

---

.....

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

**ГОРНОГО ДЕЛА**



**№ 1(5)**

**МАГНИТОГОРСК 2018**

.....

---

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ДЕЛА

№1 (5) июнь 2018 г.

Научно-технический журнал

Основан  
в 2016 году

Учредитель: ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»

**Выходит  
2 раза в год**

### О журнале

Научно-технический журнал содержит публикации по результатам теоретических, экспериментальных и научных исследований в разных областях горного дела.

Предназначен для специалистов в области геологии, маркшейдерского дела и геометрии недр, геотехнологии (подземной, открытой, строительной), обогащения полезных ископаемых. Может быть полезен магистрам, аспирантам, студентам старших курсов соответствующих специальностей.

**Основные направления журнала:** горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр, геотехнология (подземная, открытая и строительная), горные машины, обогащение полезных ископаемых.

### Редакционная коллегия

**Гавришев Сергей Евгеньевич** – гл. научный редактор, проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»);

**Галиев Сейтгали Жолдасович** - член-корреспондент НАН РК, проф., д-р техн. наук, заместитель председателя Правления АО «Казахстанский институт развития индустрии», г. Караганда, Казахстан;

**Шамшиев Орунбай Шамшиевич** - проф., д-р геол.-минерал. наук, директор КГТУ им. И.Раззакова, г. Кызыл-Кия, Кыргызстан;

**Горбатова Елена Александровна** – доц, д-р геол.-минерал. наук (ФГУ «ВИМС»);

**Калмыков Вячеслав Николаевич** - проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»);

**Чижевский Владимир Брониславович** - проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»).

### Контакты

#### Главный редактор:

Емельяненко Елена Алексеевна - доц., канд. техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»), тел (3519) 29-85-40

#### Заместитель главного редактора:

Романько Елена Александровна - доц., канд. техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»), тел (3519) 29-85-40

#### Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Тел.: (3519) 29-85-40. E-mail: [mdig@magtu.ru](mailto:mdig@magtu.ru)

Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ им. Г.И. Носова

Подписано к печати 29.06.2018.

Заказ 265. Тираж 100 экз. Цена свободная.

16+, в соответствии с Федеральным Законом от 29.12.10. №436-ФЗ.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ И НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА, МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

- Атыкенова Э.Э., Усупаев Ш.Э.** 3  
Инженерная геология типизации и ликвидации вероятных катастроф от радиоактивно-токсичных отходов в Кыргызстане
- Петров Г.А., Хонякин В.Н.** 13  
Маркшейдерское обеспечение строительства выработок горизонта -1069,7 м Гремячинского ГОКа
- Литвиненко Н.В., Хаджеев Т.В., Хонякин В.Н.** 20  
Исследование особенностей работы электронного нивелира Sokkia SDL1X
- Шамшиев О.Ш., Ждан А.В., Маралбаев А.О., Ян Шуай, Толобаева Н.Т.** 24  
Благородно-метальность геологических формаций Фанерозоя (PZ, MZ-KZ) Южного Тянь-Шаня и их перспективы

### ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

- Аглямков А.Р., Калмыков В.Н., Волков П.В., Леонтьева Е.В., Гнедых А.П., Магафуров М.И.** 29  
Исследование интенсивности коррозии поверхности металлической сетки отремонтированной крепи ствола «Скиповой» СФ АО «Учалинский ГОК»
- Косых В.В., Волков П.В., Мажитов А.М., Шишкин В.И., Бурева Т.В., Пудовкин Н. Е.** 33  
Исследование свойств горных пород месторождения «Орловское» ТОО «Востокцветмет»

### ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- Абдрахманова Р.Н., Нефедьев А.П., Абдрахманов Р.Н.** 38  
Обзор методов удаления сульфатов из шахтных вод

### ОХРАНА ТРУДА В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- Старостина Н.Н.** 44  
Изучение возможностей применения психологических методов для повышения безопасности труда
-



УДК 624.131.1

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОНОМИЯ ТИПИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ВЕРОЯТНЫХ КАТАСТРОФ ОТ РАДИОАКТИВНО-ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Атыкенова Э.Э., Усупаев Ш.Э.

**Аннотация.** Рассматривается методика разработки интегрированного преобразования гидрогеологических, инженерно-геологических и сейсмологических карт в инженерно-геономические карты типизации и прогноза георисков от вероятных катастроф для территории Кыргызстана и трансграничных районов с странами Центральной Азии.

**Ключевые слова:** инженерно-геономическая карта, хвостохранилища, горные отвалы, экологические аварии, риск.

Кыргызская Республика, участник Договора о нераспространении ядерного оружия, вступила Международное агентство по атомной энергетике (сто тридцать четвертый член-государство) и присоединилась к договору о нераспространении ядерного оружия.

В Кыргызском Тянь-Шане для развития атомной промышленности СССР ранее осуществлялась интенсивная добыча урана. Весьма опасные для жизни и биоты неизвлеченные урановые и ториевые компоненты складировались в условиях высокой селевой, оползневой и сейсмической опасности вблизи населенных пунктов и русел рек в виде радиоактивных и токсичных хвостохранилищ с дамбами, построенными из местных грунтов.

Создание системы защиты населения от воздействия радиоактивных и токсичных хвостохранилищ и горных отходов в Кыргызстане имеет большое социальное и экономическое значение.

С позиций инженерной геономии (ИГН) типизация вероятных катастроф от разгерметизации радиоактивных хвостохранилищ существует ежедневно вследствие высокой сейсмической активности горной страны, глобального изменения климата и несанкционированного использования материалов местными жителями для хозяйственных целей [1-7].

Отсутствие сети мониторинга ранее привело к ряду геоэкологических аварий, которые неоднократно загрязняли значительные площади земель и геоэкосистемы в Кыргызстане, сопровождавшиеся выносом опасных ингредиентов трансграничные в районы соседних стран Центральной Азии.

Так, вследствие землетрясения и одновременного выпадения сильных ливневых осадков 9-14.12.1958 г., была разрушена дамба хвостохранилища №7. По р. Майлуу-Суу более чем на 40 км был выброшен селевой поток с радиоактивными веществами объемом 600 тыс.м<sup>3</sup>, распространившийся по территории Кыргызстана и далее в Узбекистан.

В результате землетрясения 15.04.1964г. интенсивностью 5 баллов была разрушена дамба радиоактивного хвостохранилища №2 в Актюзе. Трансгранично из Кыргызстана в сопредельные районы Казахстан по р. Кичи-Кемин прорывными потоками по руслу реки и арычной ирригационной сети было вынесено около 680 тыс. м<sup>3</sup> торийсодержащего песка и ила.

Разгерметизация дамбы радиоактивного хвостохранилища в результате водной эрозии произошла в 1959 году в районе г. Кара-Балта. Выдавленные и размывые радиоактивные вещества попали через ирригационные сети на орошаемые поля.

На основе сбора, анализа и синтеза серии аналитических и тематических карт радиоактивных и токсичных опасностей, несущих угрозу для населения и территории (карты гидрохимических аномалий, дозовых нагрузок естественного гамма-излучения; распространения радиоактивных и токсичных хвостохранилищ и горных отвалов), нами



Таблица 1

Инженерно-геономическая оценка георисков от вероятных катастроф по площади распространения природных дозовых нагрузок гамма-излучения, гидрогеохимических аномалий и отходов горного производства по бассейнам стока рек Кыргызстана

| Бассейны стока рек                         | Площадь, км <sup>2</sup>                   |                              |                                 |                         |                             |                                 | Последовательность расположения бассейнов стока рек по ИГН |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
|  | Природная дозовая нагрузка гамма излучения | Гидро-геохимические аномалии | Хвостохранилища и горные отвалы | ИГН весовой коэффициент |                             |                                 |  |
|  |  |                              |                                 | гамма-излучение         | гидрогеохимические аномалии | хвостохранилища и горные отвалы |  |
| р.Чу                                       | 8752                                       | 5040                         | 11                              | 6,1                     | 2,9                         | 110                             | 39,6   |
| р.Нарын                                    | 2832                                       | 6496                         | 3                               | 1,9                     | 3,7                         | 30                              | 11,8   |
| Р.Талас                                    | 1436                                       | 1760                         | 0                               | 1,0                     | 1,0                         | 0                               | 0,7  |
| Реки Северного склона Алайского хребта     | 1936                                       | 4000                         | 1                               | 1,3                     | 2,3                         | 10                              | 4,5  |
| Реки западного склона Ферганского хребта   | 1472                                       | 2304                         | 1                               | 1,02                    | 1,3                         | 10                              | 4,1  |
| р.Тарим                                    | 2534                                       | 2608                         | 0,1                             | 1,7                     | 1,5                         | 1                               | 1,4  |
| Реки бессточного бассейна озера Иссык-Куль | 4032                                       | 2788                         | 0,1                             | 2,8                     | 1,6                         | 1                               | 1,8  |

Из табл. 1 видно, что геориски от вероятных катастроф по бассейнам стока рек распределены в уменьшающемся порядке: р. Чу; р. Нарын; реки северного склона Алайского хребта; реки западного склона Ферганского хребта; реки бессточного бассейна озера Иссык-Куль; р. Тарим.

В табл. 2 представлены результаты проведенного комплексного анализа и оценка инженерно-геономических георисков от вероятных катастроф для 16 законсервированных и действующих хвостохранилищ и отвалов горных пород в Кыргызстане.

Количественная оценка проводилась на основе введения ИГН весового коэффициента, которая для каждого из рассматриваемых опасных процессов и явлений, а также характеристик хвостохранилищ определяется приведением самой малой величины показателя делением на себя к единице.

Весовой коэффициент показателей с большими величинами вычисляется делением каждой из них на самый малый показатель, т.е определяется в количестве раз превышающих самую малую величину конкретного показателя.

Таблица 2. Начало

Оценка тематических индивидуальных опасностей от вероятных катастроф для интегрированной инженерно-геономической типизации и прогноза георисков от хвостохранилищ Кыргызстана

| Хвостохранилища      | Абсолютные<br>отмет., км | Объем отходов<br>V, тыс.м <sup>3</sup> | Мощность, м | Загрязняющие<br>вещества    | Класс опасности | Радиоактивность,<br>мкР/ч. | Степени опасности |                   |                   |         |        |
|----------------------|--------------------------|--|-------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|--------|
|                      |                          |  |             |                             |                 |                            | Эрозия            | Землетрясе<br>ния | Сели и<br>паводки | Оползни | Лавины |
| 1                    | 2                        | 3                                      | 4           | 5                           | 6               | 7                          | 8                 | 9                 | 10                | 11      | 12     |
| Атжайлоуу            | 3,1                      | 25                                     | 5           | Ag, Cu,<br>Zn, Br           | 4               | -20                        | +                 | 8                 | 3                 | -       | 3      |
| Кумтор               | 3,6                      | 110 000                                | 50          | Цианиды<br>натрия           | 3               | -18                        | +                 | 8                 | 3                 | -       | 3      |
| Каджисай             | 1,7                      | 400                                    | 36          | U-уран                      | 1               | -                          | +                 | >9                | 4                 | 4       | -      |
| Кутесай и<br>Калесай | 2,4                      | 440                                    | 36          | Ba                          | 1               | -23                        | +                 | 8                 | 3                 | -       | 2      |
| Ак-Тюз               | 2,1                      | 2856                                   | 25          | Th                          | 1               | до 1500                    | +                 | >9                | 2                 | 4       | 3      |
| Орловка и Капка      | 2,1                      | 4400                                   | 12          | Th                          | 1               | до 1300                    | +                 | >9                | 4                 | 3       | -      |
| Мин-куш              | 2,3                      | 338                                    | 5           | U                           | 1               | до 200                     | +                 | >9                | 3                 | 2       | 3      |
| Макмал               | 1,3                      | 30                                     | 25          | Цианиды<br>натрия           | 4               | 19                         | +                 | >8                | 4                 | 4       | -      |
| Кара-Балта           | 1,8                      | 37 000                                 | 7           | U                           | 1               | до 1500                    | +                 | 9                 | 3                 | -       | -      |
| Туя-Муюн             | 1,2                      | 3                                      | 1           | U                           | 1               | до 200                     | +                 | 9                 | 4                 | -       | -      |
| Майлуу-Суу           | 1,0                      | 2200                                   | 6           | U                           | 1               | - до<br>500                | +                 | >9                | 3                 | 1       | 4      |
| Кан                  | 1,14                     | 1654                                   | 92          | Соли<br>тяжелых<br>металлов | 4               | -18                        | +                 | 8                 | 4                 | -       | -      |
| Улуу-Тоо             | 1,2                      | 2741                                   | 4           | Sb, Hg                      | 4               | -19                        | +                 | 9                 | 4                 | 4       | -      |
| Сумсар               | 1,2                      | 2900                                   | 12          | Pb, Zn,<br>Cd               | 4               | -18                        | +                 | 9                 | 3                 | 3       | -      |
| Терек-Сай            | 1,7                      | 600                                    | 5           | As, Mo,<br>сурьма           | 4               | -20                        | +                 | 9                 | 2                 | 4       | 3      |
| Хайдаркан            | 1,9                      | 3000                                   | 120         | ртуть                       | 4               | -18                        | +                 | 8                 | 3                 | -       | -      |

Таблица 2. Окончание

Оценка тематических индивидуальных опасностей от вероятных катастроф для интегрированной инженерно-геономической типизации и прогноза георисков от хвостохранилищ Кыргызстана

| Хвостохранилища   | Модуль подземного тока, сл/с | РОЗ | Коэффициент устойчивости дамб | Запасы тыс. м <sup>3</sup> | ИГН весовой коэффициент |               |         |        |                         | Геориски ИГН |
|-------------------|------------------------------|-----|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|---------|--------|-------------------------|--------------|
|                   |                              |     |                               |                            | Береговая эрозия        | Землетрясения | Оползни | Лавины | Модуль подземного стока |              |
|                   | 13                           | 14  | 15                            | 16                         | 17                      | 18            | 19      | 20     | 21                      | 22           |
| Атжайлоуу         | 1                            |     | -                             | 6                          | 1                       | 1,5           | 0,7     | 1,5    | 0,3                     | 12           |
| Кумтор            | 3                            | 1   | 0,9-1,0                       | 1524                       | 1,5                     | 1,5           | 0,7     | 1,5    | 0,3                     | 9            |
| Каджисай          | 10-7,5                       | 1   | 1,0                           | +                          | 2,4                     | 1             | 2,2     | -      | 1,0                     | 5            |
| Кутесай и Калесай | 2                            |     | -                             | +                          | 2,4                     | 1,5           | 0,7     | 1,6    | 0,3                     | 6            |
| Ак-Тюз            | 25-503                       | 1   | 1,0                           | 12                         | 2,4                     | 1,6           | 1,0     | 1,5    | 2,2                     | 3            |
| Орловка и Капка   | -25-50                       |     | 1,0                           | 22                         | 2,4                     | 1,0           | 2,2     | -      | 2,2                     | 4            |
| Мин-куш           | 3                            |     | 1,1                           | +                          | 2,4                     | 1,5           | 2,2     | 1,5    | 0,5                     | 2            |
| Макмал            | -1-3                         |     | 1,15                          | +                          | 1                       | 1             | 1,0     | -      | 0,5                     | 15           |
| Кара-Балта        | -10-15                       | 1   | 1,2                           | 20                         | 2,4                     | -             | 1,4     | -      | 1,4                     | 11           |
| Туя-Муюн          | -10-15                       |     | -                             | +                          | 2,4                     | 1             | 1,4     | -      | 1,4                     | 7            |
| Майлуу-Суу        | 4                            | 1   | 1,12÷1,3                      | 12                         | 1                       | 1,5           | 2,2     | 1,0    | 0,3                     | 1            |
| Кан               | -0,5-10                      |     | -                             | 2500                       | 1                       | 1             | 0,7     | -      | 0,4                     | 16           |
| Улуу-Тоо          | -0,5-1,0                     |     | -                             | +                          | 1                       | 1             | 1,4     | -      | 0,4                     | 13           |
| Сумсар            | -5-10                        |     | -                             | 20                         | 1                       | 1,5           | 1,4     | -      | 0,31                    | 10           |
| Терек-Сай         | <0.53                        |     | -                             | +                          | 1                       | 1,5           | 1,0     | 1,5    | 0,3                     | 8            |
| Хайдаркан         | 5-10-                        | 1   | -                             | +                          | 1                       | 1,5           | 0,7     | -      | 1,0                     | 14           |

В результате ИГН оценки по 14 аналитическим и тематическим показателям были введены ИГН весовые коэффициенты, и все 16 объектов отходов горного производства по георискам получили свои места в последовательности их уменьшения от 1-го с наиболее высоким показателем геориска до 16-го с самым меньшим показателем.

При составлении ИГН карты использована разработанная Фаворской М.А., Басковым В.А., Шилиным Л.Н., Виноградовым Н.В. и др. (1983г.) карта системы сквозных трансрегиональных рудоконтролирующих разломов скрытого типа, которые на территории Кыргызстана представлены шестью (6) ориентированными с севера на юг структурами с шириной зон в км с запада на восток: I - более 80 км, II - 100, III - 50, IV-77, V - 41, VI - 83 км.

