



УДК 551.578

А.В. Егорина

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ВЛИЯНИЕ ГОРНОГО БАРЬЕРА КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ АЛТАЯ
НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ**

Влияние рельефа на характеристики атмосферных осадков изучалось в трудах А.И. Воейкова, А.И. Кайгородова, О.А. Дроздова, В.А. Бугаева, М.А. Петросянца, В.В. Орловой, А.Н. Кренке, К.И. Поповой и др.

Изучение пространственного распределения атмосферных осадков в горных районах очень сложно, поскольку с ростом высот уменьшается плотность сети наблюдений за осадками. Определенную помощь в этом вопросе оказывает изучение данных гидрологии и гляциологии.

В статье пространственно-временная структура атмосферных осадков рассматривается как сложное многофакторное явление, где вертикальная и горизонтальная составляющие характеризуют его величину и динамику.

Полученные расчетные характеристики распределения осадков и карты могут быть использованы при решении широкого круга практических задач.

Формирование барьерных ландшафтов Казахстанской части Алтая определяется особенностями его географического положения. Сложная структура рельефа оказывает влияние на развитие циркуляции атмосферы и приводит к резкому усилению орографического эффекта в образовании осадков. Так как скорости переноса воздушных масс увеличиваются с высотой, то и количество атмосферных осадков на наветренных склонах горных хребтов увеличивается в том же направлении. Вертикальные градиенты атмосферных осадков близ орографических узлов достигают 100 мм, иногда 200 мм на 100 м поднятия, что связано с проявлением «барьерного» эффекта. Годовые суммы осадков в пределах исследуемого региона изменяются от 119-220 мм в центральной части Зайсанской котловины до 2000-2500 мм в пределах орографического узла Рудного Алтая, до 1200-1500 мм в орографическом узле Южного Алтая. На предгорных равнинах Рудного Алтая осадки колеблются от 300 до 500 мм в год. На склонах хребтов, независимо от их географического положения, количество атмосферной влаги увеличивается с высотой (рис. 1).

Атмосферные осадки высокогорий могут быть оценены с помощью данных по стоку. По Н.А. Алюшинской [1] в Рудном Алтае на высотах 2000 м сток достигает 1400-1500 мм. Если для высокогорной части коэффициент стока принять равным 0,8, то годовые суммы осадков в орографическом узле и на наветренных склонах хребтов будут составлять 1750-1875 мм в год. Граница снеговой линии в пределах этого орографического узла расположена на высоте 2300-2400 м, а современная граница леса - на высоте 1900 м. Значительное увлажнение этих районов подтверждается наличием ледников, хотя абсолютные высоты хребтов невелики [2]. На значительное увлажнение здесь указывает распространение черновой горной тайги.

Количество атмосферной влаги резко убывает в направлении от гор к долине Иртыша.

Вертикальные градиенты в этом районе колеблются от 60 до 120 мм на 100 м поднятия. При этом ход изогиет хорошо согласуется с формами рельефа, широкие долины рек и котловины - «ложбинами» малого количества осадков, а хребты выступают как гребни повышенного увлажнения. Орографической «воронкой» является пространство между хребтами Ульбинский и Холзун. С приближением к ним количество атмосферной влаги резко возрастает.

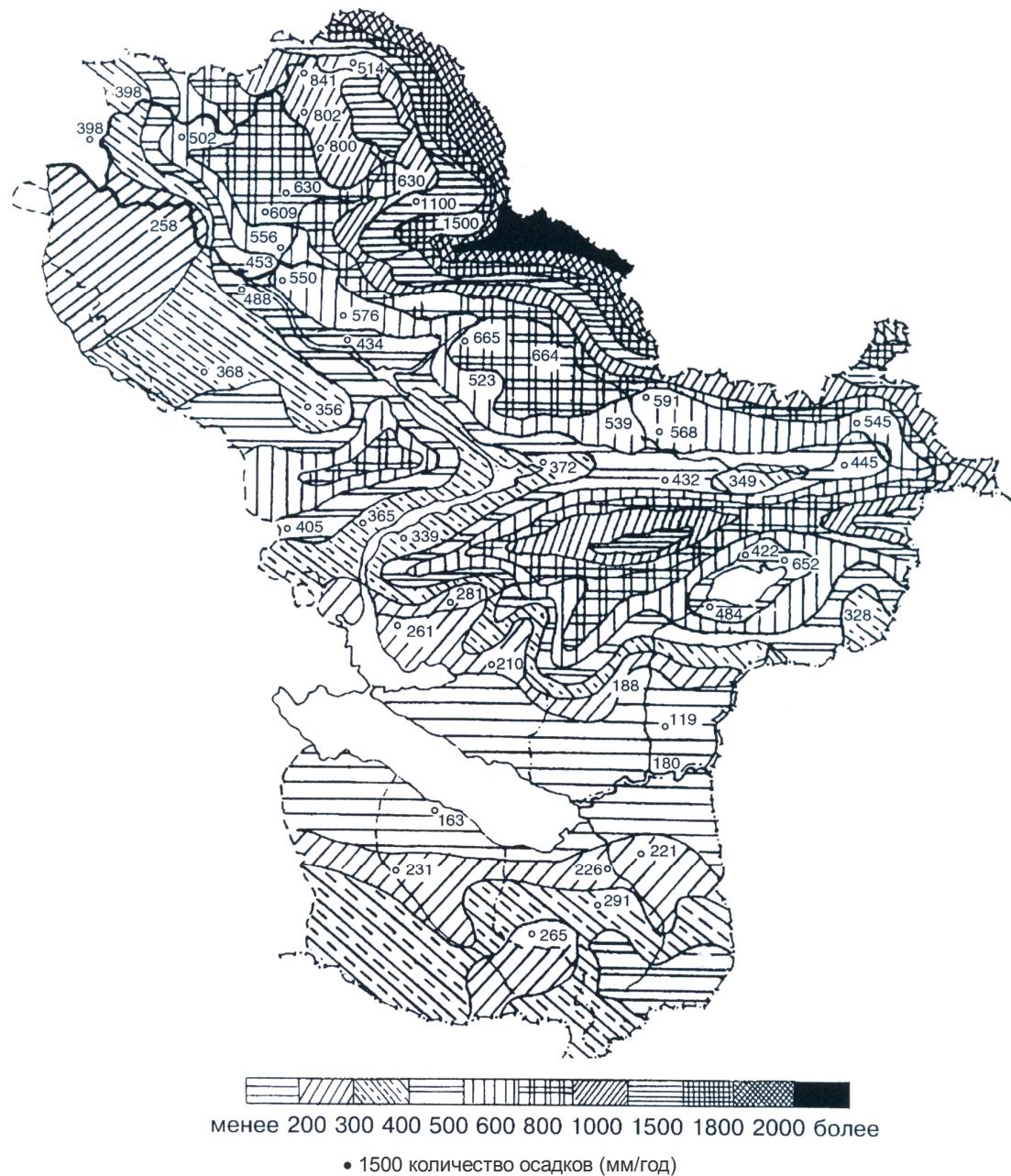


Рисунок 1 – Картосхема годового количества осадков. Юго-Западный Алтай

В бассейне реки Тургусун при средних высотах 1400-1560 м средняя величина стока колеблется от 980 до 1360 мм в год [1]. Исходя из этих величин, годовое количество осадков на западных и юго-западных склонах хребтов Холзун и Листвяга должно достигать 1200-1700 мм и более.

Рассмотрим еще один способ оценки величин атмосферных осадков в высокогорье. А.Н. Кренке получена эмпирическая зависимость для подсчета суммарной аблляции за сезон с поверхности ледника на уровне снеговой границы [3].

$$A_{mm} = (T_a + 9,5)^3,$$

где A_{mm} – суммарная за сезон аблляция с поверхности ледника, мм;

T_a – средняя температура воздуха на высоте 2 м над ледником за аблляционный период (июнь, июль, август, половина сентября).

Средний вертикальный градиент температуры по А.Н. Кренке можно принять равным 0,7 на 100 м поднятия.

