физико-механических свойств горных пород при циклическом замораживании-оттаивании...	28
8	Н.Н. Гриб, А.В. Забелин. Годичный цикл изменений физико-механических свойств песчаников в условиях резко континентального климата Южной Якутии.....	31
9	Н.П. Поляков, Ю.Н. Скоморошко. Горно-геологические и горно-технические условия эксплуатации Эльгинского месторождения.....	36
10	И.С. Неменман. Основные принципы формирования золоторудных объектов поисковой стадии геологоразведочных пород.....	38
11	А.Н. Прилуков. Рыночные реформы в дальневосточной горнодобывающей промышленности в свете разрабатываемой теории регионального минералопользования.....	43
12	В. М. Власов, А. Д. Андросов. Развитие технологии комбинированной разработки кимберлитовых трубок на Севере.....	47
13	С.В. Панишев, С.А. Ермаков, Л.Е. Заозерский. К вопросу определения границ открытых разработок.....	56
14	Г.О. Киприянов, В.С. Сорокин, Г.В. Шубин. Прогрессивная технология вскрышных работ при разработке месторождений мелкими предприятиями в условиях многолетней мерзлоты.....	59
15	А.Н. Петров, Т.Р. Чжан. Опытнo-промышленная разработка месторождения Малтан.....	63
16	Е.Н. Чemezов, М.А. Викулов. Об одном из вариантов развития угледобычи в РС(Я).....	69
17	А.М. Бураков, С.А. Ермаков А.А. Блинов. Источники питания Куранахской погребенной россыпи и их влияние на выбор возможных технологий извлечения металла.....	72

18	И.И. Ковлеков, Е.Д. Саввин, В.С. Андреев, Л.М. Кузнецова. Извлечение золота из хвостов береговой обогатительной фабрики.....	78
19	И.Н. Антипин, Ю.А. Шипицын. Некоторые особенности подготовки образования подземного газогенератора в многолетнемерзлых породах.....	82
20	М.М. Иудин. Учет пластических деформаций в условии совместного взаимодействия.....	87
21	Т.А. Вычужин, А.С. Бауск, А.В. Водолазский. Анализ технологии обогащения золотоносных песков на промприборах типа ПГС.....	89
22	Н.А. Леоненко, А.П. Кузьменко, Е.А. Жуков. Лазерное инициирование энергонасыщенных составов - перспективное направление повышения эффективности взрывных технологий.....	92
23	Д.Ф. Зенков, Г.Е. Солнцев. Технологические особенности работы автоматизированного электропривода канализационных насосных станций.....	95
24	Г.Е. Солнцев. Вопросы разработки автоматизированных электроприводов канализационных насосных станций.....	99
25	Д.Ф. Зенков, В.Р. Киушкина. Проблемы и вопросы по созданию автономных энергоустановок малой мощности.....	101
26	В.С. Квагинидзе, Е.Е. Гольбухт. Технические требования на высокопрочную хладостойкую сталь для изготовления зубчатых передач экскаваторов.....	104
27	Б.Л. Герике, С.Ю. Дрыгин. Испытание электрических машин и моделирование дефектов электромагнитного происхождения.....	107
28	В.Б. Тимофеев, Т.Е. Тимофеева. Эффект проникновения постоянного электрического поля вращающегося магнита сквозь электростатический экран.....	111
29	В.Б. Тимофеев, Т.Е. Тимофеева. Электрическое поле магнитного ротора и гипотезы униполярной индукции.....	113
30	А.М. Попова. О передаче импульса при ударе через промежуточное тело в машинах ударного действия.....	117
31	П.М. Иванов. Фрикционные соединения на высокопрочных болтах транспортных галерей ОФ «Нерюнгринская».....	119
32	Б.Г. Воронин К вопросу определения осадки основания с учетом фильтрационного выноса частиц.....	120
33	И.В. Хомякова. Влияние циклических колебаний температур в отрицательном диапазоне на прочность бетона.....	124
34	И.В. Черных. Влияние низких отрицательных температур на деформативно-прочностные свойства бетона.....	127
35	В. С. Квагинидзе, Н.В. Осипенко. Принципы установления причин несчастных случаев.....	130

36	Л.А., Прокопенко, В.К Звездин С.И. Хачатурьянц. Физическая культура и спорт в структуре свободного времени водителей Крайнего Севера.....	134
37	А.А. Хворостина Немеркнущие имена.....	135

**ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЮЖНО-ЯКУТСКОГО РЕГИОНА**
Сборник научных трудов

Подписано в печать 14.06.2000.
Формат 60X84 1/16. Бумага писчая.
Печать офсетная. Печ. л. 9,0. Уч.-изд. л. 11,25.
Тираж 150 экз. Заказ № 2613.

Издательство ЯГУ.
677891, г. Якутск, ул. Белинского, 58.

Отпечатано в Нерюнгринской городской типографии.
г. Нерюнгри, ул. Советская, 2

Лицензия: серия ИДРС № 000069 от 30.09.98 г.