На рис. 2 представлена составленная впервые инженерно-геономическая карта оценки и прогноза георисков от возможного воздействия гидрогеохимических аномалий, дозовых нагрузок естественного гамма-излучения и размещения отходов горного производства.

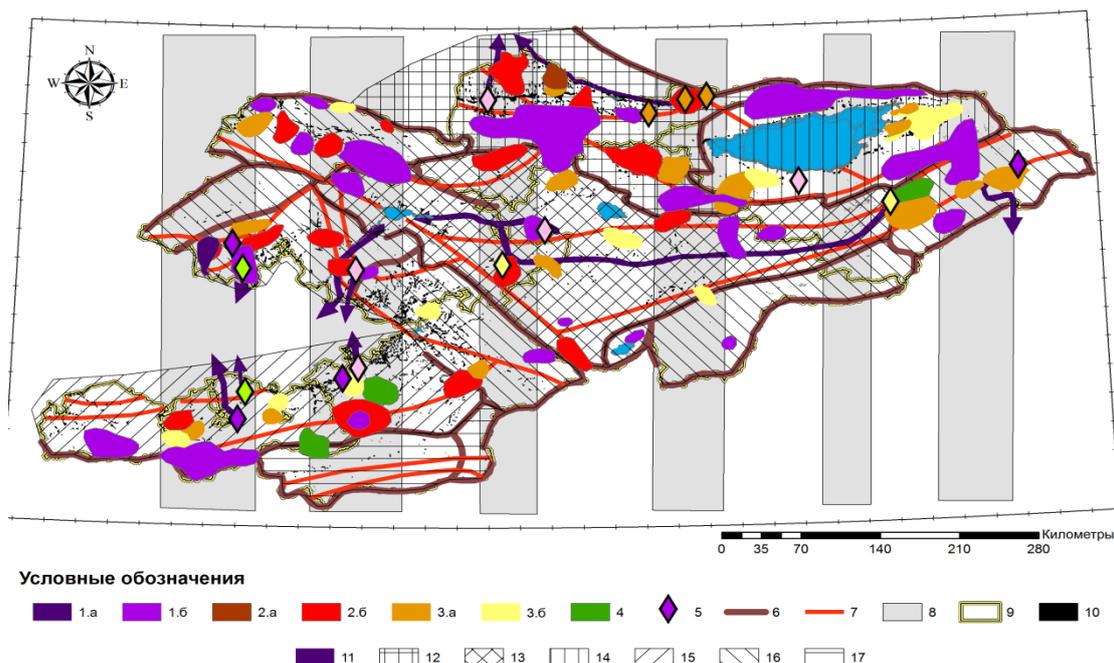


Рис. 2. Инженерно-геономическая карта типизации и прогноза георисков от возможных катастроф от гидрогеохимических аномалий, дозовых нагрузок естественного гамма-излучения и размещения отходов горного производства

**Первая зона сквозной дислокации** шириной более 80 км выражена на АФС и КФС комплексом следующих геологических аномалий: зоной повышенной сейсмичности, развиты узлы пресечения разломов, эпицентры глубокофокусных землетрясений, в геоморфологических признаках представлены линеаменты, имеются коленообразные изгибы речных долин, что свидетельствует о значительной глубине заложения, скрытой системе нарушений. В пределах влияния первой зоны расположены хвостохранилища и горные отвалы Сумсар, Шекафтар, Хайдаркан, Кадамжай (см. рис. 2).

**Вторая зона дислокаций** шириной 100 км находится восточнее от первой и расположена на участке повышенной сейсмичности, является наиболее выдержанной и прослеживается от Гималаев. Здесь с востока на запад сменяются юрские, меловые и палеогеновые отложения, зона насыщена магматическими образованиями и генерирует эпицентры глубокофокусных землетрясений, а выходы гипербазитов, погружения осей складок свидетельствуют о значительной глубине заложения данной зоны, где размещены хвостохранилища района города Майлуу-Суу, Кан и Советское (см. рис. 2).

**Третья система нарушений** шириной 50 км характеризуется повышенной сейсмичностью, выходами сиенитов, узлами пересечения разломов, в зоне их влияния расположены хвостохранилища Кара-Балта, Казарман, а на восточной ее границе отходы радиоактивные района п.г.т. Минкуш (см. рис. 2).

**Четвертая меридиональная зона** шириной 77 км содержит узлы пересечения разломов, повышена сейсмичность, находятся эпицентры глубокофокусных землетрясений и размещены хвостохранилища радиоактивные Ак-Тюза, Боорду и Кашка (см. рис. 2).

**Пятая зона сквозных дислокаций** шириной 41 км проявлена слабее остальных зон и характеризуется эрозионно-тектоническими уступами, разворотами меридионально герцинских складчатых структур, линеаментами в виде прямолинейных отрезков долин, где западнее зоны разместились хвостохранилища Каджи-Сая, восточнее - зоны цианидсодержащих хвостохранилищ золоторудного месторождения Кумтора (см. рис. 2).

**Шестая зона нарушений** шириной 83 км содержит выходы щелочных интрузивов, узлы пересечения разломов, изобилует линеаментами в восточной части зоны где находятся горно-рудные отходы месторождения Атжайляу (см. рис. 2).

В ИГН карту включена мультидисциплинарная информация, представленная в таблице для 17 участков размещения хвостохранилищ и отвалов горных пород, о воздействии георисков от возможных катастроф.

Из карты ИГН следует, что хвостохранилища находятся в зонах влияния активных разломов, районов ожидаемых землетрясений, оползневых процессов, прорывоопасных горных озер, селепаводковых явлений, а также георисков от естественного гамма-излучения и отходов горного производства на уровне бассейнов стока рек Кыргызстана.

В условных обозначениях на карте рис. 2 выделены: **1а** - район неудовлетворительных (4-5 и более мЗв/год) дозовых нагрузок естественного гамма-излучения; **1б** - район условно удовлетворительных (2-3 мЗв/год) дозовых нагрузок естественного гамма-излучения.

Гидрогеохимические аномалии выделены по принципу светофора: 2 - бедствия (2а - очень большие, 2б - большие); 3 - кризис (3а - выше среднего, 3б - средний); 4-дискомфорт (выше умеренного); 5- размещение хвостохранилищ и горных отвалов; 6- водоразделы бассейнов сток и рек; 7-региональные разломы; 8-меридиональные скрытые сейсмоактивные зоны дислокаций; 9-границы административных областей, 10 а - границы долинной части межгорных впадин; 10 б - населенные пункты.

Анализ карты показал, что под ИГН георискам находятся административные области в следующем в сторону уменьшения порядке: 11 – Чуйская; 12 - Иссык-Кульская; 13 - Жалал-Абадская; 14 – Нарынская; 15 – Баткенская; 16 – Ошская; 17 - Таласская.

Анализ карт на рис. 1 и 2 показывает, что инженерно-геономические геориски по бассейнам стока рек расположены в следующем уменьшающемся порядке : 1-бассейн р. Чу; 2 - р. Нарын; 3 - реки западных склонов Ферганского хребта; 4 - реки северных склонов Алайского хребта; 5 - реки бессточного бассейна озера Иссык-Куль; 6 - р. Талас, 7 - бассейн р. Тарим.

В целях эффективного снижения георисков от отходов горного производства в соответствии с вышеприведенной ИГН картой рекомендуется внедрение ликвидирующих вероятные негативные воздействия катастроф, предлагаемые нами современные возможности использования мало- и/или безотходных технологий вторичной переработки радиоактивных и токсичных отходов горного производства (рис. 3). Извлечение урана и тяжелых металлов до уровня его природных кларков предложено специалистами Карабалтинского горнорудного комбината. Расчеты свидетельствуют, что себестоимость получения редких металлов из отвалов на 60 % ниже по сравнению с извлечением их из промышленных руд.

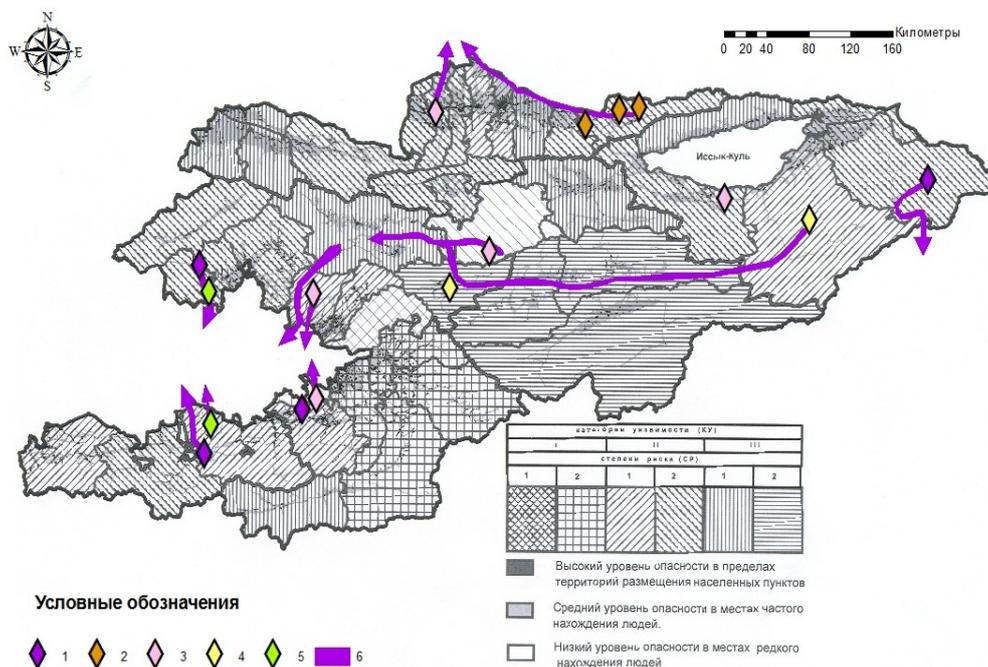


Рис. 3. Инженерно-геономическая карта типизации и прогноза георисков от вероятных катастроф на порайонном уровне, интегрированная с картой размещения требующих вторичной переработки хвостохранилищ и горных отвалов Кыргызстана

В инженерной геономии наряду с типизацией, позволяющей минимизировать опасности, также предложены способы ликвидации георисков. Например, на рис. 4 приведена разработанная принципиальная схема возможного мало- и/или безотходного преобразования радиоактивных и токсичных хвостохранилищ и горных отвалов в искусственные грунты с заданными свойствами на основе методов технической мелиорации грунтов в инженерной геологии.

Объем отходов горно-рудных предприятий по Государственному кадастру, расположенных на территории Кыргызстана оценивается не менее 430 млн. м<sup>3</sup>, т. е. 500 млн. т.

Следует подчеркнуть, что себестоимость получения редких металлов из вторичных техногенных месторождений полезных ископаемых (отвалов) на 60% ниже, по сравнению с извлечением из промышленных руд [2, 4, 6].

Создан «Государственный кадастр отходов горного производства» при участии авторов для перспективных техногенных месторождений с целью вторичного извлечения полезных компонентов, снижения и ликвидации воздействия возможных аварий и катастроф радиационного характера на население и исследуемую территорию.

Специалистами Карабалтинского горнорудного комбината разработан непрерывный способ извлечения урана и тяжелых металлов до уровня его природных кларков.

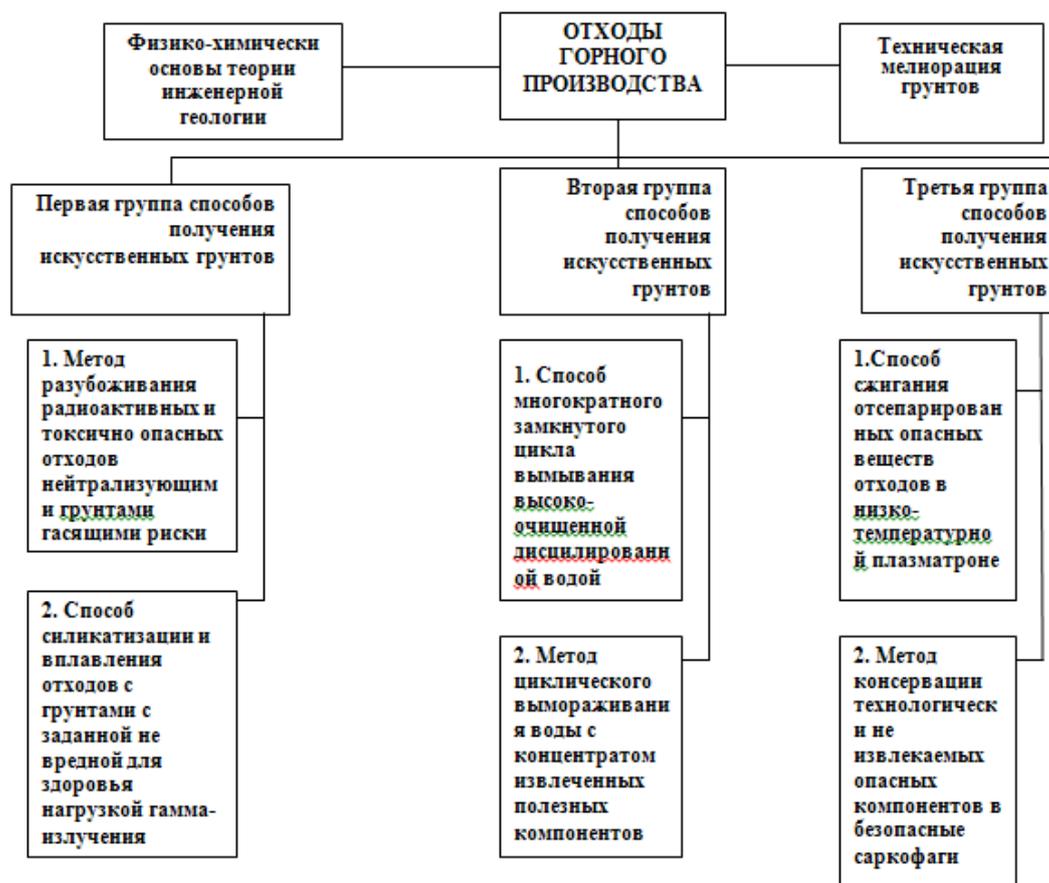


Рис. 4. Принципиальная схема предлагаемого мало- и /или безотходной переработки хвостохранилищ и горных отвалов в искусственные грунты с заданными свойствами на основе методов технической мелиорации грунтов в инженерной геологии

По предварительным расчетам в отходах горно-рудного производства накоплены следующие полезные компоненты: золота – 41,7 т; серебра – 84 т; цинка – 66 тыс. т; сурьмы – 55 тыс. т; свинца – 36 тыс. т.; флюорита – 33 тыс. т; бария – 23 тыс. т; ртути – 12 тыс. т; вольфрама – 11 тыс. т; меди – 6,2 тыс. т; редкоземельные элементы – 1,2 тыс. т; теллура – 350 т; кадмия – 189 т [5].

В отвалах бедных и некондиционных руд и огарков содержатся полезные компоненты: флюорит – 72 тыс. т; сурьма – 4,2 тыс. т; свинец – 2,0 тыс. т.

### Выводы

1. Составлен при участии автора впервые «Государственный кадастр отходов горной промышленности Кыргызской Республики (хвостохранилища и горные отвалы)», содержащий 92 паспорта, используемых в Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызстана, Агентстве по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве КР и при чтении лекций на профилирующих кафедрах Кыргызстана. Паспорта «Государственного кадастра отходов» позволяют рассматривать хвостохранилища и горные отвалы как искусственные месторождения полезных ископаемых.

2. Разработана паспортизация отходов горного производства и в качестве основы нормативного документа «Единый порядок составления государственного кадастра отходов на территории Кыргызской Республики».

3. Разработана и апробирована методика интегрированного преобразования гидрогеологических, инженерно-геологических и сейсмологических карт в инженерно-

геономические карты типизации и прогноза георисков от вероятных катастроф для территории Кыргызстана и трансграничных районов с странами Центральной Азии.

4. Предложена принципиальная схема получения из радиоактивных и токсичных хвостохранилищ и горных отвалов, окупаемых металлов и искусственных грунтов с заданными свойствами с применением современных способов мало- и/или безотходной вторичной переработки техногенного сырья для ликвидации рисков бедствий. Разработка безопасных технологий и безотходное извлечение из искусственных месторождений полезных компонентов и металлов имеет большое социальное и экономическое значение.

### **Список литературы**

1. Государственный кадастр отходов горной промышленности Кыргызской Республики (хвостохранилища и горные отвалы) /Ш.Э. Усупаев, Б.М. Карпачев, С.В. Менг, Атыкенова Э.Э. и др. Бишкек, 2006. 290 с.

2. Единый порядок составления государственного кадастра отходов на территории Кыргызской Республики. Система нормативных документов. /Ш.Э. Усупаев, Б.М. Карпачев, С.В. Менг, Атыкенова Э.Э. и др. Бишкек, 2006. 27 с.

3. Атыкенова Э.Э. Гидрогеоэкологические условия размещения радиоактивных и токсически опасных отходов горно-добывающих предприятий Кыргызстана // Наука и новые технологии. 2010. №6, 2012. С.72-74.

4. Усупаев Ш.Э., Атыкенова Э.Э. Инженерно-геономическое моделирование распределения ядерных и радиационных объектов на планете Земля и ее субчастях в связи с оценкой рисков экологических аварий (аспекты катастрофоведения) // 8-я Международная конференция «Ядерная и радиационная физика», посвященная 20-летию независимости Республики Казахстан. Алматы. 2011. С. 195-196.