Так, температура воздуха на снеговой границе хребтов Листвяга и Ивановский за аблляционный период с июня до второй половины сентября составляет $2,5^{\circ}\text{C}$. Данная величина получена расчетным путем. Средняя температура для этого периода составляет $17,4^{\circ}\text{C}$ (ст. Прапорщиково – 300 м н.у.м.) – при разности высот 2100 м, определит понижение температуры на уровне снеговой линии до указанных $2,5^{\circ}\text{C}$. Величина аблляции по формуле Кренке будет равна: $(2,5 + 9,5)^3 = 1728$ мм. Эта величина будет равна общему количеству аккумулированных на леднике осадков (за счет выпадения снега, метлевого переноса и лавин).

Осадки, выпавшие в твердом виде, по А.Н. Кренке составляют 0,7 от концентрации 1728 мм, в нашем случае – 1234 мм. Количество осадков, выпавших за аблляционный период в жидким виде нам не известно, так как на этих хребтах нет метеорологических высокогорных станций. Для оценки жидкых осадков за аблляционный период приняли ст. Малая Ульба, расположенную на высоте 1500 м.

В пределах орографического узла вертикальный градиент осадков составляет 50-60 мм на 100 м поднятия. Расстояние от ст. Малая Ульба до снеговой линии составляет 900 м, при указанном вертикальном градиенте в высокогорной части орографического узла осадков должно выпадать порядка 2000 мм (что подтверждается наблюдениями).

В среднем и верхнем течении реки Бухтармы количество атмосферной влаги уменьшается, что связано с особенностями орографии ее долины («эффект котловины»). При западных воздушных потоках в данном случае не возникают восходящие токи, так как ветер дует вдоль горных склонов. Долина Бухтармы на картосхеме годовых осадков очерчена замкнутой изогиетой 400 мм. Такая же изогиета 400 мм очерчивает нижнее и среднее течение долины реки Нарым [4, 5]. Приведенные примеры, в частности, хорошо иллюстрируют положение О.Н. Дроздова о том, что при формировании атмосферных осадков большую роль играют формы рельефа, чем абсолютная высота местности [6, 7, 8].

На предгорных равнинах Рудного Алтая с высотами 300-500 м осадков выпадает порядка 400-600 мм. Изогиета 600 мм хорошо согласуется с верхней границей лесостепи и проходит в северной части региона на высотах около 500 м, в Зыряновском низкогорье – на высотах 600 м.

Количество атмосферной влаги увеличивается в районе схождения хребтов Сарым-Сакты, Курчумского, Южного Алтая и Тарбагатая Алтайского. Этот орографический узел Южного Алтая несет значительное оледенение и дает начало рекам Аллахе, Канасу и

другим. Изогиета 500 мм охватывает западную часть хребтов Сарым-Сакты и Нарымского на высотах от 700 до 1000 м.

Зависимость количества атмосферных осадков от особенностей взаимодействия форм циркуляции и рельефа отчетливо проявляется в распределении снежного покрова. В бассейне реки Сарым-Сакты (по наблюдениям на 15 снегомерных площадках) на западных, северо-западных склонах и горизонтальных площадках до высот 1500-1800 м запас воды в снежном покрове на декаду максимума (март) составляет порядка 70-90 мм. Основная масса снега накапливается в течение ноября и декабря. Количество осадков возрастает с приближением к орографическому узлу в верховьях реки Курчум. В области альпийских лугов на выровненных площадках с небольшим уклоном западной и восточной экспозиции запасы воды в снеге колеблются от 120 до 280 мм. Вероятно, здесь создаются такие условия взаимодействия циркуляции и форм рельефа, как близ орографического узла.

Итак, начиная с высот 1900-2000 м располагается зона большого увлажнения, выше - осадки, возможно, будут уменьшаться. В пределах Рудного Алтая этой зоны высот осадков выпадает до 2000 мм и более. В Южном Алтае в ледниковой зоне (выше 3000 м) осадки составляют около 1200-1500 мм [5].

На левобережье Иртыша наибольшее количество осадков (порядка 750-800 мм в год) приурочено к восточной, более высокой части Калбинского хребта (1600 м). На периферии Калбы количество осадков уменьшается до 300-400 мм.

Южные горные районы Казахстанского Алтая совершенно не освещены в метеорологическом отношении. Но по обобщенным оценочным данным И.С. Соседова, Р.И. Гальперина и др. [9] на Северных склонах Саура и Тарбагатая осадки составляют 300-500 мм, а на южных склонах 400-700 мм в год. Распределение и режим атмосферных осадков в данной физико-географической провинции тесно связан с орографией, и прежде всего с барьерностью, т.е. зависит от высоты местности и преобладающего влагопереноса. Так, на подветренных северных склонах Тарбагатая выпадает до 300-400 мм в год, а на наветренных южных, более доступных юго-западным потокам, до 400-700 мм. Увеличение атмосферной влаги наблюдается также в горных узлах массива Мустау и хребта Саур [9].

Список литературы

1. Алюшинская Н.А. Вертикальная зональность в распределении стока на территории Алтая // Уч. зап. ЛГУ. - Сер. География. - 1955. - Вып. 46. - №199. - С.43-49.
2. Тронов М.В. Проблема гляциологических показателей. - Томск: ТТУ, 1978. - 167 с.
3. Кренке А.Н. О связи поверхности таяния ледников с температурой воздуха / А.Н. Кренке, В.Г. Ходаков // Материалы гляциол. исслед., 1966. - Вып. 12. - С.153-164.
4. Попова К.И. Атмосферные осадки Горного Алтая // Изв. Алт. ОГО СССР. - Барнаул, 1965. - Вып. 5. - С.101-107.
5. Егорина А.В. и др. Климат Юго-Западного Алтая. - Усть-Каменогорск, 2003.
6. Дзердзевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. - М.: Наука, 1975. - С. 59-134.
7. Голубцов В.В. Предварительная оценка элементов водного баланса горных бассейнов Западного Алтая // Тр. Каз. НИГМИ. - М.: Гидрометеоиздат, 1985. - С.36-45.
8. Дроздов О.А. Метод построения сети метеорологических станций в равнинной местности // Тр. ГГО. - Л.: ГИМIZ, 1936. - Вып. 12. - С. 10-109.
9. Соседов И.С. Годовое количество осадков на территории Восточного Казахстана / И.С. Соседов, Р.И. Гальперин // Вопросы гидрологии Казахстана. - Алма-Ата, 1963. - С. 31-49.

Получено 13.08.07.

УДК 622.27

Л.А. Крупник

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник

Зыряновский центр ВКГТУ, г. Зыряновск

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ
НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Добычу полиметаллической руды системами разработки с закладкой в Восточном Казахстане на сегодняшний день осуществляют на Малеевском руднике Зыряновского ГОК, Тишинском и Риддер-Сокольном рудниках Риддерского ГОК АО «Казцинк», Орловском и Артемевском рудниках корпорации «Казахмыс».

Использование твердеющей закладки в технологическом процессе добычи руды дает возможность сократить потери и разубоживание рудной массы, отрабатывать запасы руд в охранных целиках и сохранять земную поверхность от обрушения при обеспечении безопасности горных работ. Однако при использовании твердеющей закладки значительно возрастает расход дорогостоящего цемента (стоимость цемента на начало 2007 года составила более 9000 тенге/т), увеличиваются капитальные и эксплуатационные затраты на строительство и эксплуатацию бетонно-закладочных комплексов (себестоимость бетонной закладки на одном из подземных рудников Восточного Казахстана достигает 960 тенге на 1 т добычи).

Основными направлениями по совершенствованию закладочных работ на ближайшую перспективу являются: повышение вяжущих свойств отходов и создание бесцементных или малоцементных составов литых твердеющих смесей (ЛТС); принудительное повышение текучести закладочной смеси за счет управления реологическими свойствами ЛТС в горизонтальном ставе трубопровода, повышение напора в трубопроводе и поддержание активных гидратационных свойств смеси до укладки в выработанное пространство; водооборот шахтной воды в технологическом процессе на бетонно-закладочном комплексе (БЗК); использование пустой породы от проходческих работ в закладку без выдачи породы на поверхность и складирования ее в отвалах; разработка методов неразрушающего контроля прочности закладочного массива.

В настоящее время на БЗК Малеевского рудника при приготовлении твердеющей закладочной смеси используют доменные гранулированные шлаки. Использование на Малеевском руднике гранулированных доменных шлаков, в которых содержание тонких частиц, проходящих через сите № 008, должно быть не менее 50 % по массе, в составе закладочной смеси позволило сократить расход цемента с 160-200 до 55-60 кг/м³ закладки. На сегодняшний день на руднике продолжаются работы по дальнейшему снижению содержания цемента в составе закладочной смеси, в частности за счет более мелкого помола доменных гранулированных шлаков и применения в технологическом процессе на БЗК гидроциклонов. В связи с тем, что подачу закладочной смеси с поверхностного БЗК Ма-

леевского рудника в пустоты отработанных камер производят по горизонтальному участку бетоновода на уровне 11 горизонта, а в настоящее время подготавливают и отрабатывают запасы руды выше 11 горизонта, на руднике возникла проблема транспортирования закладочной смеси выше закладочного горизонта примерно на 200 м. Для закладки пустот камеры № 55 седьмого рудного тела Родниковой рудной зоны необходимый уровень подачи закладочной смеси превышает уровень горизонтального участка бетоновода на 21 м. Условие самотечного транспортирования закладочной смеси в пустоты камеры № 55 будет выполнено, если величина остаточного давления в конце горизонтального участка бетоновода (P_{ocm}) будет превышать величину давления, создаваемого гидравлическим напором закладочной смеси в восходящей закладочной скважине ($P_{cкв}$):

$$P_{ocm} > P_{cкв}, P_{ocm} = H \cdot \rho \cdot k_1 - I \cdot L \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, P_{cкв} = h_{cкв} \cdot \rho \cdot k_3,$$

где H - высота вертикального става бетоновода, м; ρ - плотность закладочной смеси, кг/м³; I - удельные потери напора, м/м; L - длина горизонтального участка бетоновода, м; $k_1 = 0,7-0,8$ - коэффициент заполнения вертикального става бетоновода; $k_2 = 1,1$ - коэффициент местных сопротивлений; $h_{cкв} = 21$ - превышение уровня подачи закладочной смеси в камеру над уровнем горизонта транспортирования (11 горизонт), м.

В результате выполненных расчетов установлено, что условие $P_{ocm} > P_{cкв}$ выполнено, что обеспечивает самотечный транспорт закладочной смеси в камеру № 55. Однако для обеспечения транспортирования закладочной смеси в пустоты отработанных камер, расположенных гораздо выше уровня закладочного горизонта, необходимо на основе технико-экономического сравнения сделать выбор между двумя возможными вариантами: строительством поверхностного БЗК-3 и приобретением бетонного насоса фирмы «Engineering Dobersek GmbH». Поршневой бетононасос BSA 14000 HP-E при производительности по смеси 100 м³/ч обеспечивает длину напорного трубопровода 2500 м и максимальную высоту подачи 220 м.

Отработку запасов руд на Риддер-Сокольном руднике РГОК АО «Казцинк» производят подэтажно-камерной системой разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. При самотечно-пневматическом режиме транспортирования закладочной смеси с использованием текущих хвостов обогащения подачу сжатого воздуха в трубопровод осуществляют через пневмоклапан специальной конструкции. Место установки пневмоклапана определяют в конце самотечного участка транспортирования. Основным недостатком технологии закладочных работ на Риддер-Сокольном руднике является значительный удельный расход цемента (140 кг/м³) и значительное количество воды в составе закладочной смеси (510 л/м³).

В настоящее время планируемое расширение объемов добычи руды с литыми твердеющими смесями ограничивается высокой стоимостью закладки, что резко повышает себестоимость добычи руды, и отсутствием решений по транспортированию закладочной смеси в отдаленные блоки.

На Риддер-Сокольном руднике высота вертикального става бетоновода диаметром 219 мм составляет 189 м (с поверхности до 11 горизонта). Подачу бетонной смеси по горизонтальному ставу диаметром 159 мм необходимо осуществить на расстояние около 2500 м (отношение $H : L = 1:13$). Для увеличения дальности транспортирования закладочной смеси и повышения устойчивости транспортирования в самотечный транспорт-

ный трубопровод можно дополнительно подавать сжатый воздух в одну или несколько точек. В этом случае на пневматическом участке транспортного трубопровода поток закладочной смеси разбивается на отдельные «пробки», разделенные между собой «пробками» сжатого воздуха (рис. 1). Так как процесс ускорения «пробок» протекает весьма быстро, скорость движения их по трубопроводу практически постоянна на участках между врезками и ступенчато возрастает после каждой врезки.

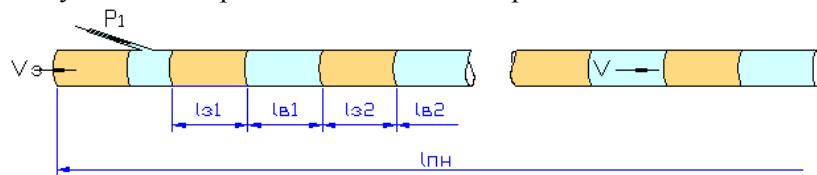


Рисунок 1 – Схема пневматического участка транспортного трубопровода

Длина пневматического участка закладочного трубопровода может быть определена из зависимости:

$$l_{пп} = \frac{P_1(P_{cp} \cdot Q_3 + P_0 \cdot Q_6)}{K_h \alpha_{cp} \rho_3 Q_3 P_{cp} + 1,63 \cdot 10^{-5} \beta R T \rho_6 P_0^2 \frac{Q_6^3}{d^5 P_{ch}}},$$

где P_1 - начальное давление сжатого воздуха, Па;

P_{cp} - среднее давление сжатого воздуха между «пробками» закладки, Па;

$$P_{cp} = \frac{P_1 + P_{i+1}}{2},$$

Q_3 - количество закладочной смеси, $\text{м}^3/\text{с}$; P_0 - атмосферное давление, Па;

Q_6 - расход воздуха, приведенный к атмосферному давлению, $\text{м}^3/\text{с}$;

K_h - коэффициент надежности транспортирования, (1,5-2);

α_{cp} - показатель транспортабельности;

$$\alpha_{cp} = \frac{4\tau}{\rho_3 d},$$

τ - предельное напряжение сдвига; ρ_3 - плотность закладочной смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\beta = \frac{2,86}{G^{0,148}}$ - коэффициент сопротивления движению сжатого воздуха;

R - газовая постоянная (29,27);

ρ_6 - плотность воздуха при атмосферном давлении, $\text{кг}/\text{м}^3$, (1,2 $\text{кг}/\text{м}^3$);

$$G = \frac{2.86}{3600 \cdot \rho_6 Q_6},$$

d - диаметр закладочного трубопровода, м.

Определение места первой по направлению движения смеси врезки сжатого воздуха является существенным моментом и в значительной мере обуславливает надежную и эко-

номическую работу схемы транспортирования.

$$L_s = L_{s \max} - \left(1 - \frac{P_{cp}}{P_{\max}} \right),$$

где L_s - искомая длина самотечного участка, м;

$P_{cp} = 0,7 - 0,8P_1$ - допустимое давление закладочной смеси в месте врезки, МПа;

P_{\max} - максимальное давление закладочной смеси в начале горизонтального участка закладочного трубопровода, МПа;

$L_{s \max}$ - максимально возможная длина самотечного участка закладочного трубопровода при устойчивой работе системы трубопроводного транспорта

$$L_{s \max} = mH_m,$$

где m - предельная относительная дальность транспортирования закладочной смеси;

H_m - высота вертикального става, заполненного закладочной смесью.