5. Усупаев Ш.Э. Атыкенова Э.Э. Гидрогеолого-гидрологические аспекты оценки и прогноза геоэкологического загрязнения и радиационного заражения на территории Кыргызстана и трансграничных районах со странами Центральной Азии. //Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. Серия физико-технических, математических, горно-геологических наук. 2012 . №3. С. 38 - 43.

6. Атыкенова Э.Э. Картирование георисков от гидрогеохимических аномалий и технологии вторичной переработки отходов горной промышленности в Кыргызском Тянь-Шане //Материалы докладов 5-й международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях». 24-25 апреля 2013 г. Научная станция РАН. Бишкек, 2013. С. 175-182.

7. Усупаев Ш.Э., Мамыров Э.О., Маралбаев А.О., Атыкенова Э.Э., Сычев В.Г. Предупреждение интегральных георисков зоны месторождения золота Кумтор //Материалы докладов 9-й Международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», 27-28 марта 2017 года. Бишкек, 2017. С. 182-188.

### **Сведения об авторах**

**Усупаев Шейшеналы Эшманбетович** - д-р. геол.-минерал. наук, профессор, Центрально-Азиатский Институт прикладных Исследований Земли (ЦАИИЗ), Республика Кыргызстан, e-mail: [sh.usupaev@caiaig.kg](mailto:sh.usupaev@caiaig.kg).

**Атыкенова Элита Эрмековна** - канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии, геологии нефти и газа, «Институт горного дела и геотехнологии им. академика У. Асаналиева», Республика Кыргызстан, e-mail: [elita\\_kg@mail.ru](mailto:elita_kg@mail.ru).

УДК 622.2

## МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫРАБОТОК ГОРИЗОНТА -1069,7 М ГРЕМЯЧИНСКОГО ГОКА

Петров Г.А., Хонякин В.Н.

**Аннотация.** В статье представлен опыт внедрения системы TMS на Гремячинском ГОКе, состав и возможности системы, особенности ведения маркшейдерских работ.

**Ключевые слова:** стволы, горизонт, сопряжения выработок, электронный роботизированный тахеометр, программное обеспечение, пикетаж.

Гремячинское месторождение калийных солей расположено в пределах Котельниковского района Волгоградской области.

Разработка Гремячинского месторождения - первый в новейшей истории России прецедент разработки калийных месторождений «с нуля». Разработка осуществляется в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях, аналогов отработки калийных месторождений с такими условиями не существует, поэтому многие технологии разработаны специально для условий Гремячинского месторождения, при этом используются новейшие научные решения и лучший мировой опыт.

Для преодоления 4 водоносных горизонтов вокруг каждого из стволов было пробурено более 40 скважин, в которые установили герметичные замораживающие колонки с хладоносителем тифоксит. Созданное ледопородное ограждение препятствует попаданию подземных вод в шахтные стволы. Ледяной щит дал возможность безопасно проходить буровзрывным способом стволы будущего рудника до проектной глубины (рис.1). Кроме того, при проходке Скипового ствола №2 в породах, опасных по газовыделению, применялся стволопроходческий агрегат АСП-7,0.

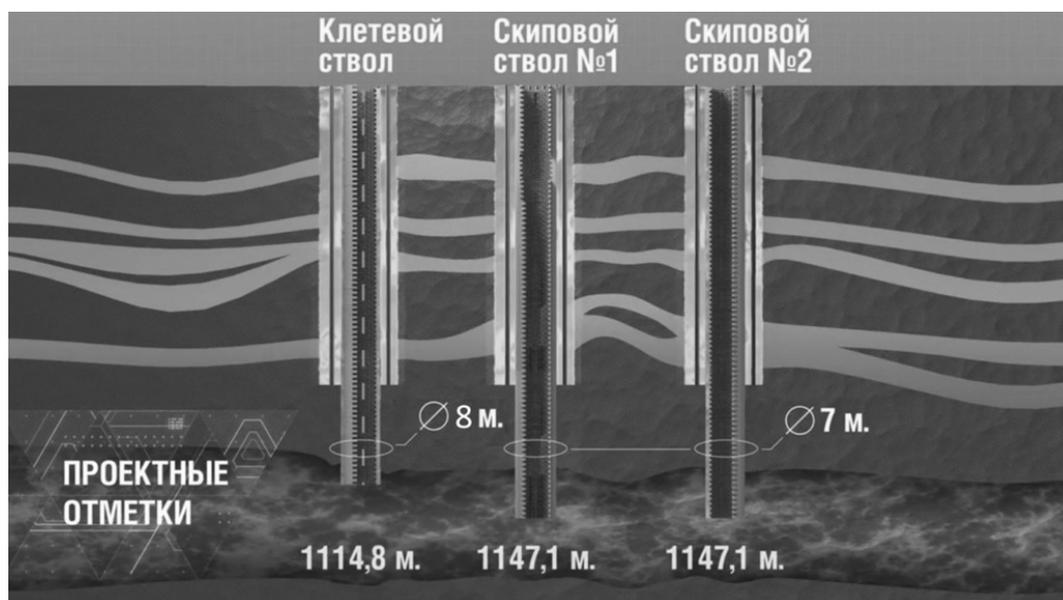


Рис. 1. Строительство ствольных выработок Гремячинского ГОКа

Достижения научно-технического прогресса не обошли и маркшейдерскую службу ФГУП «УС-30» на Гремячинском ГОКе. Для решения широкого спектра маркшейдерских задач было осуществлено внедрение одного из флагманов технического оснащения маркшейдерской службы предприятия – системы TMS.

**Tunnel Measurement System** (с англ. «система измерения тоннеля») – система, разработанная компанией AMBERG Technologies (Швейцария) и предназначенная для маркшейдерского обеспечения подземного строительства.

При внедрении системы TMS при строительстве горизонта -1069,7 м I очереди Гремячинского ГОКа перед маркшейдерской службой стояла непростая задача адаптировать систему, которую до этого использовали на предприятии только при строительстве тоннелей (например, Юкспорский тоннель, заказчик - «ФосАгро-Апатит», город Кировск), под строительство подземного рудника.

TMS использует модульную концепцию построения программного обеспечения, что дает возможность пользователю приобретать только необходимые для его задач модули и оборудование с возможностью в дальнейшем приобрести дополнительные модули.

В ОСГМ ФГУП «УС-30» на Гремячинском ГОКе система TMS состоит из следующих компонентов:

- электронный роботизированный тахеометр TCRA 1202+ (рис. 2);
- программное обеспечение TMS для тахеометра: полные пакеты TMS ProScan plus, TMS SetOut plus, установленные на тахеометре (см. рис. 2);
- программное обеспечение TMS OFFICE для компьютера (рис. 3) - общая платформа для всех приложений TMS, которая предназначена для создания и редактирования проектов, для обработки результатов измерений и их экспорта в формат DXF, что позволяет создавать цифровую модель шахты в ПО Surpac.



Рис. 2. Электронный роботизированный тахеометр Leica TCRA1202+ с установленным на нём программным обеспечением TMS ProScan plus и TMS SetOut plus

При внедрении системы TMS при строительстве горизонта -1069,7 м Гремячинского ГОКа возникали самые различные сложности, нюансы системы выявлялись практическим путём по ходу работы.

Всё программное обеспечение TMS на английском языке. Однако наличие маркшейдера с опытом работы с TMS позволяет без проблем овладеть системой даже с минимальным знанием языка.

Интерфейс программы TMS Office (см. рис. 3) разделён на 2 части. В левой части выбирается двойным щелчком мыши необходимый пункт, в правой открывается то, что находится в данном пункте.

В левой части программы основными пунктами являются: Project, Measurements, SetOut.

**1. Project (Проект).** В данный пункт заносятся данные по выработке или выработкам, которые по проекту переходят из одной в другую.

Создание проекта выработки в TMS Office начинается с задания осей (Axis), в которых фигурирует параметр Stationing (Пикет). Немаловажным нюансом TMS является то, что система не работает с наклонным пикетажом, т.е. пикетаж TMS горизонтален. Поэтому для наклонных выработок на Гремячинском ГОКе на плане горизонта в КОМПАС'е или AutoCAD'е создаётся пикетаж выработок в отдельном слое, в котором не учитывается уклон.

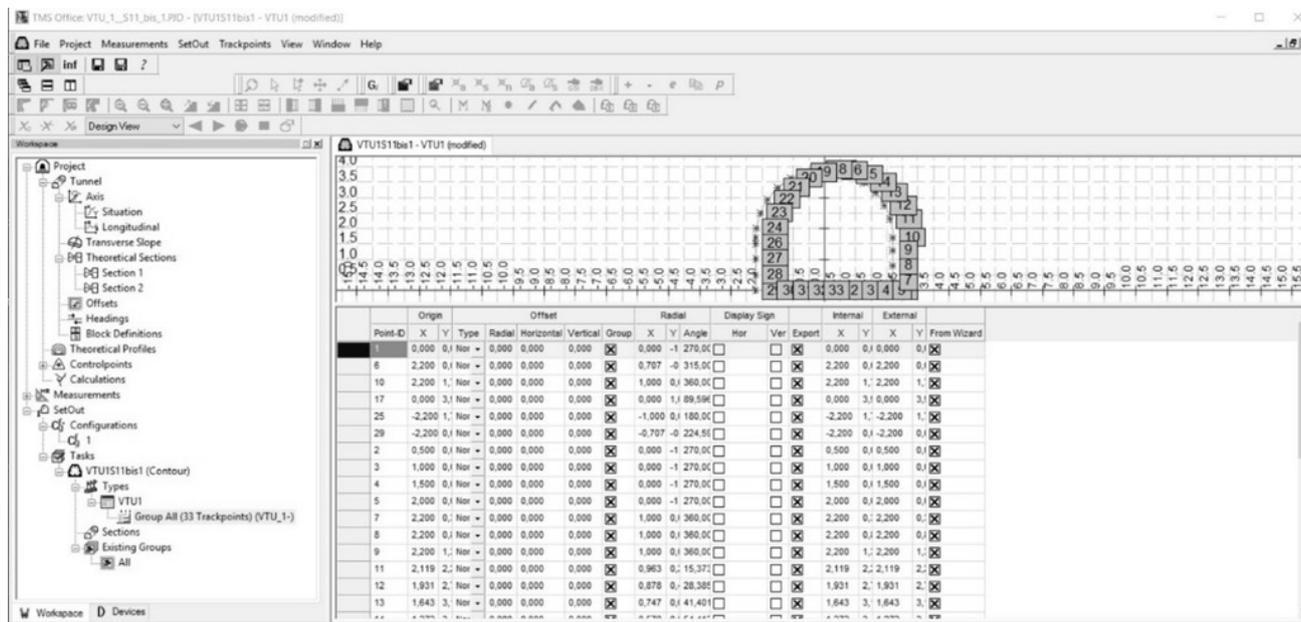


Рис. 3. Программное обеспечение TMS OFFICE для компьютера

*Situation* (Ситуация) – в данный пункт заносятся номер пикета, его координаты X, Y с плана, а также выбирается геометрия отрезка между пикетами – Line (линия) или Circle (окружность) с необходимым радиусом.

*Longitudinal* (Продольное сечение) - сюда заносятся номера пикетов и их высотные отметки.

В *Theoretical Profiles* (Проектные Сечения) – все сечения выработок, которые будут в проекте.

Горизонт -1069,7 м представляет собой густую сеть выработок различного назначения, которые пересекаются друг с другом, образуя большое количество сопряжений. Согласно проектной документации, все радиусы выработок на предприятии имеют радиус закругления R=16,0 м, кроме оговоренных. В итоге мы имеем сопряжения сложной геометрической формы, с различными уклонами, высотой и шириной. Создание проекта на проходку таких сопряжений в системе TMS был бы невозможен, если бы не использование сторонней программы Surpac, которая позволила раскрыть весь потенциал TMS. На основе проектной документации строится 3D-модель сопряжения, и с помощью команды «Каркасные модели - Функции работы с КМ - Создать разрезы - Дигитировать» по характерным точкам сопряжения получаются сечения на определенном пикете (рис. 4, 5).



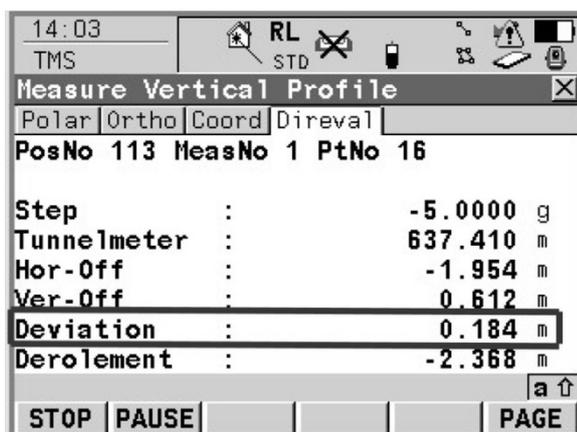


Рис. 6. Определение отклонения выработки от проекта при нахождении непосредственно в забое

Перемещая лазер тахеометра по забою, и ловя параметр Deviation в значение 0.000 m, мы можем производить разметку недобуров (рис.7).

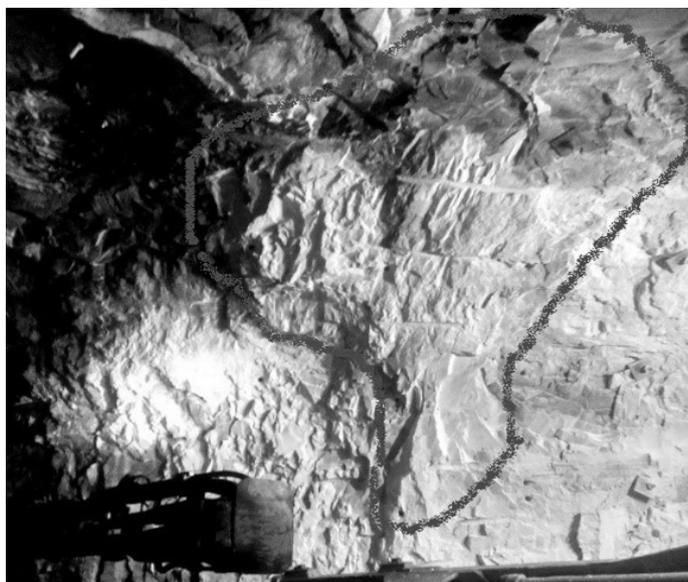
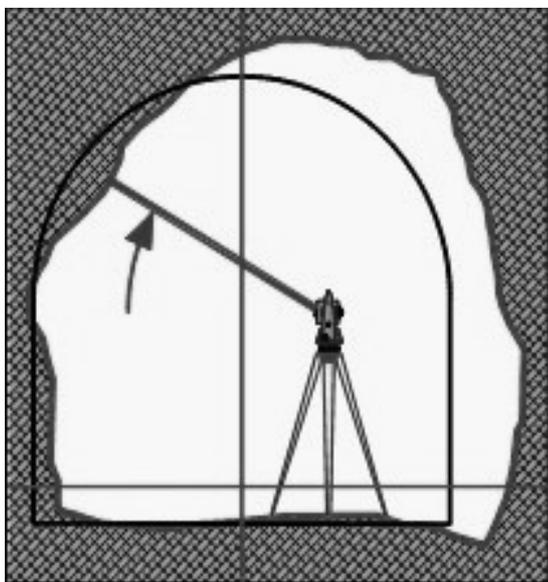


Рис. 7. Пример разметки недобуров по параметру Deviation в Сопряжении С-11

Также по параметрам Hor-Off, Ver-Off (горизонтальное и вертикальное отклонения от оси выработки) (см. рис. 6) можно разметать оси выработок, давать уровень от почвы, задавать направленные отвесы и высотные репера для комбайнов, выносить уровень чистого пола, размеров арматурного каркаса, постоянной крепи.

TMS ProScan Plus также позволяет в автоматическом режиме снимать вертикальные сечения с необходимым интервалом по пикетам (Measure Mode-Vertical Profile). По окончании съёмки можно выбрать отснятый пикет и увидеть максимальный перебор и недобор на этом пикете по получившемуся графику (рис. 8).

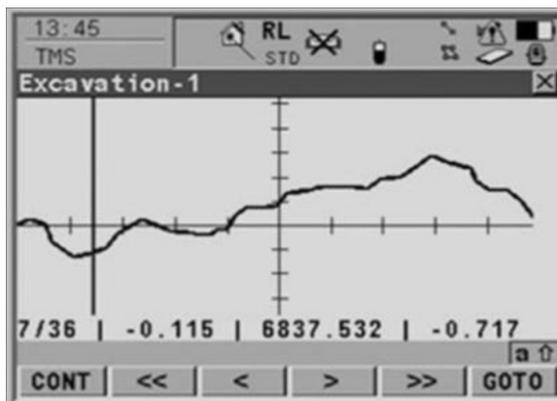


Рис. 8. График отклонений

**2. Measurements (Измерения).** Здесь находится только пункт ProFit Measurement Browser (браузер результатов измерений). Браузер позволяет импортировать результаты измерения сечений выработок, выполненных с помощью программы TMS ProScan Plus тахеометра, а также редактировать их, выводить на печать или же экспортировать в различные форматы, например в формат AutoCADa DXF, что позволяет создавать цифровую модель шахты в программе Surpac (рис. 9). На основе построенной проектной модели выработки (красной) и полученной с помощью TMS фактической модели (синей) можно создавать отчетную документацию по проходке, креплению, вести подсчет объёмов и многое другое.