На руднике «Комсомольский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» в настоящее время подъем закладки осуществляют на высоту 95,8 м при соотношении $H:L = 8,44$ за счет использования статического напора столба закладки в вертикальном ставе и избыточного давления сжатого воздуха в трубопроводе. Опыт работы на руднике «Комсомольский» выявил множество проблем при реализации данной технологии. Из-за подачи смеси в самотечно-пневматическом режиме в закладочном трубопроводе создается повышенное давление, что приводит к быстрому износу закладочных трубопроводов. Для решения проблем оседания смеси и невозможности полной очистки трубопроводов после окончания подачи закладки потребовалась подача ангидритошлаковых растворов с увеличенной дозировкой воды. Кроме того, отмечается низкая производительность по закладке данного участка, так как промывка и продувка трубопровода и другие вспомогательные работы позволяют вести основные закладочные работы только в одну смену в сутки.

Использование бетононасосов фирмы «Engineering Dobersek GmbH» на Риддер-Сокольном руднике при используемых в настоящее время составах закладочных смесей и гранулометрического состава песков гидроциклонов БЗК Быструшинской площадки нецелесообразно.

От фирмы «Engineering Dobersek GmbH» получены следующие рекомендации: применение поршневых и шланго-мембранных насосов из-за их высокой стоимости будет экономически нецелесообразно (из-за достаточно низкого давления на напоре и высокого процента мелкого класса твердого заполнителя); рекомендовано использовать шламовые насосы (они дешевле по стоимости). В настоящее время продолжается работа с производителями мембранны-поршневых насосов с целью получения от них полного предложения на агрегаты для транспортирования закладочных смесей.

Другим путем увеличения текучести ЛТС является использование в составе закладочной смеси химических добавок-пластификаторов. Они являются регуляторами реологических свойств твердеющих закладочных смесей и используются с целью повышения транспортабельности, уменьшения расслоения закладочных смесей, улучшения качества заполнения выработанного пространства при повышении удобоукладываемости смеси, регулирования сроков схватывания и др.

На сегодняшний день выпускается достаточно большой ассортимент химических добавок отечественного и зарубежного производства. Так, суперпластификатор С-3 производства российского НИИЖБ, согласно техническому описанию производителя, позволяет увеличить текучесть бетона в 6 - 7 раз, снизить водопотребление при затворении вяжущего вещества (цемента) на 18 – 25 %, что позволяет повысить прочность бетона на 50 %, при этом снизить расход цемента на 15 %. Суперпластификатор белорусского производства «Стакемент F» увеличивает подвижность бетонной смеси с 1 - 4 см до 20 см при сохранении постоянного водоцементного отношения. «Стакемент F» очень сильно разжижает бетон, обволакивая зерна цемента и заполнителей, создает совместно с водой скользящую пленку. Благодаря этому снижается трение между твердыми компонентами бетона и увеличивается его подвижность. Стоимость суперпластификатора С-3 без учета стоимости тары составляет 157,5 тенге/кг без транспортных и таможенных расходов (отгрузка добавки производится со складов в г. Ярославле).

ЗАО «ЕвроХим-1» (г. Москва) поставляет на российский рынок целый ряд пластификаторов немецкой фирмы *Degussa Construction Polymers*. Это суперпластификаторы с водоредуцирующим эффектом более 20 % - сульфомеламинформальдегидные пластификаторы *Melment F 10*, *Melment F 15 G* и гиперпластификаторы с водоредуцирующим эффектом более 30 % - поликарбоксилатные пластификаторы *Melflux 1641F*, *Melflux 2641F*, *Melflux 2651F*, *Melflux PP 100F*. При этом производитель рекомендует использование поликарбоксилатных пластификаторов только в цементных системах.

Производителем добавок к бетону в Республике Казахстан является компания *USTA-YKS-degussa*, цеха по производству добавок которой находятся в г. Алматы и г. Астане.

Совместно со специалистами фирмы *USTA-YKS-degussa* были отобраны для проведения испытаний наиболее подходящие для условий Риддер-Сокольского рудника РГОК АО «Казцинк» следующие химические добавки: *Pozzolith MR 25*, *Pozzolith MR 55* (на основе *Pozzolith MR 25* с воздухововлекающими добавками), *Pozzolith 100 XR* (с замедлителем схватывания бетона).

Сравнительные испытания закладочных смесей с химическими добавками *Pozzolith MR 25*, *Pozzolith MR 55*, *Pozzolith 100 XR* проведены в специализированной лаборатории закладочных и строительных работ Риддерского ГОК АО «Казцинк» с целью выявления влияния химических добавок на реологические свойства закладочных смесей и прочностные характеристики закладки.

Результаты лабораторных испытаний показали, что использование в составе закладочной смеси химических добавок типа *Pozzolith* дает возможность повысить дальность транспортирования смеси, снизить расход дорогостоящего цемента при снижении водопотребления при сохранении или улучшении прочностных характеристик закладки и реологических свойств закладочных смесей. Снижение водопотребления при приготовлении закладочной смеси позволяет повысить прочность бетона за счет увеличения количества центров кристаллизации без ухудшения транспортабельности смеси, при этом снизить расход цемента и получить более равномерные и упруго податливые закладочные массивы (это позволит снизить разубоживание рудной массы закладкой при взрывных работах). Стоимость добавки-пластификатора в компании *USTA-YKS-degussa* (г. Алматы) на сегодняшний день составляет 120 тенге/кг. Предполагаемый расход химической добавки в составе закладочной смеси составит около 1 кг на 1 м³ закладки.

При отношении Т:Ж = 73:27 (состав закладочной смеси: цемент – 140 кг/м³; хвосты –

1288 кг/м³; вода – 476 кг/м³) повышение подвижности смеси на Риддер-Сокольном руднике представлено на рис. 2.

При повышении подвижности смеси с введением в ее состав добавок-пластификаторов также повышается и прочность образцов закладки (рис. 3).

Планирование использования в дальнейшем на БЗК Риддер-Сокольного рудника лежальных хвостов обогатительной фабрики с обводненностью около 8 % дает реальную возможность снизить расход воды при приготовлении закладочной смеси, что еще более повысит целесообразность использования и экономическую эффективность от применения добавок-пластификаторов.

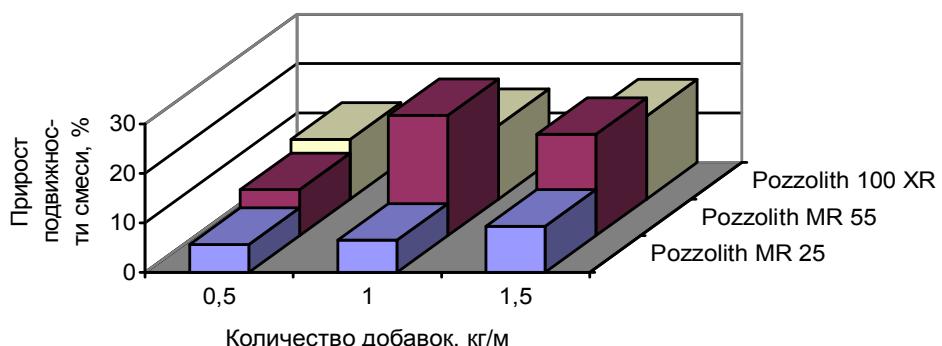


Рисунок 2 – Повышение подвижности смеси при отношении Т:Ж = 73:27

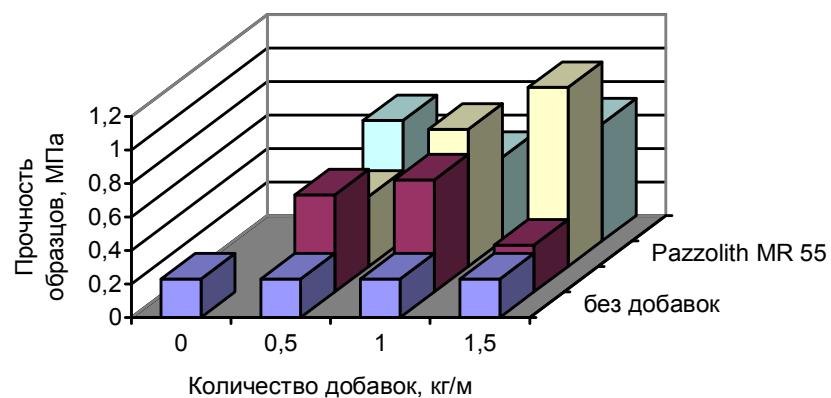


Рисунок 3 – Прирост прочности образцов закладки при использовании добавок-пластификаторов при существующем составе смеси в возрасте 28 суток

Гидравлические, механические и экологические характеристики закладки могут проектироваться с различными модификациями. На практике в основном производится добавка к инертному заполнителю цементирующего материала и повышение плотности закладки путем ее обезвоживания.

Повышение плотности закладочной смеси позволяет классифицировать ее на три группы в зависимости от плотности пульпы, скорости ее движения по трубопроводу, методов подготовки и оптимального ее распределения: традиционно понимаемая гидрозакладка (смеси с содержанием воды выше 40 %); закладка, представляющая собой плот-

ную пульпу (содержание воды 30-35 %); закладка высокой плотности (пастообразная закладка).

Принципиальные преимущества пастовой закладки заключаются в следующем: улучшенное качество (минимальные потери цемента при дренировании, однородная масса закладочной смеси без расслаивания в результате агрегации); пониженная стоимость материалов (сокращение потребления цемента на 40 – 60 %, сокращение расхода материалов для возведения перемычек до 80 %); повышенная продуктивность (повышение интенсивности ведения закладочных работ благодаря непрерывной подаче закладочной смеси в выработанное пространство, и связанное с этим сокращение времени на закладку до 20 %, сокращение объема очистки выработок до 80 %); охрана окружающей среды (снижение объемов хвостохранилищ на 50 %, пониженные требования к гидротехническому комплексу, снижение требований по рекультивации). Ограничения технологического и экономического характера приготовления пастовой закладки: закладочные смеси с однородным гранулометрическим составом крайне трудно перекачивать по трубам за счет недостаточного содержания в них тонкой фракции, которая формирует пограничные условия потока для ядра; повышение объема тонкой фракции требует больших усилий по обезвоживанию закладочного материала; последнее требует повышенных расходов на оборудование и электроэнергию.

Одним из основных вопросов совершенствования технологии закладочных работ является разработка рациональных схем утилизации породы от проходческих работ в закладку без выдачи породы на поверхность и складирования ее в породных отвалах. Эти исследования были проведены для условий Малеевского рудника. В результате проведенных всесторонних исследований сотрудниками КазНТУ им. К.И. Сатпаева, ВКГТУ им. Д. Серикбаева, ДГП «ВНИИцветмет» НЦ КПМС РК совместно со специалистами Зиряновского горно-обогатительного комплекса АО «Казцинк» разработаны на уровне изобретений схемы утилизации пустой породы в закладку самоходными машинами, реализация которых в условиях Малеевского рудника позволила получить экономический эффект около 23 млн тенге на выемочную камеру.

Перспективным направлением создания ресурсосберегающей технологии закладочных работ на подземных рудниках следует считать использование шахтной воды в технологическом процессе на БЗК. Действие агрессивных шахтных вод отрицательно сказывается на физико-механических свойствах закладочного массива. Поэтому естественно, что при использовании шахтных вод для приготовления закладки необходим оперативный контроль за их химическим составом и комплекс мероприятий по их очистке и нейтрализации. Использование шахтной воды в технологическом процессе приготовления закладки позволит улучшить экологическую обстановку и получить значительный экономический эффект.

Получено 31.07.07.

УДК 528.91:631.4

В.А. Максимов, И.П. Каретина
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЧВЕННОГО КАРТИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ГОРОДСКОГО КАДАСТРА

Почвенное картирование территории населенных пунктов служит основой кадастровой оценки земель, определения стоимости возмещения потерь сельскохозяйственного производства при отводах земель сельскохозяйственного назначения (использования) для строительства и иных государственных и общественных нужд.

Почвенное картирование территории решает 3 основные задачи:

- регистрация видов почв, образующих территорию;
- определение площадей этих видов почв в комплексе;
- учет площадей однородных видов почв комплекса.

Кадастровая оценка земель населенных пунктов – это наиболее сложный раздел оценки земельного фонда, так как городские земли представляют собой многофункциональный объект недвижимости.

Кадастровая оценка земель – это экономическая основа формирования системы налогообложения недвижимого имущества, управления земельными ресурсами и гражданско-го оборота земли.

Если рассматривать недвижимое имущество как овеществленный продукт прошлого труда, подлежащий налогообложению с позиции развитого рынка, его и оценивать следует по законам рыночной экономики - объективным законам.

В мировой практике оценивания объектов недвижимости сложились определенные подходы и методы оценки. Как правило, при оценке рыночной стоимости земельных участков используются следующие:

- затратный;
- доходный (капитализация дохода);
- сравнительный (прямого анализа продаж).

Первый метод основан на принципе оценки овеществленных общественно необходимых затрат с учётом амортизации, и для оценки земельных участков – объектов невоспроизводимых – данный подход в чистом виде не применим.

Затратный метод сравнительно прост в реализации, однако не отражает перспектив использования земель, развития земельных отношений, т.е. конъюнктуры и перспектив рынка.

Наибольший интерес с позиции покупателя представляет доходный метод оценки недвижимости, который состоит в определении рыночной стоимости земельного участка, исходя из того, какой величины, в течение какого периода времени и с какой вероятностью может быть получена рента от земельного участка.

Использование доходного метода в качестве технологической основы оценки недвижимости на государственном уровне в условиях становления рынка недопустимо уже потому, что понятие доходности для многих отраслей общественного производства - вообще далёкая перспектива, а капитализация дохода напрямую зависит от продолжительности периода его получения.

Сравнительный подход состоит в определении рыночной стоимости земельного участка, исходя из сравнения объекта оценки с аналогичными земельными участками, имущественными правами на земельные участки и (или) единными объектами недвижимости, по которым известны их цены. В эти цены вносятся поправки, устраняющие влияние на це-

ны аналогов отличий от объекта оценки.

Земельный рынок ещё только формируется, тенденции его развития едва обозначились, поэтому применить этот подход в качестве технологической основы кадастровой оценки недвижимости в Республике Казахстан сейчас не представляется возможным. Тем более, что даже в условиях стабильной экономики и при наличии необходимой информации, этот метод требует очень больших затрат труда, времени и средств.

Оценку недвижимого имущества для целей налогообложения и продажи можно выполнить на основе разработанного с учетом реальной экономической ситуации комплексного (комбинированного) подхода, применяя арсенал способов и приёмов всех вышеназванных методов.

Суть комбинированного метода заключается в следующем: средства, вложенные в землю, и стоимостные параметры факторных признаков оцениваются затратным методом, престижность и пространственные коэффициенты земельно-оценочных районов - методами рыночного подхода и капитализации дохода, соответственно.

Стоимость объектов недвижимости на основе затратного подхода можно определить по материальным балансам – путём оценки остаточной стоимости, или же методом замещения по укрупненным нормативам на строительство - расчетным путем.

При этом стоимость земель под объектами недвижимости оценивается по затратам на воспроизводство сельскохозяйственных угодий, которые были некогда на месте поселений, как если бы их строительство только предстояло, т.е. по полной стоимости замещения сельскохозяйственного производственного потенциала, исходя из принципа приоритета земель сельскохозяйственного использования.

Нормы и расценки на возмещение потерь сельскохозяйственного производства, в связи с отводом земель для несельскохозяйственных целей в Республике Казахстан, разработаны и приняты. Ставки в этих нормах дифференцируются по угодьям в зависимости от качества почв (природного плодородия) – по баллам бонитета. Согласно регламенту их применения, баллы бонитета на уже застроенных территориях можно определить по состоянию смежных участков – как было раньше, путем реконструкции почвенной карты. Реконструкция осуществляется на основе анализа ландшафта, геологии и гидрогеологии исследуемой территории [1].