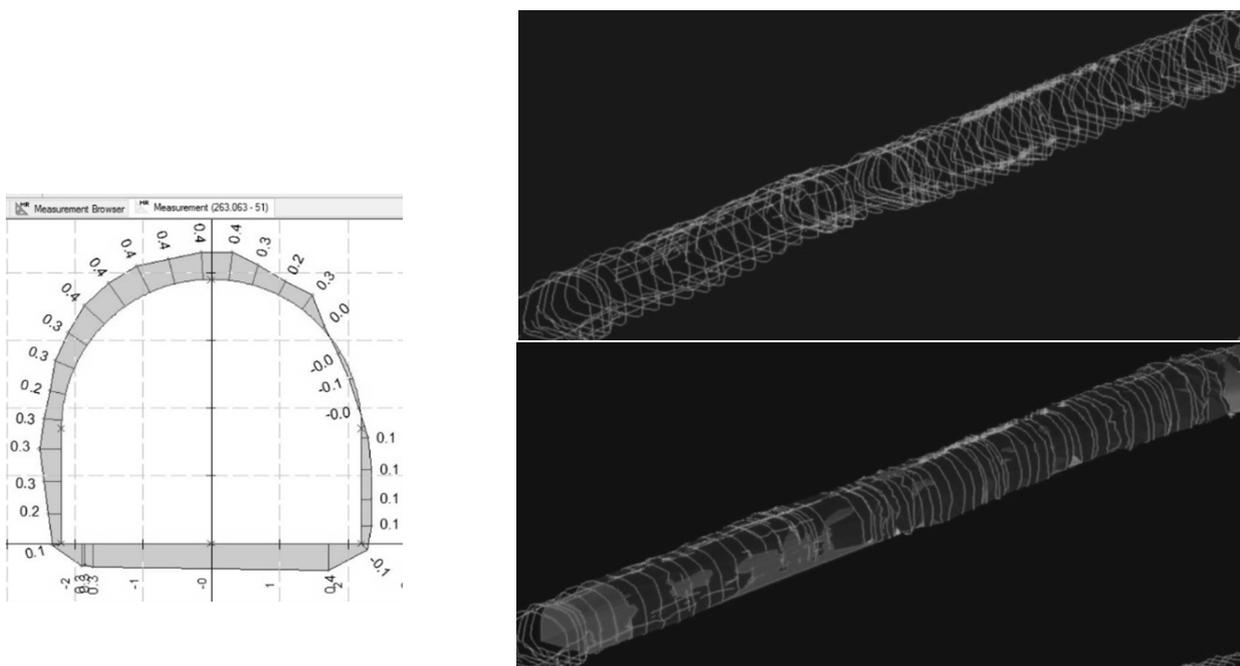


Рис. 9. ProFit Measurement Browser, полученная совокупная съёмка сечений через 1 метр в программе Surpac, сравнение проектной модели выработки (красная) и фактической (синяя)

**3. SetOut (Вынос)** - создание проекта для различного рода разбивок в TMS SetOut Plus, на Гремячинском ГОКе, в основном, используется для выноса контура выработок. Позволяет в автоматическом режиме выносить точки контура выработок, ускоряя данный процесс в разы.

Использование системы TMS позволяет автоматизировать работу маркшейдерской службы, значительно повысить производительность и точность работ, исключив при этом ошибки, связанные с человеческим фактором. В системе TMS реализованы следующие передовые технологические решения: одна многоцелевая базовая станция; простая обработка и использование; ориентированные на практическое применение, полностью автоматизированные 2- и 3-мерные измерения; мощная автоматическая разметка сложных форм (сопряжения); встроенная обработка на месте в графической/цифровой форме; мощная автоматизированная последующая обработка; специализированные графические и цифровые функции вывода.

### Список литературы

1. Бурцев А.В. Инновационные технологии для автоматизации маркшейдерских работ при строительстве подземных сооружений // Геопрофи. 2011. №5. С. 26-29.

2. Романько Е.А., Петров Г.А., Агуров А.В. Внедрение система TMS при строительстве горизонта -1069,7 м Гремячинского ГОКа //Маркшейдерское и геологическое обеспечение горных работ: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практич. конф. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорский дом печати, 2018, С. 97-105.

3. <http://w3.leica-geosystems.com/>

4. <http://www.ambergtechnologies.ch>

### Сведения об авторах

**Петров Георгий Абрамович**, горный инженер, ООО «Магнитогорская маркшейдерско-геодезическая компания», г. Магнитогорск, Россия.

**Хонякин Виктор Николаевич**, старший преподаватель кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

УДК 622.1:528.024.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО НИВЕЛИРА SOKKIA SDL1X

Литвиненко Н.В., Хаджеев Т.В., Хонякин В.Н.

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования влияния величины неравенства плеч на станции на результаты СКО определения превышения для точного электронного нивелира Sokkia SDL1X.

**Ключевые слова:** геометрического нивелирования, электронный нивелир Sokkia SDL1X, неравенство плеч на станции, количество штативов, СКО определения превышения.

Согласно [1] при наблюдениях за осадками оснований и фундаментов зданий, сооружений и оборудования применяется несколько методов измерений: геометрическое, тригонометрическое и гидростатическое нивелирование, фотограмметрический метод и др. Наиболее распространенным и основным является метод геометрического нивелирования. В зависимости от допустимой погрешности измерений вертикальных перемещений выделяют 4 класса точности измерений, для каждого из которых определены допуски и технические характеристики геометрического нивелирования. Допуски и технические характеристики представлены в табл. 1. Указанные технические характеристики и допуски были представлены в документе 1981 г. [2] и предназначались для оптических нивелиров, с выходом новой редакции данного документа 2012 г. [1] они практически не изменились.

В большинстве случаев на промышленных предприятиях при наблюдениях за осадками оснований и фундаментов зданий, сооружений и оборудования выполняются измерения I и II класса точности (см. табл. 1), и часто бывает, что из-за различных внешних условий нет возможности обеспечить регламентируемое требование к неравенству плеч на станции, которое для данных классов точности измерений является довольно высоким.

Таблица 1

Основные технические характеристики и допуски для геометрического нивелирования

| Условия геометрического нивелирования   | Основные технические характеристики и допуски для геометрического нивелирования классов |                   |                   |                 |
|---|---|-------------------|-------------------|-----------------|
|   | I   | II                | III               | IV              |
| Число станций замкнутого хода, не более   | 2   | 3                 | 5                 | 8               |
| Визирный луч:<br>– длина, м, не более<br>– высота над препятствием, м, не менее | 25<br>1,0   | 40<br>0,8         | 50<br>0,5         | 100<br>0,3      |
| Неравенство плеч (расстояний от нивелира до реек), м, на станции, не более      | 0,2   | 0,4               | 1,0               | 3,0             |
| Накопление неравенства плеч, м, в замкнутом ходе, не более                      | 1,0   | 2,0               | 5,0               | 10,0            |
| Допускаемая невязка, мм, в замкнутом ходе ( $n$ – число станций)                | $\pm 0,3\sqrt{n}$   | $\pm 0,5\sqrt{n}$ | $\pm 1,5\sqrt{n}$ | $\pm 5\sqrt{n}$ |

Имея современный электронный нивелир, можно провести исследование и выявить особенности его функционирования при различных условиях, и, возможно, внести коррективы в требования нормативной документации для достижения необходимой точности измерений.

Данная работа была выполнена с целью определения влияния неравенства плеч на точность определения превышений на станции для электронного нивелира Sokkia SDL1X.

Исследование проводилось в помещении с искусственным освещением при температуре воздуха +24°C. Технические характеристики электронного нивелира Sokkia SDL1X представлены в руководстве по эксплуатации [3].

Перед производством измерений были произведены все основные поверки инструмента в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации [3]: поверка круглого уровня, датчика наклона, поверка и юстировка сетки нитей посредством корректировки положения ПЗС матрицы.

Методика исследования электронного нивелира заключалась в следующем: изначально нивелир был установлен между неподвижно закреплёнными на точках рейками (с соблюдением равенства плеч), расстояние между которыми составляет 50 м, и были выполнены 5 серий по 10 измерений превышений между точками в каждой серии. Перед каждым следующим измерением превышения изменялся горизонт инструмента. По результатам 5 серий была определена средняя квадратическая ошибка (СКО) измерения превышения на станции при равенстве плеч и определено эталонное значение превышения между точками как среднеарифметическое из 50 измерений. СКО превышения на станции при равенстве плеч составила 0,08 мм.

Далее были выполнены измерения превышений между данными точками при разных величинах неравенства плеч: 0,2, 0,4, 1,0, 6,0 и 16,0 м. Для каждого значения неравенства плеч на станции были выполнены 2 серии по 10 измерений в каждой. По результатам измерений были рассчитаны СКО определения превышения на станции согласно [4] по формуле

$$m_{cm} = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_i^2 + \dots + m_g^2}{g}}, \quad (1)$$

где  $g$  – количество измерений;

$m_i$  – средняя квадратическая ошибка определения превышения на станции для  $i$ -й серии наблюдений.

Значение погрешности  $m_i$  определили по формуле

$$m_i = \sqrt{\frac{\sum \Delta h^2}{10}}, \quad (2)$$

где  $\Delta h$  – отклонение измеренного превышения от его эталонного значения.

Значения СКО превышений на станции при различных значениях неравенства плеч приведены в табл. 2. Таблица 2

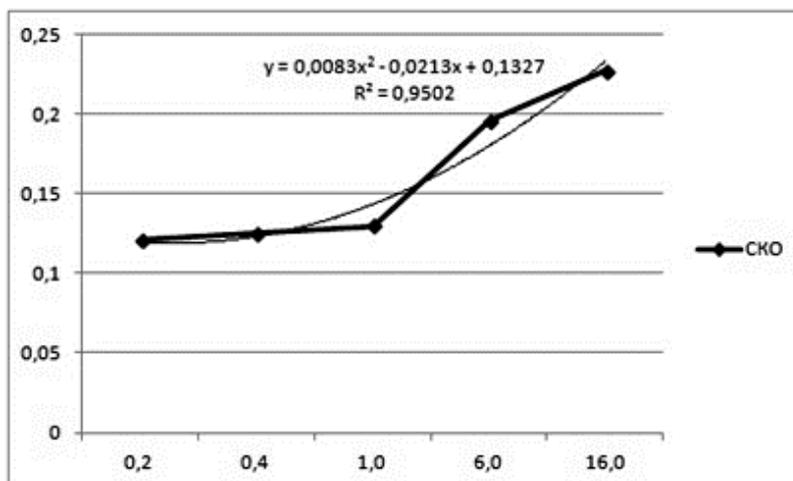
Значений СКО для разных значений неравенства плеч

| Неравенство плеч (расстояний от нивелира до реек) на станции, м | СКО измерения превышения на станции, мм |
|---|---|
| 1   | 2                                       |
| 0,2   | 0,121                                   |
| 0,4   | 0,125                                   |
| 1,0   | 0,130                                   |
| 6,0   | 0,196                                   |
| 16,0  | 0,227                                   |

По полученным данным построен график зависимости СКО определения превышения на станции от величины неравенства. График зависимости представлен на рис. 1. Полученная зависимость для исследуемого нивелира представлена в виде уравнения

$$m_{cm} = 0,0083\Delta L^2 - 0,0213\Delta L + 0,1327, \quad (3)$$

где  $\Delta L$  – неравенство плеч, м.



Зависимость СКО определения превышения на станции от величины неравенства плеч на станции

Полученные результаты исследования можно применить следующим образом, например:

1. При наблюдении за осадками оснований и фундаментов зданий, сооружений и оборудования согласно методики [5]: «Для определения осадки наиболее удаленных от исходных реперов фундаментов с точностью 1 мм (при  $m_{cm} = 0,13$  мм) предельное количество штативов основного хода между исходными реперами не должно превышать 14». В настоящем исследовании  $m_{cm}$  при равных плечах составила 0,08 мм, исходя из этого можно рассчитать допустимое количество штативов в ходе при использовании нивелира SOKKIA SDL1X, которое составит 24 штатива.

Таким образом, при точном соблюдении равенства плеч можно увеличить количество штативов в одном замкнутом ходе с 14 до 24, что упростит процесс производства наблюдений и камеральной обработки его результатов.

2. При наблюдении за осадками оснований и фундаментов зданий, сооружений и оборудования, согласно методики [5]: «Для определения осадки наиболее удаленных от исходных реперов фундаментов с точностью 1 мм (при  $m_{cm} = 0,13$  мм) предельное количество штативов основного хода между исходными реперами не должно превышать 14». Если оставить предельное количество штативов неизменным при  $m_{cm} = 0,13$  мм, то максимально допустимое значение неравенства плеч на станции при использовании нивелира Sokkia SDL1X согласно табл. 2 будет составлять 1,0 м, что свидетельствует об ослаблении требований к допускам (см. табл. 1) при геометрическом нивелировании.

Несмотря на полученные результаты, при наблюдении за осадками оснований и фундаментов зданий, сооружений и оборудования необходимо руководствоваться требованиями действующей нормативной и методической документации. Результаты данной работы еще раз подчеркивают необходимость в разработке современных методик выполнения работ для современных электронных геодезических приборов и оборудования, а также закреплении данных методик в нормативной документации.

**Список литературы**

1. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений. М.: Стандартинформ, 2014.
2. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений. М.: Издательство стандартов, 1981.
3. Электронный нивелир SOKKIA SDL1X. Руководство по эксплуатации. SOKKIA TOPCON CO., LTD., 3-е изд. 03-0911.
4. МИ БГЕИ 07-90. Нивелиры. Методика поверки: методика института. М.: ЦНИИГАиК, 1990. 52 с.
5. Хаджеев Т.В., Литвиненко Н.В. Исследование влияния неравенства расстояний от нивелира до реек при наблюдениях за осадками оснований и фундаментов зданий, сооружений и оборудования с помощью электронного нивелира // Маркшейдерское и геологическое обеспечение горных работ: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практич. конф. – Магнитогорск: Издат-во Магнитогорский дом печати, 2018, С. 139-144.
5. СО 153-34.21.322-2003. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций.

**Сведения об авторах**

**Литвиненко Николай Валерьевич** – маркшейдер, ООО «Магнитогорская маркшейдерско-геодезическая компания», ассистент кафедры геологии маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

**Хаджеев Тимур Вилевич** - студент группы ГД-13-1 ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

**Хонякин Виктор Николаевич** - старший преподаватель кафедры геологии маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

УДК 55.669.21/23

## **БЛАГОРОДНО-МЕТАЛЬНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ ФАНЕРОЗОЯ (PZ, MZ-KZ) ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ**

Шамшиев О.Ш., Ждан А.В., Маралбаев А.О., Ян Шуай, Толобаева Н.Т.,

**Аннотация.** На основе комплексного анализа опубликованных, фондовых, а также собственных материалов, собранных в период полевых, экспедиционных работ (1960-2015 гг.), выделены рудно-формационные типы благородных металлов.

Впервые установлена золотоносность юрских вулканогенно-осадочных комплексов и роль вулканизма при их образовании. Рекомендованы геологические и лабораторно-аналитические методы определения наноформ золота в горных породах палеозоя, мезозоя, кайнозоя.

Определены региональные и локальные закономерности размещения благородных металлов в южном Тянь-Шане.

**Ключевые слова:** геология, руда, формация, минералогия, металл, элемент, нанотехнология, вулканит, золото, серебро.

Как известно, к группе благородных металлов относятся золото, серебро и платиноиды. Наличие запасов данных металлов любого государства определяют его экономический статус в мире. Данные металлы применяются во всех отраслях (ракетостроении, машиностроении, ювелирном производстве и др.) народного хозяйства, а также являются валютным эквивалентом государственных банкнотов многих стран мира, в том числе Кыргызстана.

В связи с вышеуказанным, геологическое исследование, с целью выявления закономерностей распространения золота, серебра и платиноидов, актуально.

Имеющийся огромный фактический материал у авторов и анализ опубликованных материалов по прилегающим регионам (Узбекистан, Таджикистан, Казахстан, КНР и др.) позволяют предполагать обнаружение месторождений благородно-металльных руд на территории Южного Тянь-Шаня нашей Республики.

Долголетняя деятельность авторов в области исследования металлогении благородных металлов (в Южно-Киргизской геологической экспедиции, а также Проблемной лаборатории стратиформных месторождений цветных, редких, благородных металлов ФПИ) позволила выделить потенциально металлоносные, осадочные, магматические и метаморфические геоформации (породы, образованные в различных геодинамических условиях). Здесь же различными учеными, в том числе и авторами, был выделены ряд благородно-металльных рудных формаций и минеральных типов среди вышеуказанных комплексов горных пород в пространстве и во времени (геологические формации).