В процессе почвообразования почва проходит ряд последовательных стадий, направление, длительность и интенсивность которых определяются конкретным комплексом факторов почвообразования и их эволюцией в каждой точке земной поверхности. При этом важнейшим фактором современной эволюции почв является разнообразная деятельность человека (антропогенный фактор).

Однако этот метод для воссоздания почвенной карты значительной территории практически трудно осуществим и, во всяком случае, не обеспечивает должного качества материала – плохо аппроксимирует ситуацию. Реконструкция почвенной карты прошлых времен может быть выполнена на основе предлагаемого ниже ретроспективного метода. Начало исследований в этой области было положено еще в XIX веке работами Александра фон Гумбольдта (Alexander von Humboldt) и более поздними работами других немецких ученых-географов. Сегодня подобное моделирование представляет собой сочетание наук о Земле, геоинформатики и геостатистики и имеет много названий. Например, на Западе оно известно как «количественный анализ рельефа» (quantitative terrain analysis), «геоморфометрия» (geomorphometry) или количественная геоморфология.

Компьютерная обработка массивов данных по территории и цифровые модели рельефа произвели целую революцию и в корне изменили подход к двум основным функциям моделирования – топографический анализ и визуализация. Появившиеся вслед за этим геоинформационные системы и технологии пошли еще дальше в этом направлении, предоставив возможность сочетать результаты моделирования и нетопографические тематические данные.

При разработке моделей почвенного покрова объём, точность и упорядоченность исходной информации в решающей степени определяют их адекватность оригиналу и возможности использования.

В основе формализованного описания сложных систем лежит выбор главных переменных величин, отражающих состояние объекта. Их выбор – один из важнейших этапов системного анализа и моделирования. Цель построения модели – прежде всего, нахождение наименьшего числа из существующих факторов, определяющих основные черты исследуемого объекта, а затем составление максимально простого его математического описания. Простота модели является важным её преимуществом не только с точки зрения доступности широкому кругу специалистов. Практика доказывает, что эффективность модели находится в обратной зависимости от её сложности, быстро убывая с ростом последней. Это вынуждает весьма существенно огрублять модели, порой частично жертвуя точностью и корректностью ради того, чтобы обеспечить хотя бы приближенное решение задачи. Чрезмерная точность модели на практике не менее вредна, чем её неполнота или грубость.

В то же время адекватное описание почв требует учёта всех их основных свойств. Для построения моделей почвенного покрова желательно на первом этапе максимальное расширение набора показателей, а на втором – его сокращение, исходя из их фактической значимости и взаимной корреляции.

Ведущие ученые считают, что те многочисленные показатели, которые в настоящее время являются первичными для моделирования почвенного покрова, на самом деле таковыми не являются, они просто более доступны для измерения. Настоящие первичные фундаментальные характеристики почв бывают трудноизмеримы; кроме того, недостаточно изучены их количественные связи с плодородием.

В основе системы методов интерпретации лежат системный подход и сравнительно-экологический метод – сопоставление почв, формирующихся при разных комбинациях факторов почвообразования и их характеристик.

Предложение решить одну из важных концептуальных проблем генетического почвоведения картографическим методом мотивируется возможностью интерпретации многих слоев информации, причем в разнообразных сочетаниях «весов» разных компонентов в совмещаемых компьютерных обзорных картах.

Провести строгое решение задачи реконструкции почвенной карты территории, учитывающее все взаимосвязи между природными свойствами почв сложно, так как широк спектр входящих в него переменных и далеко не всегда известны математические функциональные зависимости их связывающие. Задача заключается в том, чтобы ограничить множество анализируемых параметров, в роли которых выступают почвообразующие факторы территории населенного пункта. Решение задачи сводится к оценке интегральной картины проявления почвообразующих факторов с помощью многокритериального районирования – разделение на области с определенным набором параметров исходных

факторов. В настоящее время этот подход к интегрированию разнородной пространственно-привязанной информации является одним из наиболее развитых и широко используется на практике [2].

Ретроспективный метод почвенного картирования обеспечивает системное технологическое решение задачи оценки качества почвенного покрова населенного пункта, на основе алгоритмов кластерного анализа (многокритериального районирования).

Основой системы служит модель состояния, отражающая в параметрической форме совокупность структурно-функциональных свойств какой-либо почвы. Эта модель может выражать прошлое в ретроспективе, текущее или будущее (ожидаемое) состояние почв.

Система дает возможность определения значений всех почвообразующих факторов на территории, содержит соответствующую базу данных и позволяет построить результатирующую почвенную карту с полной картиной типов и подтипов почв.

Верификация полученной картографической модели может быть осуществлена путем сопоставления с почвенной картой, полученной другими методами, или с мелкомасштабными картами почвенного районирования.

Создаваемая почвенная карта является результатом математико-картографического моделирования и относится к категории цепочкообразных моделей, в которых каждый новый элемент создается на основе результата реализации предыдущего элемента – элементарного звена. Такое конструирование многоступенчатой модели позволяет на каждом этапе корректировать набор показателей. Построение модели осуществляется в три этапа:

- этап анализа с помощью метода главных компонент (МГК) для получения сжатых факторов;
- этап проведения кластерного анализа сжатых факторов (главных компонент), полученных на первом этапе;
- анализ выделенных однородных групп (объектов) МГК для определения наиболее значимых характеристик операционно-территориальных единиц (ОТЕ) для каждого выделенного класса [3].

Технологический процесс обработки является пошаговой процедурой. Сначала проводится анализ МГК, результатом которого являются интегральные показатели, затем на их основе осуществляется районирование, которое реализуется с помощью аппарата кластерного анализа, результаты интерпретируются. В результате проведения многокритериального районирования формируются близкие по значениям природных свойств почвы районы. На последнем шаге, с помощью МГК анализируются выделенные однородные группы ОТЕ для определения параметров, наиболее значимых для своей группы (класса).

Возможность создания автоматизированных комплексов моделирования почвенных карт появилась в связи с распространением новых методов картирования, а именно ГИС-технологий.

Целью создания комплексов является достижение более высокого уровня земельно-оценочного районирования при проведении кадастровой оценки земель населенных пунктов.

При этом в комплексе решаются следующие задачи:

- автоматизация технологии ретроспективного воссоздания почвенной карты населенного пункта;
- создание унифицированной электронной базы данных информации о факторах поч-

вообразования;

- автоматизация статистической обработки данных, необходимых при земельно-оценочном районировании.

Структура комплексного пакета представлена двумя иерархическими уровнями: топографические и тематические исходные карты, характеризующие состояние земель по факторам почвообразования и карты, полученные на основании комплексного анализа исходной информации.

При анализе литературы, освещающей научные исследования в области цифрового картографирования и источников, его регламентирующих, нам не встретилось описания технологии получения цифровых ретроспективных почвенных карт.

Наибольшее количество новых публикаций, включая монографии, посвящено отдельным проблемам и подходам к автоматизации картографических работ. Задачей настоящего исследования является разработка технологии моделирования процесса почвообразования с целью создания ретроспективной почвенной карты.

Цифровая технология воссоздания почвенной карты земель населенных пунктов включает семь последовательных этапов и позволяет визуализировать результаты комплексного анализа в виде тематической почвенной карты.

Построенная с помощью методов многомерного статистического анализа модель формирования почв отражает совокупность и связь структурно-функциональных свойств почвообразования и состояние почвенного покрова территории в ретроспективе.

Разработанный метод был апробирован в процессе кадастровой оценки земель в десяти городах. При этом в качестве объекта настоящего исследования выбрана территория города Усть-Каменогорска.

Окрестности города Усть-Каменогорска можно отнести к предгорной лесо-лугово-степной и степной природным зонам.

Рельеф территории характеризуется значительным разнообразием форм и гипсометрических высот. В целом рельеф характеризуется рядом особенностей, связанных как с геологическими, так и с экзогенными причинами. Пространственное распространение многочисленных форм рельефа связано в основном с древней и современной вертикальной природной зональностью.

Почвообразующими породами служат рыхлые поверхностные отложения коры выветривания, из которых и на которых развиваются почвы. Ими на исследуемой территории являются различные по генезису четвертичные и отчасти рыхлые третичные отложения.

Вертикальная, отчасти широтная, зональность и другие закономерности климата, обусловленные закономерностями рельефа, географическим положением города, одновременно определяют вертикальную и отчасти горизонтальную зональность пространственного размещения всего ландшафта в целом, включая рельеф, почвообразующие породы, грунтовые воды, растительность, наземных и почвенных животных, а также почвы, как зеркало всего ландшафта.

Сам город Усть-Каменогорск расположен в зоне приречных лугов на лугово-пойменных и лугово-солончаковых почвах, северные и северо-восточные его окрестности принадлежат к горным злаково-разнотравным степям на черноземах, а южные и юго-западные окрестности – это горные сухие степи на темно-каштановых почвах.

В результате моделирования почвообразовательных процессов на территории города были выделены четыре кластера. Визуализация полученных результатов средствами ГИС

была осуществлена благодаря тому, что образы, составляющие найденные классы, - это «узловые точки» исследуемой территории, т.е. операционно-территориальные единицы.

В географическом пространстве самый многочисленный класс по параметрам почвообразования определяется как лугово-черноземные почвы.

Второй класс на тематической карте представлен в виде небольших областей, рассеянных в пространстве. Следует отметить, что границы данного класса совпадают с границами районов, выделенных в результате оценки геоморфологических условий территории города, которые определены как сложные и очень сложные. Класс диагностируется как горные черноземы.

Третий класс в территориальном отношении представлен целостным компактным образованием в пойме рек города. При наложении границ класса на границы районов, выделенных в результате оценки гидрогеологических условий города, границы совпадают. Данный класс – пойменные луговые темные почвы.

Четвертый класс занимает самую северную часть территории города, а также небольшую часть в виде анклава на юго-востоке. Границы класса совпадают с границами районов, выделенных в результате оценки геологических условий города. Класс определяется как черноземы обыкновенные.

Анализ выделенных однородных групп ОТЕ методом главных компонент дал возможность установить наиболее значимые факторы почвообразования для каждого полученного класса.

На первую главную компоненту самого многочисленного класса влияние почти всех факторов имеет очень большое значение. На первую главную компоненту для трех остальных классов наибольшее влияние оказывает фактор «угол наклона местности». Поэтому этот фактор следует рассматривать как существенный для всех четырех классов территории города.

Во втором классе наибольшее влияние на вторую главную компоненту имеет фактор «влажность грунтов», в третьем – фактор «уровень залегания подземных вод», а в четвертом – «фильтрация грунтов».

В результате проведения комплексного анализа и математического моделирования была создана реконструированная карта почвенного покрова, которую предполагается использовать для бонитировки и кадастровой оценки земель населенных пунктов.

Также разработанный метод может служить основой прогнозирования, планирования и проектирования различных проектов обустройства и развития территорий.

Список литературы

1. Максимов В.А. Кадастровая оценка недвижимости. – Усть-Каменогорск: ВКТУ, 2000. – 126 с.
2. Герасимова М.И. Методические подходы к картографической оценке климата как фактора почвообразования / М.И. Герасимова, И.С. Алябина, И.С. Урусовская, С.А. Шоба, В.О. Таргульян // Вестник МГУ. Сер. 17, Почвоведение. – 2000. – № 4. – С. 9-14.
3. Полищук Ю.М. Геоинформационный подход к анализу многомерных данных о пространственно-распределенных объектах / Ю.М. Полищук, Т.О. Перемитина // Геоинформатика. – 2003. – № 1.

Получено 20.08.07.

М.С. Рафаилович, С.С. Айтбаева

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВА ГИГАНТСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ЧЕРНОСЛАНЦЕВОГО ТИПА КАЗАХСТАНА И СРЕДНЕЙ АЗИИ

Гигантские месторождения золота в черносланцевых толщах – удивительный, до конца непознанный природный феномен, важнейшее коммерческое сырье.

В настоящей статье приводится сравнительный анализ эталонных месторождений золота черносланцевого типа Кыргызстана (Кумтор), Узбекистана (Мурунтау) и Восточного Казахстана (Бакырчик) с выделением наиболее представительных критериев их прогноза и оценки.

Месторождение Кумтор. Золото-сульфидное месторождение Кумтор расположено на территории Срединного Тянь-Шаня в рифтогенной структуре рифей-вендского возраста, секущей выступ кристаллических пород нижне среднего протерозоя. Рифтогенные отложения представлены тремя комплексами: подстилающим вулканогенно-терригенным, рудовмещающим углеродисто-терригенным и перекрывающим карбонатно-терригенно-кремнистым. Отложения рудовмещающего комплекса (джетымтауская свита) отличаются повышенной углеродистостью (1,5-4,0 %), известковистостью, сингенетической рассеянной сульфидной минерализацией, аномальным геохимическим фоном Au, W, Ag, платиноидов (десятка кларков) [1, 3, 7, 10 и др.]. Углеродистые алевролиты и филлиты смяты в изоклинальные складки, осложнены надвигами, дислокационными преобразованиями – миллионитизацией, гофрировкой, будинажем. Рудоносная зона смятия протяженностью до 1200 м и мощностью 300-400 м падает на юго-восток под углами 45-60°. На юго-восточном фланге рудного поля расположен скрытый массив гранитоидов среднего карбона, синхронный формированию золотого оруденения. На самом месторождении отмечаются редкие дайки среднего и кислого состава.

Золото-сульфидные залежи локализуются в зонах гидротермального преобразования углеродистых филлонитов. Главные типы изменений: калишпатизация, альбитизация, серicitизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация. Рудные тела – послойные, реже секущие, жило- и пластиообразные, линзо- и лентовидные, мощностью от десятков метров до 100-150 м и вертикальным размахом до 600-1000 м и более. Текстуры руд – вкрапленные, прожилково-вкрапленные, сетчато-прожилковые, полосчатые, пятнистые, брекчийевые.

Основные рудные минералы – золотоносный пирит (кубы, октаэдры, пентагонододекаэдры, губчатые выделения; среднее содержание в руде 10-20 %; золота в пирите 30-400 г/т, иногда до 1500 г/т), шеелит, гематит; подчиненные – халькопирит, марказит, пирротин, сфалерит, кобальтин, арсенопирит, галенит, тетраэдрит, висмутин, тетрадимит, теллуриды Au и Ag, самородные Au и Ag и др. Нерудные минералы – карбонаты (сидерит, анкерит, доломит, кальцит), ортоклаз, альбит, антраксолит, кварц, хлорит, барит, флюорит, стронцианит. Главный компонент руд – золото (среднее содержание 4,4 г/т). Серебро – попутно извлекаемый элемент. Промышленный интерес могут представлять W, Se, Te, платиноиды, S.

Процесс рудообразования включает два этапа: ранний рифей-вендский, характеризующийся отложением металлоносных углеродистых осадков джетымтауской свиты, и

поздний среднекаменноугольный, связанный с коллизионной стадией (гранитоидный магматизм, метаморфизм, гидротермальный метасоматоз).

Образование золотой минерализации сопровождалось перераспределением органического вещества: осветленные внутренние части золотоносных зон содержат реликты тяжелого углерода (0,1-0,5 %), внешнее обрамление (участки тектонического брекчирования за контурами рудных тел) обогащено легким углеродом – до 10-18 % [7].