К ним относятся золотосиликатно-скарновая (Каракозыкский тип), золотокварцево-сульфидная (Каракалинский тип), золото-колчеданная (Канско-Майлисуйский тип), золотосурьмяно-полиметаллическая (Иркеш - Совоярдинский тип), золотосеребро-полиметаллическая (Актюбе - Карагойский тип), золотортутная (СымапАдыркоуский, Чонкойский тип) формации в литологических типах различного возраста и условий формирования.

Интересным с позиции благородно-метальности является серебряные и серебросодержащие месторождения, которые подразделяются на следующие типы: серебropolиметаллические объекты в карбонатных формациях палеозоя (Канникут,

Каннская группа), высокосеребристые с комплексными рудами секущего и согласного типов в металлоносных вулканогенно-территориально-карбонатных комплексах среднего палеозоя (Актюбе, Шамбесай, Обдиля и др.).

К ним же относятся выявленные (2001-2002 гг.) золотоносные территории в терригенно-сланцевых комплексах Кадамжайского, Чаувайского, Аксайского сурьмянортутовых рудных полей. Сюда же относятся сереброносность медистых песчаников в пестро, красноцветных толщах перми Тулекенской битуминозных аргелито-сланцев и медистых песчаников в мульдах Алайку, Кундук, Ойтал (Восточный Алай).

По данным отдельных проб из сульфидоносных битуминозных алевросланцев урочища Кундук, Ойтал они содержат первые граммы платиноидов (палладия, родия, рутения).

По геологической позиции они являются аналогами Мансфельдских сланцев (Германия-Польша), где вмещены промышленные залежи золота, серебра и платиноиды.

Сереброносные и углеродистые (черные коловратитовые сланцы) раннего палеозоя урочища Белорук, Каратур, Мадыген, Охна, и т.д. содержат до 70 г/т серебра. До настоящего времени агрегатное состояние серебра изредка слабо, но больше похоже на металлоорганическую форму нахождения.

Золотосеребряное оруднение юрских отложений в пределах угольных месторождений выявлено впервые А.В.Жданом (2005, 2016 гг.) выполнено и установлено вулканогенно-осадочная природа их образования и рудовмещающих пород. Им же установлено вулканогенно-осадочный генезис золоторудного месторождения Шамбесай.

Данная новизна генезиса золотосеребряносных оруденения и вмещающих пород расширяет перспективы благородно-метальности исследуемого региона. С другой стороны позволяет обнаружить данный тип оруденения в пределах угольного месторождения Кыргызского Тянь-Шаня. Установленная вулканогенно-осадочная природа рудовмещающих пород мезо-кайнозая (ранее считавшиеся типичными осадочными породами) позволяет иной подход в рудоносности биологических формаций. А также, с интенсивным развитием нанотехнологических методов по обнаружению благородных металлов в горных породах большой интерес могут вызвать объекты с широким развитием невидимого металла (металлоорганического агрегатного состояния) агрегатного состояния.

К ним относятся золотосеребряно-углеродосодержащие, углеродистые отложения нижнего палеозоя ( $C_1-O_{12}, S_{1-2}, C_2$ ), высокосереброносные угольные, углевлмещающие отложения юрского возраста.

По установленным данным Воробьева А.Г. (2011 г.), Матвиенко А.А. и др. (2004 г.), в настоящее время на долю крупного видимого золота золоторудных месторождениях приходится около 30 %, а остальное представляет «невидимое» (клазерное золото). Наноразмерное золото благодаря своим нестандартным размерам может концентрироваться как на традиционных минералах, так и необычных (как монацит, рутил и галенит).

Здесь же в тонкодисперсной массе золота могут образоваться многочисленные новообразования данного металла размером от 3 мкм до 100 - 150 нм. (Майоров). По данным Осаветского Б.М., Баранников А.Г., наноразмерное золото имеет округлую, слоистую, трубчатую форму. Они, исследуя ряд золоторудных месторождений, установили, что наиболее распространенными являются округлые формы представленные наноразмерными агрегатами (50-100), а более мелкие имеют размеры (10-20 нм.).

Есть прямая корреляция с размерами наноагрегатов и наночастиц золота, где размеры агрегатов наночастиц доходят до 300 нм. Размеры наночастиц золота 50-70 нм. Необходимо отметить, что покрытие наночастиц золота с наноразмерной «шубой» в исследуемом регионе указывалось в работах Бадалова С.Г. (1982 г.). Впервые нанозолото размером 5 мкм было

обнаружено в Карлине (США), аналогом которого в Кыргызстане является вышеуказанный Улутоо-Чонкойский тип (золото-ртутная формация). Здесь с помощью новой инструментальной базы они установили (Шумилова Л.В., Сазонов А.М., Звягина Е.А.) широкое развитие невидимого золота в сульфидах, углеродистом веществе, окислах и силикатах (арсенопирит, пирротин, пирит, хромит, кварц, магнетит и др.).

Образование золота они связывают с разрушением и высвобождением золота из первичных пород, а затем образованием нового в результате миграции, переотложения, агрегирования (гипергенез, седиментагинез и др.).

Петровская Н.В. при исследовании тонкодисперсного золота (0,5-10 мкм) пришла к выводу, что оно распространено более широко, чем видимое золото. Золото данного вида встречается почти во всех рудных месторождениях, даже там, где видимого золота и нет. Она же с помощью электродонного микроанализатора на примере убогосульфидных, золотокварцевых и других руд установила, что так называемые «редкие», второстепенные малораспространенные телуриды, селениды, сульфо-соли и др. имеют широкое распространение в литосфере в виде различных многочисленных нановключений, образуя закономерные наноассоциации с определенными соединениями золота. Нанослой благодаря своей поверхностной неавтономной фазе имеет повышенную поглотительную способность различных микроэлементов, чем объясняется активная роль кристаллов (пирита, арсенопирита и др.).

В углеродистом веществе золотины развиты в самородном виде с овальной и изометричной (вытянутые по одной оси) форме наноагрегатов. Здесь золото часто ассоциируется с платиноидами и находится в виде тончайших зерен наноразмерных микроглобуль (Марченко), последнее может служить теоретическим предложением ответом золото – серебро - платиноносности углеродосодержащих комплексов исследуемого региона на предмет благородно - метальности.

Установленные благородно-металлоносные отложения в пределах ртутно-сурьмяных месторождений (Кадамжай, Аксай, Чаувай, Абшир Чонкой и др.) расширяют перспективы данных объектов и постановку геолого-посковых работ на новых территориях Кыргызской Республики.

Для достижения данной цели необходимо выполнение следующих задач:

Выявление региональных и локальных факторов размещения благородно-метального оруденения на рудно-формационной основе.

Проведение рудно-литологического опробования с составлением детальных разрезов в первую очередь на территории известных действующих, а также законсервированных рудных и угольных месторождений (Улутоо, Турабулак, Кызылкия, Сулюкта, Абшир, Арал и др.).

При проведении аналитических лабораторных исследований (наряду с известными методами) применять нанотехнологические методы, которыми можно определить металлоорганические и другие формы содержания благородных металлов. Типизировать наноформ благородных металлов (золото, серебро) в рудоносных формациях (отложениях) палеозоя, мезо-кайнозоя.

На основе совокупности разработанных благоприятных поисково-прогнозных критериев выделить перспективные территории на обнаружения золотосеребряных, золото комплексных, сереброкомплексных объектов.

Составить поисково-прогнозную карту на основе разработанных факторов размещения благородных металлов 1:50000 масштаба с выделением новых нетрадиционных типов.

Из вышесказанного следует, что выявление типов наноформ золота в пределах потенциально рудоносных комплексов палеозоя, мезо-кайнозоя вполне реально. Необходимо проведение нанотехнологических исследований (со спец. оборудованием) при опробовании в пределах вышеуказанных формаций, комплексов, а также в пределах горнорудных предприятий, что может расширить перспективы исследуемого региона с позиции благородно - метальности.

Обнаруженные впервые новые золотоносные объекты с вулканогенным генезисом в пределах угольных месторождений расширяют территории проведения геолого-поисковых работ в пределах Тянь-Шаня.

#### **Список литературы:**

1. Асаналиев У. Типы концентрации свинца, цинка и меди в осадочных вулканогенно-осадочных формациях //Стратиформные месторождения цветных, редких металлов. Фрунзе, 1979. С 6-43.
2. Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Маралбаев А.О. Типизация наноформ золота в геогенном и техногенном минеральном сырье. Инженер. 2015. С. 69-83.
3. Ждан А.В. Альпийский вулканизм Туркестано - Алая. Бишкек, 2016. 339 с.
4. Ждан А.В. Седиментационные структуры и рудные системы. Бишкек: Изд-во ПЛ№ 3, 2006. 357 с.
5. Ждан А.В. Золотоносность юрских вулканогенных отложений участка Арал. Инженер. 2015. С. 127-137.
6. Наноразмерное золото в зоне гипергенеза /Майорова Т.П. Устюгова К.С. и др.// Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН (Сыктывкар). 2012. №10. С.35-38.
7. Марченко Л.Г. Генезис и минеральные ассоциации золота и платиноидов в месторождениях «черносланцевого» типа Казахстана.: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Санкт-Петербург, 2011. 50 с.
8. Марченко Л.Г. Микро- и наноминералогия золота и платиноидов в черных сланцах. Алматы: Интерпресс-Казахстан, 2010. 146 с.
9. Осовецкий Б.М. О методике изучения нанозолота // Современные проблемы науки и образования 2012. №6. С. 628.
10. Осоветский Б.М., Баранников А.Г. «Новое» нанозолото Чернореченской россыпи //Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2012. №15. С. 36-42.
11. Ассоциации микро- и наноразмерных обособлений благородно-метального комплекса в рудах /Сазонов А.М., Звягина Е.А. и др. //Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2008. Т.1№1. С.17-32
12. Продуктивные металлоносные и потенциально рудоносные формации стратиформных толщ Туркистан-Алая /Турдукеев И., Шамшиев О. и др. //Вопросы Рудообразования Тянь-Шаня Фрунзе. 1980. С. 89-113.
13. Шумилова Л.В. Причины технологической упорности золотосодержащих руд с нановключениями металла при цианировании. //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. №4. С.220-223.
14. Шамшиев О., Маралбаев А. Благородные металлы в черных сланцах //Наука и техника 2000. №3-4. С. 99-103.
- 15 Шамшиев О., Маралбаев А. Поисково-прогнозные критерии и перспективы благородно-метальной рудоносности герцинит туркестано-алая (Южный Тянь-Шань) //Наука и техника Ферганского политехнического института. 2001. №1. С. 78-82.

**Сведения об авторах**

**Шамшиев О.Ш.** - геол.-минерал. наук, профессор, Филиал КГТУ им. И.Раззакова в г.Кызылкия, e-mail: [shamshiev@mail.ru](mailto:shamshiev@mail.ru).

**Ждан А.В.** - канд. геол.-минерал. наук доцент, Ошский технологический университет им. М.М.Адышева, e-mail: [zhd40mail.ru](mailto:zhd40mail.ru).

**Маралбаев А.О.** - канд. геол.-минерал. наук, доцент, Институт горного дела и геотехнологии им. академика У.Асаналиева, e-mail: [akul62@mail.ru](mailto:akul62@mail.ru).

**Ян Шуай,** ОсОО «Zhong Ji Mining company» [zjdzys@mail.ru](mailto:zjdzys@mail.ru).

**Толобаева Н.Т.** - институт горного дела и геотехнологии им. академика У.Асаналиева, e-mail: [tolobaeva\\_83@mail.ru](mailto:tolobaeva_83@mail.ru).

УДК 622.274

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ КОРРОЗИИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СЕТКИ ОТРЕМОНТИРОВАННОЙ КРЕПИ СТВОЛА «СКИПОВОЙ» СФ АО «УЧАЛИНСКИЙ ГОК»

Аглямов А.Р., Калмыков В.Н., Волков П.В., Леонтьева Е.В., Гнедых А.П., Магафуров М.И.

**Аннотация.** В работе производится определение интенсивности коррозии поверхности металлической сетки отремонтированной крепи ствола «Скиповой». Выполнен расчет прогнозного уменьшения диаметра проволоки металлической сетки за 5 - 10 лет.

**Ключевые слова:** бетонная крепь, металлическая сетка, коррозия, шахтный ствол.

Визуальное обследование крепи шахтного ствола до проведения ремонтных работ показало, что на протяжении 200 м отмечаются протечки, движения струй воды, имеются раковины значительных размеров – 2-10 м<sup>2</sup>, глубиной 100-250 мм. В местах холодных швов бетонной крепи наблюдаются значительные отслоения бетона.

Состояние бетона неудовлетворительное и характеризуется наличием затяжных химических процессов (переход заполнителя из твердого в гипсовое, пастообразное состояние).

Приведение в безопасное состояние аварийного участка бетонной крепи вертикального ствола шахты «Скиповая» в отметках 200 ÷ 408 м предусмотрено с помощью установки по периметру ствола листов металлической сетки размером 2900x1600 мм, с диаметром проволоки 5 мм, размером ячейки 40x40 мм. Навеску сетки запланировано производить на ранее установленные по периметру ствола сталеполимерные анкеры.

Основной целью работы являлось исследование интенсивности коррозии поверхности металлической сетки крепи ствола «Скиповой».

В качестве объектов исследования приняты фрагменты металлической решетки размером 150x150 мм, отобранные с отметок -200 и -400 м (см. рисунок). Отбор производился 1 раз в месяц. Началом работ по креплению принимается середина июля месяца 2017 г., окончанием – середина сентября 2017 г. Датой начала первого отбора образцов принимается ноябрь месяц 2017 г.

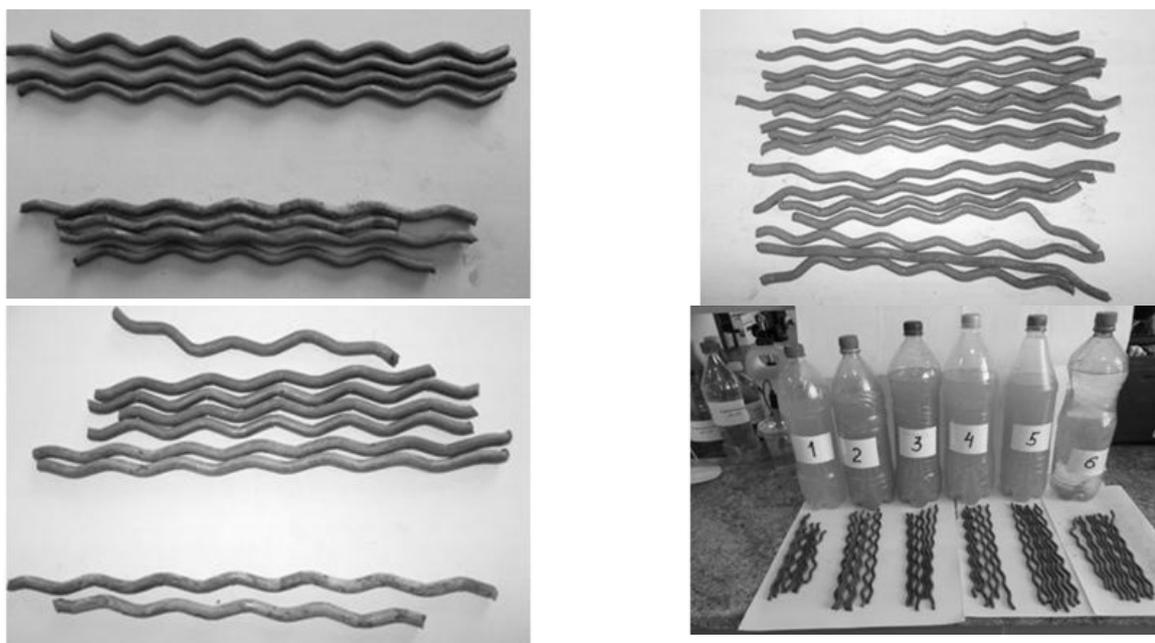


Фото образцов для проведения исследований интенсивности коррозии

На первоначальном этапе исследований произведен визуальный осмотр образцов, а для инструментальной оценки коррозии образцы пронумерованы в соответствии с их маркировкой на сопроводительных бирках, сроком пребывания в шахтных условиях, горизонтом отбора проб (табл. 1).

Таблица 1

| Маркировка образцов         |     |     |     |     |     |     |   |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| Номер образца               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7 |
| Место отбора, гор.          | 400 | 200 | 400 | 200 | 400 | 200 | 0 |
| Длительность коррозии, мес. | 2   | 4   | 3   | 5   | 4   | 6   | 0 |

Визуальный осмотр показал, что на прутках образцов № 1-6 имеются коррозионные наслоения по типу «сплошная коррозия», в основном плотно сцепленные с поверхностью.

Для инструментальных исследований предварительно производился химический анализ шахтной воды, использованной в модельном опыте (табл. 2).

Таблица 2

| Результаты химического анализа шахтной воды * |                                  |   |                                |                                       |
|---|----------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|
| Водородный показатель рН, усл.ед.             | Железо общее, мг/дм <sup>3</sup> | Железо растворенное, мг/дм <sup>3</sup> | Медь общая, мг/дм <sup>3</sup> | Медь растворенная, мг/дм <sup>3</sup> |
| 6,5±0,2                                       | 0,230±0,046                      | 0,052±0,012                             | 0,39±0,10                      | 0,130±0,034                           |

\* Анализ проведен в филиале ФГБУ «ЦЛАТИ по УФО» Челябинской области.

Инструментально степень сплошной коррозии металла оценивалась согласно положениям ГОСТ 9.908-85 «Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости» с использованием ГОСТ 9.907-2007 «Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний».

Коррозионный эффект характеризуется двумя факторами:

- потерей массы на единицу площади (удельная потеря массы) по формуле

$$\Delta M_s = \Delta M / S, \quad (1)$$

- скоростью убыли массы (интенсивность коррозии) по формуле

$$I_{\text{кор}} = \Delta M / S \cdot t, \quad (2)$$

где  $\Delta M$  - масса проржавевшего железа, г;  $S$  – площадь поверхности прутков, см<sup>2</sup>;  $t$  – длительность коррозии, сутки.

Площадь прутков вычисляли по формуле

$$S = \pi \cdot d \cdot l, \quad (3)$$

где  $d$  - средний диаметр прутков (0,5 см);  $l$  – суммарная длина прутков каждого образца.

Масса проржавевшего железа  $\Delta M$  рассчитывалась исходя из массы продуктов коррозии, удаленных с поверхности образца, и содержания в них железа, определенного химическим анализом. Масса продуктов коррозии определялась по разности масс прутков до и после удаления с них коррозионных наслоений (табл. 3).

Расчет интенсивности коррозии металлической сетки показал, что данный процесс активно протекает в первые месяцы, а с течением времени постепенно снижается.

Поскольку основное назначение сетки – предупредить выпадение кусков разрушенной бетонной крепи ствола, проведен прогнозный расчет толщины прутков сетки в процессе эксплуатации ствола.

Таблица 3

## Расчет интенсивности коррозии

| Горизонт, м  | 200           |              |              | 400          |              |              |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|  | Номер образца | 2            | 4            | 6            | 1            | 3            |
| Срок образца, мес.   | 4             | 5            | 6            | 2            | 4            | 5            |
| Площадь прутков, покрытая продуктами коррозии S, см <sup>2</sup>                           | 100,95        | 235,66       | 447,61       | 110,53       | 216,67       | 350,11       |
| Масса прокорродировавшего железа ΔM, г   | 1,224         | 7,1          | 11,616       | 1,864        | 3,214        | 9,98         |
| Потеря массы на единицу площади ΔM <sub>s</sub> × 10 <sup>-3</sup> г/см <sup>2</sup>       | 12,12         | 30,13        | 25,95        | 16,86        | 14,83        | 28,51        |
| Время коррозии t, сут.   | 120           | 150          | 180          | 60           | 120          | 150          |
| <b>Интенсивность коррозии (I<sub>кор</sub>) × 10<sup>-5</sup> г / см<sup>2</sup>·сутки</b> | <b>10,10</b>  | <b>20,09</b> | <b>14,42</b> | <b>28,11</b> | <b>12,36</b> | <b>19,00</b> |

Диаметр проволоки с учетом интенсивности коррозионных процессов находили по формуле

$$d_f = \sqrt{\frac{(P-\Delta)*4}{\pi*\rho*l}}, \quad (4)$$

где P- исходный вес образца, г ( $P = \pi * d^2 * l * t$ , где d=0,5 см – диаметр проволоки; l – суммарная длина прутков проволоки, см.; ρ - плотность металла, принимается 7,8 г/см<sup>3</sup>);

Δ - снижение веса образца в течение заданного периода эксплуатации, г.;

$$\Delta = I_{кор} * \pi * d * l * t, \quad (5)$$

где t- интервал времени эксплуатации крепи, сут.

В расчете принята интенсивность коррозии I<sub>кор</sub>=25\*10<sup>-5</sup> г / см<sup>2</sup>·сут.

Результаты расчетов уменьшения диаметра проволоки металлической сетки в результате коррозии представлены в табл. 4.

Таблица 4

## Расчет уменьшения диаметра проволоки металлической сетки в результате коррозии

| Интенсивность коррозии, г/см <sup>2</sup> /сут | 0,00025                        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      |
|--|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
|  | Время эксплуатации крепи, сут. | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 360         | 720         | 1080        | 1800        | 3600 |
| Время эксплуатации крепи, мес.                 | 1                              | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 12          | 24          | 36          | 60          | 120         |      |
| Дельта, г                                      | 0,12                           | 0,24        | 0,35        | 0,47        | 0,59        | 0,71        | 1,41        | 2,83        | 4,24        | 7,07        | 14,13       |      |
| Исходный вес образца, г                        | 15,31                          |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>Полученный диаметр, мм</b>                  | <b>4,98</b>                    | <b>4,96</b> | <b>4,94</b> | <b>4,92</b> | <b>4,90</b> | <b>4,88</b> | <b>4,76</b> | <b>4,51</b> | <b>4,25</b> | <b>3,67</b> | <b>1,39</b> |      |
| <b>Снижение диаметра, мм</b>                   | <b>0,02</b>                    | <b>0,04</b> | <b>0,06</b> | <b>0,08</b> | <b>0,10</b> | <b>0,12</b> | <b>0,24</b> | <b>0,49</b> | <b>0,75</b> | <b>1,33</b> | <b>3,61</b> |      |

Прогнозное уменьшение диаметра проволоки металлической сетки за 5 лет составляет 1,33 мм, за 10 лет – 3,61 мм. Таким образом, металлическая сетка без слоя набрызгбетона будет находиться в устойчивом состоянии на протяжении 5 – 7 лет. Для более точного прогноза состояния металлической сетки в процессе эксплуатации ствола работы по определению интенсивности коррозии продолжаются.

### Список литературы

1. Проект производства работ "Приведение в безопасное состояние бетонной крепи вертикального ствола шахты «Скиповая» в отметках 200м ÷ 408м". - ООО «УралГеоПроект», Магнитогорск, 2017.
2. Неугомонов С. С., Волков П. В., Жирнов А. А. Крепление слабоустойчивых пород усиленной комбинированной крепью на основе фрикционных анкеров типа СЗА// Горный журнал. — 2018. — № 2. — С. 31-35.
3. Рабочий Проект «Крепление ствола шахты «Скиповая». - ООО НТЦ «Наука и Практика» г. Ростов-на-Дону 2011г)
4. Калмыков В. Н., Григорьев В. В., Волков П. В. Изыскание вариантов систем разработки для выемки прибортовых запасов при комбинированной геотехнологии//Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 17-22.
5. Гибадуллин З. Р., Волков П. В. Методика оценки вариантов перемещения руды при отработке приконтурных запасов//Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 3. С. 11-13.
6. Калмыков В. Н., Мещеряков Э. Ю., Волков П. В. Обоснование параметров геотехнологического модуля «Очистные работы» при освоении запасов в приконтурных зонах карьеров//Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 4. С. 5-8.

### Сведения об авторах

**Аглямев Артур Ринатович** – заместитель технического директора СФ «УГОК», г. Сибай, Республика Башкортостан, Россия.

**Калмыков Вячеслав Николаевич** - д-р. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

**Волков Павел Владимирович** - канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: [wolf1709@rambler.ru](mailto:wolf1709@rambler.ru).

**Леонтьева Елена Вячеславовна** - канд. техн. наук, инженер-технолог ООО «Маггеоэксперт», г. Магнитогорск, Россия.

**Гнедых Анатолий Петрович** - канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

**Магафуров Марат Ильдарович** - студент ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

УДК 622.274

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
«ОРЛОВСКОЕ» ТОО «ВОСТОКЦВЕТМЕТ»****Косых В.В., Волков П.В., Мажитов А.М., Шишкин В.И., Бурева Т.В., Пудовкин Н. Е.**

*Аннотация.* В работе производится определение водопоглощения и сорбции горных пород месторождения «Орловское» ТОО «Востокцветмет». Рассчитано время потери устойчивости горных пород, вследствие их насыщения влагой.

*Ключевые слова:* горные породы, сорбция, водопоглощение, метаморфизация и серитизация.

Для анализа процессов, происходящих в горном массиве при взаимодействии его с агрессивной шахтной атмосферой, были проведены испытания по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний (с изменениями N 1, 2)» и ГОСТ 24816-2014 «Материалы строительные. Метод определения равновесной сорбционной влажности».

Для определения физико-механических характеристик, водопоглощения и сорбции руд и пород на руднике «Орловский» были взяты образцы четырех разновидностей:

- 1) руда;
- 2) темноокрашенная порода с прожилками пирита, трещиноватая;
- 3) темноокрашенная порода с прожилками пирита, трещиноватая, мыльная, хрупкая;
- 4) темноокрашенная порода с преобладанием пирита, трещиноватая, хрупкая.

Подготовка к эксперименту и определение вышеописанных свойств руд и пород производились в следующей последовательности:

- 1) распиловка кусков руд и пород на образцы кубической формы с размером грани 50 мм;
- 2) размещение одной партии образцов в условия, позволяющие обеспечить влажность 100% (в воде) на 2 суток, другую партию подвергли сушке;
- 3) взвешивание образцов в сухом и водонасыщенном состоянии для определения их плотности;
- 4) определение водопоглощения руд и пород путем вычитания массы сухого образца из массы водонасыщенного образца и перевода значения в проценты;
- 5) определение предела прочности при сжатии руд и пород путем раздавливания образцов на прессе.

Водопоглощение горной породы определяется путем сравнения массы образцов горной породы в насыщенном водой состоянии и после высушивания.

Фото образцов представлены на рис. 1

Для проведения испытаний применялись следующие средства контроля и вспомогательное оборудование: весы настольные циферблатные; шкаф сушильный; сосуд для насыщения образцов водой; щетка металлическая.

Для определения водопоглощения горной породы из геологической пробы отбирались пять образцов правильной формы (пять образцов произвольной формы размером от 40 до 70 (80) мм). Образцы очищались металлической щеткой от рыхлых частиц и пыли и высушивались до постоянной массы.

Образцы горной породы укладывались в сосуд с водой комнатной температуры так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха образцов не менее чем на 20 мм. В таком положении образцы выдерживали в течение 48 ч, после чего их вынимали из сосуда, удаляли влагу с поверхности отжатой влажной мягкой тканью и каждый образец взвешивали, при

этом масса воды, вытекающей из образца или щебня (гравия) на чашку весов, включалась в массу образца (пробы).

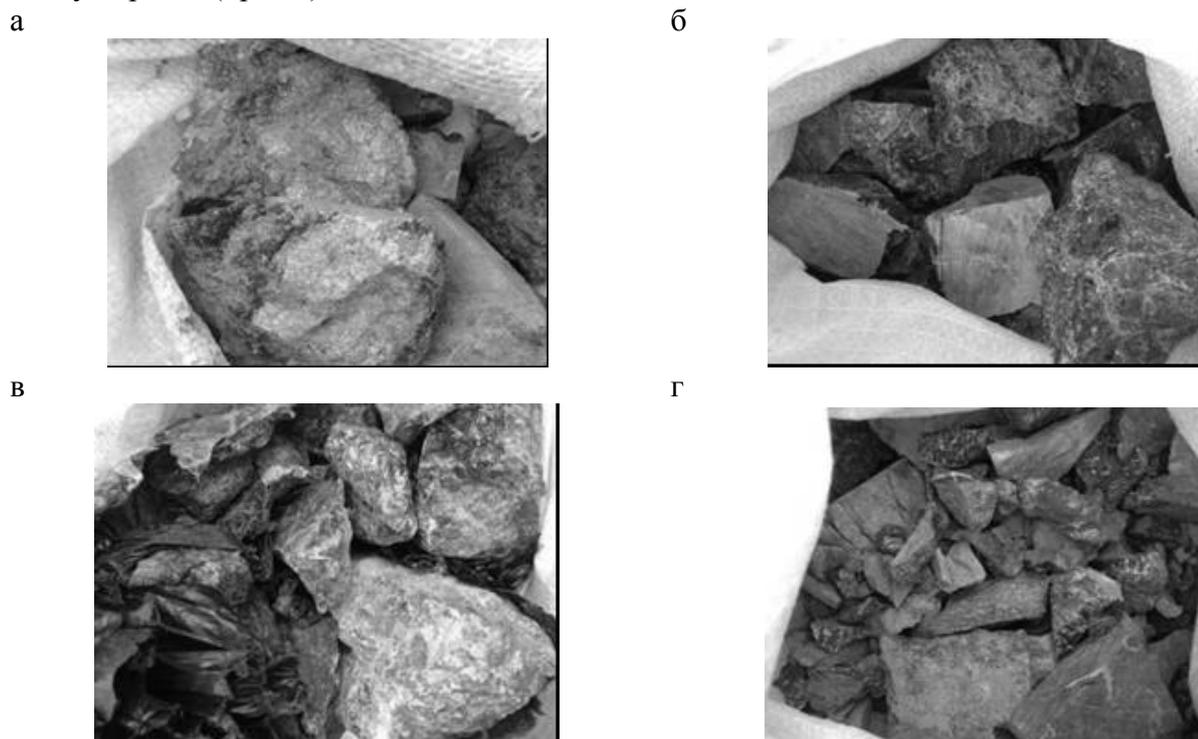


Рис. 1 Фото образцов: а) - №1; б) - №2; в) - №3; №4

Водопоглощение  $W_{\text{погл}}$ , % по массе, определяется по формуле

$$W_{\text{погл}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

где  $m_1$  - масса образца или пробы в сухом состоянии, г;  $m_2$  - масса образца или пробы в насыщенном водой состоянии.

За результат принималось среднеарифметическое значение пяти параллельных испытаний горной породы и двух параллельных испытаний щебня (гравия).

Прочность горной породы определяют путем сжатия и доведения до разрушения образцов (кубов или цилиндров) на прессе.

Полученные значения физико-механических свойств руд и пород представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства руд и пород

| № образца | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Водопоглощение по массе, % | Предел прочности при сжатии, МПа |
|-----------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1         | 4481                         | -                          | 110                              |
| 1 нас.*   | 4528                         | 0                          | 106                              |
| 2         | 3056                         | -                          | 23                               |
| 2 нас.    | 3048                         | 0,79                       | 0,7                              |
| 3         | 2941                         | -                          | 4,2                              |
| 3 нас.    | 2961                         | 0,78                       | 3,3                              |
| 4         | 3760                         | -                          | 54                               |
| 4 нас.    | 3109                         | 1,00                       | 1,0                              |

\* нас. - горная порода, насыщенная влагой.

Полученные значения по первым образцам показывают, что их прочность практически не изменяется. Это объясняется плотностью структуры, отсутствием видимых трещин и, как следствие, нулевым водопоглощением. По остальным образцам видно, что породы сильнотрещиноватые, подвержены процессам метаморфизации. Значение водопоглощения находится в пределах 1%. Высокие показатели водопоглощения из-за расклинивающего эффекта резко снижают прочностные показатели руд и пород.

Для подтверждения данных по водопоглощению проведены дополнительные испытания, для чего отобраны три образца. Значения показателей водопоглощения представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Водопоглощение руд и пород

| Номер образца | Масса образца |             | Водопоглощение,<br>% |
|---------------|---------------|-------------|----------------------|
|               | сухого        | насыщенного |                      |
| 1             | 189           | 189         | 0                    |
| 2             | 92            | 93          | 1,08                 |
| 3             | 116           | 118         | 1,7                  |

По табл. 2 видно, что значение водопоглощения находится в пределах 1-2 %, что негативно сказывается на прочностных характеристиках руд и пород и в целом может привести к потере их устойчивости.

Для анализа сорбционных способностей горных пород проведен замер сорбции (поглощения воды горными породами из атмосферы, с влажностью воздуха 100 %).

Сущность метода заключается в доведении образцов пород, предварительно высушенных до постоянной массы, до равновесного состояния в искусственно созданных паровоздушных средах, имеющих относительную влажность воздуха 97% при температуре 20°C, и последующем определении влажности этих образцов путем взвешивания.

Фото образцов представлено на рис. 2.

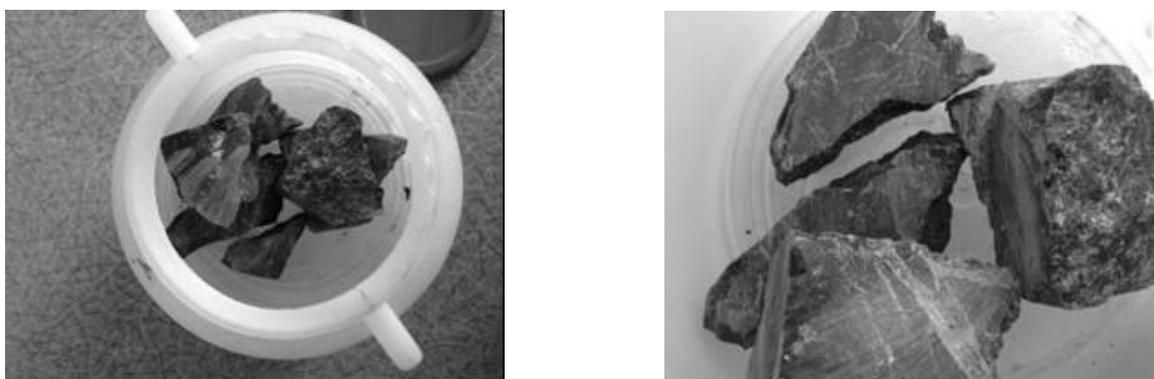


Рис.2 Фото образцов при испытании сорбционной способности горных пород

Равновесную сорбционную влажность образца материала, %, вычисляют по формуле

$$W_c = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $m_1$  - масса бюкса с образцом материала после окончания процесса сорбции, г;  $m_2$  - масса бюкса с образцом материала после высушивания образца до постоянной массы, г;  $m_3$  - масса высушенного до постоянной массы бюкса, г.

Значение сорбции руд и пород по истечению 48 ч представлены в табл. 3.

Содержание сорбционной влаги в образцах за 48 ч в среде со 100% влажностью приближается к величине в 50% от величины водопоглощения за те же 48 ч. Следует

отметить, что по истечению 48 ч впитывание влаги из воздуха горными породами прекращается.

Таблица 3

| Номер образца | Сорбция руд и пород |             | Сорбция,<br>% |
|---------------|---------------------|-------------|---------------|
|               | сухого              | насыщенного |               |
| 1             | 142                 | 143         | 0,7           |
| 2             | 417                 | 419         | 0,5           |
| 3             | 265                 | 266         | 0,38          |
| 4             | 274                 | 275         | 0,37          |

Основные процессы метаморфизации горных пород проходят в промежутке от 0 до 24 ч. В период с 6 до 18 ч после обнажения горные породы напитываются влагой, увеличивается их вес, снижается сцепление, что приводит к процессам их обрушения.

С 24 до 48 ч процессы в зоне до 0,6 - 0,8 м от контуров выработки прекращаются, и если произошло частичное или полное обрушение этой зоны, то процессы переходят в более глубокие участки массива.

### Список литературы

1. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы. Утверждены приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 352
2. Проект «Вскрытие и обработка нижних горизонтов Орловского месторождения (на восполнение выбывающих мощностей)» / ТОО «Казгипроцветмет», Усть-Каменогорск, 2001.
3. Неугомонов С. С., Волков П. В., Жирнов А. А. Крепление слабоустойчивых пород усиленной комбинированной крепью на основе фрикционных анкеров типа СЗА// Горный журнал. 2018. № 2. С. 31-35.
4. Калмыков В.Н., Григорьев В.В., Волков П.В. Изыскание вариантов систем разработки для выемки прибортовых запасов при комбинированной геотехнологии//Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 17-22.
5. Калмыков В.Н., Гибадуллин З.Р., Зубков А.А., Неугомонов С.С., Волков П.В., Пушкарев Е.И. Разработка технологии механизированного крепления горных выработок методом «мокрого» набрызгбетонирования на подземных рудниках ОАО «Учалинский ГОК»//Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 54. С. 64-70.
6. «Опытно-промышленные испытания технологии крепления выработок усиленной комбинированной крепью на основе СЗА и проведение анализа технико-экономических результатов на шахте «Орловская» [Текст]: отчет о НИР (заключительный)/ТОО "Expert PRO"; рук. Шокарев Д.А. - Усть-Каменогорск, 2018. - 285с.
7. Зубков А.А., Латкин В.В., Неугомонов С.С., Волков П.В. Перспективные способы крепления горных выработок на подземных рудниках // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельные статьи (специальный выпуск). 2014. № S1-1. С. 106-117.
8. Калмыков В.Н., Волков П.В., Латкин В.В. Обоснование параметров сталеполлимерной анкерной крепи при проведении опытно-промышленных испытаний в условиях Сафьяновского подземного рудника // Актуальные проблемы горного дела. 2016. №2. С. 27-35.
9. Калмыков В. Н., Кульсайтов Р.В., Волков П. В., Неугомонов С. С., Самойленко Д. П. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород глубоких горизонтов Кочкарского золоторудного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № S1-1. С. 86-94.

**Сведения об авторах**

**Косых Василий Васильевич** – начальник геотехнического отдела Орловского производственного комплекса ТОО «Востокцветмет», Респ. Казахстан, п. Жезкент.

**Волков Павел Владимирович** - канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск. E-mail: [wolf1709@rambler.ru](mailto:wolf1709@rambler.ru).

**Мажитов Артур Маратович** - канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск.

**Шишкин Владимир Иванович** - канд. техн. наук, инженер-технолог ООО «Маггеопроект», Россия, г. Магнитогорск.

**Буреева Татьяна Владимировна** - учитель географии и биологии высшей квалификационной категории, МКОУ «СОШ № 44», Россия, г. Миасс.

**Пудовкин Никита Евгеньевич** - студентка ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

**ОБЗОР МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ СУЛЬФАТОВ ИЗ ШАХТНЫХ ВОД**

Абдрахманова Р.Н., Нефедьев А.П., Абдрахманов Р.Н.

**Аннотация.** В статье приведен обзор основных методов очистки шахтных вод от сульфат-ионов. Указаны достоинства и недостатки методов. Рассмотрены физические методы: фильтрование, обратный осмос; физико-химические методы: ионный обмен, электродиализ; реагентный метод: известкование, с использованием солей бария, алюминия; биотехнологические методы.

**Ключевые слова:** сульфат-ионы, шахтные воды, этtringит, методы очистки.

Целью данной статьи является рассмотрение технологий очистки шахтных вод от сульфат-ионов.

В соответствии с целью решалась следующая задача: проанализировать существующие технологии очистки шахтных вод от сульфат-ионов.

Деятельность горноперерабатывающих предприятий сопровождается образованием большого количества отходов, среди них можно выделить отходы в твердом состоянии, к которым относятся: вмещающие и вскрышные породы, забалансовые и некондиционные руды, шламы, образующиеся на станциях нейтрализации техногенных кислых вод, и др.

Освоение колчеданных месторождений приводит к образованию опасных для окружающей среды кислых рудничных вод. Химический состав этих вод зависит от сульфидной минерализации руд черных, цветных и редкоземельных металлов.

Кислые рудничные воды классифицируются на карьерные, шахтные и подотвальные.

Карьерные кислые воды образуются при строительстве и эксплуатации карьеров.

Шахтные кислые воды формируются при прохождении и использовании подземных горных выработок.

Подотвальные (приотвальные) кислые воды образуются в процессе выщелачивания сульфидных компонентов из некондиционных и забалансовых руд, вскрышных и вмещающих пород.

Следует отметить, что для данных вод общими являются следующие характеристики: низкие значения активности ионов водорода ( $\text{pH} = 1,5 - 4,5$ ), высокие концентрации серосодержащих солей, таких как гидросульфаты макроэлементов и микроэлементов, высокие значения  $E_h$  потенциала [1, 2].

По своему химическому составу рудничные воды не соответствуют нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе норматива предельно допустимой концентрации вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения для сброса в водные объекты по трём показателям:

- повышенное содержание ионов тяжелых металлов (в 1,5-15 раз);
- загрязненность взвешенными веществами (90-110 мг/л), что вызывает заиливание водных объектов;
- высокая минерализация (до 3 г/л), в связи с чем в водоемы и реки ежегодно сбрасывается около 2 млн. т минеральных солей.

Процессы окисления сульфидных минералов протекают по сложному многоступенчатому механизму, что приводит к увеличению кислотности и насыщению воды не только катионами тяжелых металлов, но и сульфат-ионами.

На сооружениях очистки рудничных и подотвальных вод горных предприятий очистка от взвешенных веществ и ионов металлов проводится достаточно эффективно. Очистка же от сульфатов является проблематичной.

Установлено, что рудничные воды с высокой концентрацией сульфатов обладают выраженной коррозионной агрессивностью, а также воды, содержащие сульфаты, обладают высоким потенциалом осадкообразования.

В данном обзоре проведен сравнительный анализ разработанных (имеющихся) технологий удаления сульфат-ионов из рудничных вод по материалам научно-технической литературы российских и зарубежных авторов.

Методы удаления сульфатов можно разделить на физические, физико-химические, химические и биологические.

К физическим методам относятся обратный осмос и его модификации, фильтрация.

Технология очистки рудничных вод с использованием обратного осмоса заключается в создании внешнего давления, позволяющего преодолеть осмотическое, и разделить при помощи полупроницаемой мембраны исходную воду с высокой концентрацией солей на два потока: очищенную воду (пермеат) и более сконцентрированный раствор [3].

Обратный осмос предназначен для глубокой очистки воды и гарантирует удаление до 99% растворенных неорганических веществ, в том числе сульфатов.

Преимуществами обратного осмоса являются: во-первых, отсутствие необходимости в применении традиционного реагента-осадителя, такого как известковое молоко; во-вторых, получение воды с концентрациями загрязняющих веществ в десятки раз ниже требований ПДКрыбхоз, в-третьих, возможностью применения пермеата в качестве оборотной воды в технологическом цикле предприятия.

К недостаткам следует отнести: 1) обязательность предварительного удаления взвешенных частиц на микрофильтрах с размером пор менее 5 мкм; 2) низкий выход пермеата на каждой стадии и, как следствие, необходимость наличия серии мембранных элементов для осуществления процесса и достижения уровня 60-75% от исходного расхода воды; 3) ограничение минимального объёма концентрата, которое определяется не только гидродинамикой аппаратов, но, прежде всего, растворимостью удаляемых из воды солей, в основном солей жёсткости, в том числе сульфата кальция, которые могут откладываться на поверхности мембран и приводить к снижению производительности, коррозии мембранных элементов и обрастания поверхности мембран минеральными отложениями малорастворимых солей (карбонатов щелочноземельных металлов, сульфатом кальция в виде гипса); 4) необходимость применения антискалантов для предотвращения отложения на поверхности мембран кристаллических солей; 5) проблема утилизации рассола, образующегося при делении исходной воды на два потока и содержащего загрязняющие вещества в концентрациях значительно превышающих нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ [4, 5].

Следующий метод очистки от сульфат-ионов это фильтрование, используемое для извлечения тонкодиспергированных веществ на стадии глубокой очистки (доочистки) рудничных вод после физико-химической или биологической очистки и заключающееся в разделении суспензий с использованием пористых перегородок или зернистых слоев, которые задерживают диспергированную фазу и пропускают жидкость.

В практике очистки рудничных вод применяются следующие процессы фильтрования: фильтрование через фильтровальные перегородки; фильтрование через зернистые слои; микрофильтрация; фильтрование эмульгированных веществ (нефтепродуктов и масел, находящихся в виде нестойких эмульсий).

Преимуществами фильтрования являются: получение фильтрата, удовлетворяющего требованиям по содержанию твёрдых нерастворимых веществ; полное прохождение фильтрата через фильтрующую перегородку в сравнении с обратным осмосом; возможность использования данного процесса в качестве одной из стадий процесса очистки.

К недостаткам следует отнести: длительность процесса; получение фильтрата с высоким содержанием сульфат ионов и ионов тяжёлых металлов.

К физико-химическим методам относятся электродиализ, ионный обмен.

Метод электродиализа относится к электромембранным процессам и позволяет разделять растворы электролитов посредством селективного переноса заряженных частиц (ионов) через ионоселективные мембраны под действием электрического поля. Электродиализ объединяет два процесса: электрохимический и мембранный.

Достоинствами электродиализа являются, во-первых, экологичность, не требует для своего осуществления дополнительных реагентов или иных расходуемых веществ; во-вторых, технологичность: устройство электродиализаторов обеспечивает простоту их обслуживания и надежность при эксплуатации; в-третьих, низкое энергопотребление; в-четвертых, возможность возврата в производство компонентов очищаемой воды.

У данного метода также имеются отрицательные моменты: во-первых, концентрационная поляризация, приводящая к осаждению солей на поверхности мембран, что снижает показатели очистки; во-вторых, малая интенсивность.

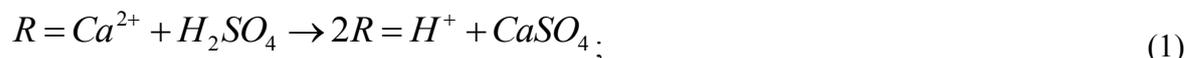
Наряду с электродиализом, также применяют обратный электродиализ, который характеризуется периодическим (примерно каждые 15 мин) переключением полярности тока. Такой режим работы ячеек снижает загрязнение мембран плёночными осадками шлама, что уменьшает необходимость предварительной химической обработки, однако, усложняет схемы установки из-за использования дополнительных клапанов и более сложной системы управления.

Основное преимущество электродиализа в сравнении с обратным осмосом заключается в том, что система нечувствительна к температуре сточной воды или pH среды. Капитальные затраты снижаются за счет пониженного рабочего давления подаваемой воды. Однако осаждение большого количества сульфата кальция на электродах может произойти из-за недостаточной предварительной обработки [6].

Метод ионного обмена позволяет производить очистку воды с помощью поглощения ионообменными смолами положительных или отрицательных ионов «загрязнений» в обмен на эквивалентное количество ионов ионита [7].

Основные уравнения ионного обмена, схематически описывающие реакции взаимодействия ионов раствора с ионитами, следующее (1,2):

для катионитов



для анионитов



Таким образом, с помощью ионного обмена осуществляется очистка воды от ионов жесткости ( $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ), ионов тяжелых металлов ( $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ), от аммиака, аммонийных солей и анионов ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CH_3S^-$ ,  $CN^-$  и т.д.).

Ионообменная технология извлечения сульфатов применима для воды с содержанием до 2 г/дм<sup>3</sup>.

Преимущество использования ионообменного метода заключается в том, что этот метод позволяет снижать содержания загрязняющих веществ до уровня предельно допустимой концентрации.

Основными недостатками ионного обмена являются: во-первых, значительный расход агрессивных реагентов; во-вторых, эксплуатационные расходы, растущие пропорционально содержанию воды; в-третьих, большие расходы на утилизацию регенерационных растворов.

К химическим методам относятся известкование, баритовый метод, применение алюминий содержащих реагентов.

Применение известкового молока является традиционной технологией обработки стоков комбинатов, основанной на нейтрализации с получением комплексных осадков, содержащих гидроксиды металлов и сульфат кальция в виде гипса. Данный метод

обеспечивает только частичную очистку от сульфат-ионов. При этом в очищенной воде на выходе концентрация сульфат-ионов превышает ПДК рыбохозяйственного значения.

К преимуществам известкового метода относятся простота процесса очистки и доступность реагента.

К недостаткам данного метода относятся: во-первых, недостаточная степень очистки вод от ионов тяжёлых металлов; во-вторых, большое количество труднообрабатываемого осадка; в-третьих, необходимость введения дополнительной стадии доочистки от ионов тяжёлых металлов и сульфат-ионов.

Глубокая очистка воды от сульфат-ионов может быть осуществлена с помощью солей бария –  $BaCl_2$ ,  $BaCO_3$  [8]. В качестве барийсодержащего реагента можно использовать гидроксид бария  $Ba(OH)_2$  [9]. Это соединение хорошо растворимо в воде, имеет сильнощелочную реакцию. Так, для снижения концентрации сульфатов с 380 до 75 мг/дм<sup>3</sup> по стехиометрии необходимо 0,54 г  $Ba(OH)_2$  на 1 дм<sup>3</sup> воды. Основными недостатками данного метода являются токсичность соединений бария, которые относятся ко 2-му классу опасности, а также высокая стоимость реагентов, содержащих барий.

Снижение сульфат-ионов возможно посредством использования алюминийсодержащих реагентов. Химизм процесса заключается во взаимодействии алюминат аниона в щелочной среде с ионами кальция с образованием трехкальциевого гидроалюмината, который в свою очередь взаимодействует с сульфат-ионами. В результате такой реакции происходит выделение сульфатов в виде гидросульфалюмината кальция (ГСАК):



Образующиеся осадки типа гидросульфалюмината кальция относятся к классу труднорастворимых и нетоксичных соединений. Несомненным преимуществом данного метода является возможность утилизации осадка в качестве сырья при производстве строительных материалов [10]. К недостаткам метода можно отнести высокое значение водородного показателя воды (свыше 12,0), что требует применения карбонизации для нормализации pH.

В последнее время в России вырос интерес к анаэробному методу очистки стоков [11, 12] с использованием сульфатвосстанавливающих (редуцирующих) бактерий двух родов: *Desulfovibrio* spp. (пять видов) и *Desulfotomaculum* spp. (три вида). Эти организмы обладают дыхательным обменом, в котором сульфат-ионы, сульфиты и другие редуцируемые соединения серы служат конечными электронными акцепторами, с получением сероводорода [11]. При использовании данного способа очистки происходит снижение концентрации сульфатов в обрабатываемой воде.

Технология анаэробного метода очистки заключается в обработке сточных вод специальной культурой сульфатредуцирующих бактерий, обладающей способностью в анаэробных условиях восстанавливать сульфаты до сероводорода с одновременным окислением органических веществ и разрушением фосфатов, нитратов, ионов аммония. В результате сероводород реагирует с растворенными ионами металлов, образуя нерастворимые сульфиды [12].

Для протекания данного процесса необходимо наличие биореактора [13—15], в котором созданы анаэробные условия, при которых данные бактерии могут существовать и перерабатывать сульфат-ионы. Чтобы обработка была эффективной, стоки должны проходить с определенной скоростью через субстрат. Dill и другие соавторы исследовали применение биореакторов на производстве. В результате содержание сульфат-ионов снизилось с 3000 до 250 мг/л в течение 70 ч [13].

К преимуществам биотехнологического метода относятся: во-первых, отсутствие необходимости в реагентной обработке; во-вторых, снижение концентрации ионов тяжёлых

металлов и сульфат-ионов до требования ПДК. Недостатками этого метода является длительность, сложность аппаратного оформления, необходимость соблюдения температурного режима и скорости потока очищаемой воды, длительность, а также введение редуцирующих веществ.

Вышеописанные методы, несмотря на применение различных подходов, направлены на решение одной задачи, а именно эффективной и технико-экономически обоснованной очистки рудничных вод от загрязняющих ионов, в том числе сульфат ионов, с тем чтобы сбрасываемая очищенная вода соответствовала нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения.

Анализ методов очистки воды от сульфат-ионов показывает, что в настоящее время наиболее востребованными являются безреагентные методы, а именно обратный осмос и ионообменные технологии. Однако использование данных методов к очистке больших объемов сточных вод сдерживается неудовлетворительными технико-экономическими показателями: высокими капитальными затратами и не в полном объеме решенными экологическими проблемами с утилизацией отходов.

Таким образом, в настоящее время практически на всех горно-обогащительных предприятиях применяется традиционный и экономичный метод очистки - известкование. Рассмотренные технологии очистки дренажных вод от сульфат-ионов основаны на различных методах. Следует отметить, что еще не разработаны приемлемые по технико-экономическим параметрам методы глубокой очистки промышленных сточных вод от сульфат-ионов.

### Список литературы

1. Емлин Э.Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991.
2. Электрохимическая технология водоподготовки в процессах флотации и выщелачивания Cu-Zn колчеданных руд / Чантурия В.А., Миненко В.Г., Лунин В.Д., Шадрунова И.В., Орехова Н.Н. // Цветные металлы. 2008. № 9. С. 16-21.
3. Дытнерский, Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
4. Kucera, J. Reverse Osmosis. Industrial applications and processes, 2010. 393 p.
5. Pulles, W., Juby, G.J.G., and Busby, R.W. 1992 Development of the Slurry Precipitation and Recycle Reverse Osmosis Technology for desalination mine waters. Water, Sci. Tech., 25 p.
6. Juby, G.J.G. and Pulles, W. 1990. Evaluation of Electrodialysis reversal for desalination of blackish mine water. WRC Report 179/1/90.
7. Helfferich, F. 1962 Ion Exchange. McGraw-Hill, San Francisco: 624 pp.
8. Adlem, C.J.L. 1997 Treatment of sulfate-rich effluents with the barium sulfide process. MSc. thesis. University of Pretoria, South Africa.
9. Adlem, C.J.L., Maree, J.P., and Pleiss, P.Du. 1991. Treatment of sulfate-rich mining effluents with the Barium Hydroxide process and recovery of valuable by-products. In.: 4<sup>th</sup> International Mine Water association Congress, Ljubljana (Slovenia) – Portschach (Austria), September 1991, pp. 211-221.
10. Абдрахманова Р.Н., Орехова Н.Н. Нефедьев А.П. Исследование применения реагента комплексного действия для очистки вод от сульфатов с получением дополнительного продукта // Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья (Плаксинские чтения – 2017): материалы Международ. науч. конф., Красноярск, 12-15 сентября 2017 г. Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2017. – 452 с.
11. Chappelle, F.M. 1993 Groundwater Microbiology and Geochemistry. Prentice-Hall.
12. Франк Ю.А., Лушников С.В. Биохимический потенциал сульфатредуцирующих бактерий // Экология и промышленность. 2006. №1. С. 10-13.

13. Dill, S., Du Preez, L., Graff, M. and Mare, J. 1994 Biological sulfate removal from acid mine drainage utilizing producer gas as carbon and energy source. 5<sup>th</sup> International Mine Water Congress, September 1994, pp. 631-641.
14. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. М.: Мир, 2004.
15. Морозова К.М. Принципы расчета систем биологической очистки сточных вод// Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №1.

**Сведения об авторах**

**Абдрахманова Ригина Назымовна** – аспирант ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова», инженер-технолог ООО «ЕвроСинтез», Россия. E-mail: [arn@evrosintez.ru](mailto:arn@evrosintez.ru).

**Нефедьев Алексей Павлович** – директор ООО «ЕвроСинтез», Россия. E-mail: [nar@metakaolin.ru](mailto:nar@metakaolin.ru).

**Абдрахманов Роберт Назымович** – канд. техн. наук, главный технолог ООО «ЕвроСинтез». Россия. E-mail: [rna@evrosintez.ru](mailto:rna@evrosintez.ru).

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Старостина Н.Н

**Аннотация.** В статье приведен обзор разработок по психологии в охране труда и промышленной безопасности. Дана классификация психологических причин несчастных случаев на производстве. Приведены профилактические мероприятия в соответствии с каждой группой нарушений. Определены наиболее эффективные методы пропагандистского воздействия на производстве.

**Ключевые слова:** психология труда, охрана труда, несчастные случаи, пропаганда, профориентация, профпригодность.

Резкий прогресс развития производства на всех уровнях деятельности человека привел к возникновению и эксплуатации опасных производственных объектов, представляющих потенциальную опасность для здоровья обслуживающего персонала, жизни и здоровья людей, находящихся в пределах функционирования этих объектов, а также имущества и среды их обитания.

На современном этапе развития промышленности остро стоит проблема организации работ по совершенствованию промышленной безопасности на опасных производственных объектах в целях недопустимости аварийных ситуаций при их эксплуатации [1].

Как показали исследования различных авторских коллективов и научных центров, социально-психологическая проблема охраны труда и промышленной безопасности недооцениваются как работодателями, так и работниками предприятий, а также органами исполнительной власти.

До сих пор в психологии труда практически отсутствуют крупные разработки по психологической стороне охраны труда, промышленной безопасности, не говоря о социально-психологических аспектах управления этими процессами [2].

Психология безопасности рассматривает применение психологических знаний для обеспечения безопасности труда человека и составляет важное звено в структуре мероприятий по обеспечению безопасной деятельности человека. Проблемы безопасности и травматизма на современных производствах невозможно решить только инженерными методами. Практика свидетельствует, что в основе аварийности и травматизма (от 60 до 90 % случаев в зависимости от вида трудовой деятельности) часто лежат не инженерно-конструкторские ошибки, а организационно-психологические причины: низкий уровень профессиональной подготовки по вопросам безопасности, недостаточное воспитание, слабая установка специалиста на соблюдение требований безопасности, допуск к опасным видам работ неподготовленных лиц, утомляемость людей, неудовлетворительное психическое состояние человека и т. д. [3].

В каждом действии человека психология выделяет три составные части: мотивационную, ориентировочную и исполнительную. Нарушение в любой из этих частей при выполнении какого-либо действия влечет за собой нарушение либо невыполнение действия в целом.

Таким образом, можно выделить три группы психологических причин возникновения опасных ситуаций и несчастных случаев:

**Нарушение мотивационной части действий** проявляется в нежелании выполнять определенные действия (операции). Нарушение может быть относительно постоянным, обусловленным индивидуальными качествами работника (человек недооценивает опасность, склонен к риску, отрицательно относится к любым ограничениям, нет стимулов к

безопасному труду и т.п.). Может быть и временным, когда человек находится в состоянии стресса, депрессии или алкогольного опьянения.

**Нарушение ориентировочной части действий** проявляется в незнании правил эксплуатации технических систем и норм безопасности.

**Нарушение исполнительной части** проявляется в невыполнении правил (инструкций, норм, предписаний и т.д.) вследствие несоответствия индивидуальных возможностей работника требованиям выполняемой работы. Такое несоответствие, как и в случае с нарушением мотивационной части действий, может быть постоянным (плохая координация, недостаточная концентрация внимания, неудобное расположение органов управления и т.д.) и временным (переутомление, понижение трудоспособности, ухудшение состояния здоровья, стресс, алкогольное опьянение).

Подобная классификация позволяет в соответствии с каждой группой причин возникновения опасных ситуаций и несчастных случаев назначить соответствующие профилактические мероприятия. По мотивационной части это пропаганда безопасного труда; по ориентировочной - обучение, отработка навыков; по исполнительной - профотбор, медицинское обследование [4].

Пропаганда в области охраны труда является одним из основных направлений работы, способствующей улучшению состояния условий и охраны труда работников предприятий, снижению уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Задачами пропаганды в области охраны труда являются:

1) ознакомление работников предприятий с теми мероприятиями, которые проводят федеральные законодательные и исполнительные власти и органы управления для улучшения состояния условий и охраны труда;

2) пропаганда технических знаний в области охраны труда;

3) обобщение и распространение передового опыта, достижений науки и техники в области охраны труда.

Пропаганда в области охраны труда должна способствовать:

- доведению до сознания каждого рабочего значения создания благоприятных условий труда, необходимости безусловного выполнения всех норм и правил техники безопасности и производственной санитарии, соблюдения технологической и трудовой дисциплины, проведения мероприятий по профилактике травматизма и профессиональных заболеваний;

- быстрейшему внедрению современных средств техники безопасности и санитарно-гигиенических устройств;

- повышению технического уровня трудящихся.

Существующие приемы пропагандистского воздействия можно разделить на две группы:

- одноканальные коммуникации, когда существует канал воздействия, но отсутствует непосредственный канал обратной связи для контроля за восприятием этого воздействия;

- двухканальная коммуникация, при которой в процессе воздействия имеется возможность контролировать его восприятие.

Средствами одноканального воздействия являются печатные издания (брошюры, информационные листки и т.д.), плакаты по безопасности, стенные газеты и «молнии», информационные стенды и уголки по охране труда, выставки, лекции и доклады, аудиовизуальные средства (телевидение, кино, диафильмы, радиопередачи и т.д.).

Двухканальное воздействие реализуется посредством бесед, коллективного обсуждения с рабочими несчастных случаев, путей профилактики травматизма и т.д.

В пропагандистских материалах не следует использовать общих призывов безопасно работать. Пользу могут приносить только призывы, указывающие на конкретный способ действий и выгоду от него.

По вопросам безопасности надо всегда говорить конкретно и по делу, а главное, избегать стандартных и заученных фраз. При этом следует учитывать, что тот рабочий, на которого мы хотим воздействовать, может еще мало знать и уметь. Очень важно выбрать подходящее время и подходящее место для осуществления воспитательного воздействия.

Безопасное поведение нельзя сформировать методом запугивания: это может вызвать только чувство страха и общее негативное отношение к воспитательному воздействию, а порой, и вообще к работе.

Приемы пропагандистского воздействия дают полезный эффект только тогда, когда его объекты достаточно хорошо информированы по затрагиваемому вопросу. Таким образом, воздействия подобного рода применимы только по отношению к рабочим, обученным как профессии, так и безопасности труда. При выборе способа воздействия следует учитывать также степень интереса рабочих или коллектива к вопросам безопасности труда, престижность этих вопросов в данной группе и ряд других социальных факторов. Существуют следующие закономерности в отношении работников к тем или иным средствам пропаганды охраны труда:

- рабочие, которые интересуются вопросами безопасности, считают эффективным средством воздействия плакат, а те, кто безразличен к этим вопросам, предпочитают кинофильмы;
- беседы считают полезными только те рабочие, коллеги и начальники которых положительно относятся к вопросам безопасности;
- литературу считают полезным средством те рабочие, которые интересуются вопросами безопасности труда, а также члены трудовых коллективов, в которых высок интерес к вопросам безопасности.

Одним из эффективных путей воспитания в области охраны труда является подключение широкого круга руководителей среднего и нижнего звена, вплоть до бригадиров, а также самих рабочих к оценке уровня безопасности труда в их коллективе и к изысканию средств для его повышения.

Наиболее распространенным средством пропаганды безопасности труда является плакат. Главное назначение плакатов – раскрыть природу опасности, разъяснить рабочему, в чем и как она может проявиться, чтобы усилить мотивацию к безопасной работе. Существуют следующие разновидности плакатов:

- положительный, подчеркивающий преимущества безопасного труда;
- устрашающий, показывающий вред от нарушения правил безопасности;
- нейтральный, содержащий эмоционально не окрашенные рекомендации без показа и оценок последствий их неисполнения;
- комический, юмористическая разновидность положительного плаката;
- комбинированный, совмещающий в себе перечисленные выше разновидности.

Наиболее убедительным является комбинированный плакат, который может передать сюжет, позволяющий составить представление о характере опасности, ее воздействии, способе защиты и эффекте. Он позволяет, например, противопоставить положительные эмоции защищенного от опасности рабочего отрицательным эмоциям нарушителя, получившего травму.

Устрашающий плакат хорош тем, что эмоционален и убедительно показывает опасность. Но, с другой стороны, на этот плакат смотреть неприятно.

Комический плакат обращает на себя внимание, однако он не всегда хорошо передает мысль.

Положительный плакат малоубедителен, т.к. не несет информации об опасном факторе.

Нейтральный плакат наименее эффективен из всех перечисленных разновидностей, т.к. его рекомендации не мотивированы; кроме того, на нем обычно отсутствует изображение человека.

При создании или выборе плакатов необходимо учитывать следующее:

- рабочего на плакате интересует не столько последствия ошибки, сколько причина происшедшего;
- вывод о том, как надо действовать, должен вытекать не из надписи на плакате, а из рисунка. Надпись должна быть короткой и только дополнять то, что не удалось передать на рисунке. Восприятие надписи должно облегчаться с помощью цвета и шрифта;
- если на плакате изображается производственная обстановка, то она должна быть абсолютно точной. Рабочие относятся нетерпимо к искаженному воспроизведению хорошо известных вещей. Обнаружив неточности в деталях на плакате, рабочие начинают сомневаться в его основном содержании.

Профориентация построена на сопоставлении психологических качеств индивида с качествами, необходимыми для какой-либо профессии. Совокупность качеств, необходимых для профессии ложатся в основу профпригодности [5].

При анализе профессиональной пригодности отдельно взятого человека к конкретной профессии надо помнить, что профессионально ценные качества не рядоположены, а образуют нечто ценное, систему.

Декан факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова, Президент РПО, проф. Е.А. Климов выделяет пять основных слагаемых данной системы.

1. Гражданские качества – моральный облик человека как члена обществ.
2. Отношение к труду, профессии, интересы и склонности.
3. Дееспособность общая, не только физическая, но и умственная. Включая интеллектуальные способности, гибкость психики, самоконтроль, инициативность. А также физические - состояние здоровья, сила, выносливость и т.д.
4. Единичные, частные, специальные способности. Это такие личные качества, которые важны для данной работы, профессии.
5. Навыки, привычки, знания, опыт.

Из сказанного ясно, что у человека не может быть полностью готовой профпригодности до того, как он включился в профессиональную подготовку и соответствующую трудовую деятельность

По мнению того же Е.А. Климова, существуют разные степени профпригодности. Он выделяет четыре таких степени:

1. Непригодность (к данной профессии). Она может быть временной или практически непреодолимой. О непригодности стоит говорить, когда отклонение в здоровье не совместимы с данной профессией. А также противопоказания могут быть и педагогическими.
2. Годность (к той или иной профессии или группе таковых). Эта степень характеризуется тем, что нет противопоказаний. Есть реальный шанс, что человек будет хорошим специалистом в этой области.
3. Соответствие (данного человека данной области деятельности). Характеризуется не только отсутствием противопоказаний, но и наличием личных качеств, которые годны для выбора данной профессии или группе профессий.
4. Призвание (данного человека данной области деятельности). Эти степень профпригодности характеризуется тем, что во всех основных элементах ее структуры есть явные признаки соответствия человека требованиям деятельности. Речь идет о признаках, которыми человек выделяется среди равных себе по обучению и развитию.

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что абсолютной профпригодности быть не может потому, что все люди разные, и вроде бы одни и те же качества имеют разные оттенки, будучи свойственны разным людям, и профессий тоже множество. То есть, в принципе, все в руках человека, так как при желании и усердии он может добиться всего. Задача же профориентации помочь ему хотя бы тем, что назвать качества, которые человеку потребуются для данной профессии, какие качества у него уже есть, а какие ему придется развить.

**Список литературы:**

1. Казакова У.А. Человеческий фактор в системе управления охраной труда и промышленной безопасностью как центральный содержательный компонент модулей программы дополнительного профессионального образования «Психология профессиональной деятельности» URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/chelovecheskiy-faktor-v-sisteme-upravleniya-ohranoy-truda-i-promyshlennoy-bezopasnostyu-kak-tsentralnyu-soderzhatelnyu-komponent.pdf>.
2. Носкова О. Г. Психология труда: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. Е. А. Климова. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 384 с.
3. Психология труда и организационная психология: современное состояние и перспективы развития: хрестоматия / сост. А. Б. Леонова, О.Н.Чернышева. М., 1995.
4. Старостина Н. Н., Глазкова Е. А. Анализ психологических причин несчастных случаев на производстве// Уральский промышленник. Екатеринбург. 2015.
5. Безопасность жизнедеятельности. Курс лекций для технических направлений: [Электронный ресурс] / А.Ю. Перятинский, О.Б. Боброва, О.Ю. Ильина, Т.В. Свиридова, Ю.В. Сомова, Н.Н. Старостина, Н.Г. Терентьева; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Электрон. текстовые дан. (2,43 МБ). Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2017. Загл. с титул. экрана.

**Сведения об авторах:**

**Старостина Наталья Николаевна** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. E-mail: [nata.starostina@mail.ru](mailto:nata.starostina@mail.ru).