Рудо- и ореолообразующие элементы: ведущие – Au, W, Ag, Ba, Cu, платиноиды; подчиненные – Mn, Cr, Ni, Co, Mo, As, Bi, Se, Zn, Pb, F, Sb, Hg. Морфология геохимических ореолов – струйчатая, полосчатая, лентовидная, согласующаяся с напластованием вмещающих пород, формой и условиями залегания рудных залежей. Вертикальная геохимическая зональность (ВГЗ) эндогенных ореолов: Co – Ni – Cr – W – Mo – Cu₁ – Bi₁ – As – Au – Ag₁ – Te – Bi₂ – Se – Cu₂ – Zn – Pb – Ag₂ – Sb – Sr – Ba – Hg [1]. Контрастным показателем зональности является отношение произведений содержаний элементов, представленных: в числителе – Zn, Pb, Ag, Ba, Sb, Sr и Hg, в знаменателе – Co, Ni, Cr, W, Mo, Cu и Bi. С глубиной значения этого показателя снижаются на три порядка через каждые 100 м. Вертикальная минералогическая зональность: кобальтин – шеелит – теллуриды никеля – пирит I – арсенопирит – самородный висмут – самородное золото – теллуриды Au и Ag – пирит II – теллуриды Cu, Bi, Pb и Ag – селениды – самородное серебро – кюстелит – галенит – сфалерит – блеклые руды – барит – стронцианит – сульфосоли Hg. Индикатором эрозионного среза руд служит типоморфизм пирита. Кубический пирит надрудно-верхнерудных горизонтов обогащен As, Pb, Zn, Sr, Ba. Пентагондодекаэдрические кристаллы пирита средних горизонтов концентрируют Au, Ag, Se, Te, Bi. На глубоких горизонтах развиты пириты октаэдрического габитуса, содержащие W, Cr, Ni, Co.

Месторождение Мурунтау. Золото-сульфидно-кварцевое месторождение Мурунтау – один из крупнейших рудных объектов в мире, образец крупнообъемного многокомпонентного оруденения в черносланцевых толщах раннего палеозоя. Сверхглубокой скважиной СГ-10 (глубина 4296 м) обоснован значительный вертикальный размах оруденения (не менее 2,5-3,0 км), вскрыт Мурунтауский погребенный интрузив лейкогранитов [4].

Месторождение расположено в Центральных Кызылкумах на восточном фланге Южно-Тамдытуской рудной зоны [2, 4]. Золотое оруденение локализовано в едином метатерригенном комплексе O₂-S₁ возраста – бесапанской свите дислоцированных тонкослоистых углеродсодержащих песчаников и алевролитов (А.К. Бухарин, И.А. Масленникова и др.). Отложения бесапанской свиты согласно залегают на вулканогенно-кремнисто-карбонатной таскаганской свите (€-O₁) и трансгрессивно перекрыты девонско-каменноугольными карбонатными осадками. В составе бесапанской свиты выделяются четыре подсвиты: черный O₂, серый O₂₋₃, пестрый O₃-S₁ и зеленый S₁ бесапаны. Отличительными особенностями пестрого бесапана, концентрирующего основной объем золотых руд, являются: слабо выраженная гранулометрическая дифференциация и низкая окатанность обломочного материала; наличие зерен фельзитов, спилитов, андезитов; присутствие осадочно-диагенетического, кластогенного пирита (от 0,0 п до 3-5 %, в отдельных прослоях до 15-20 %) с микровключениями самородного золота, арсенопирита, галенита, сфалерита, блеклых руд; углеродистое вещество ряда керит-антраксолит-шунгит-битумоиды (до 3-5 %, в тонкообломочных наиболее обогащенных углеродом породах до 8-10 % и более), низкая фация метаморфизма (зеленые сланцы).

Магматические образования (поздний палеозой) представлены дайками сиенито-

диоритовых порфиритов (Мурунтауский интрузивный комплекс), Мурунтауским скрытым интрузивом лейкогранитов, дайками пегматитов, аплитов и лейкогранитов, развитыми в надинтрузивной зоне скрытого массива. Месторождение Мурунтау – яркий пример мезотермальных золоторудных объектов надинтрузивной зоны [2]. Оно приурочено к пересечению флексурного перегиба пород пестрого бесапана с крутопадающими разрывами северо-восточного и субширотного направлений.

Месторождение представляет слабоэродированный гигантский штокверк с сочетанием пологозалегающих субсогласных и крутопадающих секущих рудных зон. Штокверковые залежи, выделенные по бортовому содержанию золота 2,0 г/т (среднее содержание в карьере 3,7 г/т), состоят из комбинаций простых и сложных кварцевых жил, зон жильно-прожилкового окварцевания, прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд в гидротермально измененных породах.

Гидротермальные изменения подразделяются: на додайковые биотит-полевошпат-кварцевые и последайковые кварц-хлорит-альбитовые, кварц-сертицитовые, углеродистые и аргиллизитовые [2, 4, 10]. С додайковыми площадными кремнешелочными изменениями связана максимально продуктивная (80-90 % промышленных запасов) золото-шеелит-карбонат-калишпат-кварцевая минеральная ассоциация (самородное золото, шеелит, молибденит, минералы Ви, арсенопирит). С последайковыми метасоматитами сопряжены менее продуктивные золото-пирит-арсенопирит-кварцевая, полиметаллическая карбонат-кварцевая, серебро-адуляр-карбонат-кварцевая, антимонит-пирит-карбонат-кварцевая, антимонит-пирит-кальцитовая, киноварь-кварц-диккитовая ассоциации.

Самородное золото подразделяется на кластогенное, хемогенное, метаморфизованное, связанное с углеродистыми минералами, гидротермалитами, кварцевыми жилами и штокверками. Самородное золото I додайковой ассоциации (дендриты, октаэдры, пластиначатые, губчатые, прожилковые, комковидные выделения) имеет высокую пробу 840-940. Самородное золото II последайковой золото-пирит-арсенопирит-кварцевой ассоциации (пылевидные, угловатые, пластиначатые формы) отличается пониженной пробностью 749-873. Золото III, образующее срастания с полиметаллическими сульфидами (галенитом, сфалеритом), характеризуется пробностью 355-732. Высокосеребристое золото IV и кюстелит (проба 285-355) ассоциируют с поздними серебряными минералами [4].

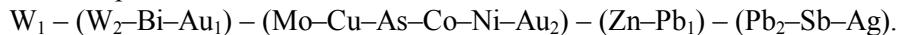
Руды и гидротермалиты характеризуются длительным (по И.М. Голованову, десятки млн лет) и полистадийным формированием, контрастным спектром элементов, разнообразием видов и векторов геохимической зональности. Ведущие элементы месторождения – Au, W, Bi, Mo, As, Ag, U, металлы платиновой группы; подчиненные – Mn, V, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Sb, Ba, Hg, Se, В и др. Поликомпонентная геохимическая специализация характерна для всего разреза пестрого бесапана (Au, W, As, Mo и др.). Метаалевролиты и метаалевропелиты имеют наиболее высокие средние содержания Au (соответственно 76 и 32 мг/т). Кероген и сингенетический пирит в породах пестрого бесапана обогащены Au – соответственно 0,9-1,4 и 0,1-1,0 г/т. Кремнисто-щелочные метасоматиты, развитые по дислоцированным углеродистым осадкам, содержат Au 0,15-1,2 г/т [4].

Интрузивные породы также отличаются аномальным геохимическим фоном. Дайки сиенито-диоритовых порфиритов (мурунтауский комплекс), пегматитов, плагиогранит-порфиров специализированы на Au, Ag, As, Bi, W, Mo, Cu, Pb, Zn; лейкограниты верхней части Мурунтауского скрытого интрузива – на Ag, Bi, W, Mo, U.

Геохимические ассоциации образуют следующий регрессивный ряд: дорудная

Ni–Co–Mn–Cu (стадия прогрессивного plutонометаморфизма); ранняя урановорудная Mo–V–U (развита в породах таскаганской свиты на глубинах 2–3 км); золоторедкометалльная продуктивная додайковая Au–W–Mo–Bi–As (в связи с кремнешелочным метасоматозом); золотопродуктивная последайковая Au–As–Ni–Co–Zn (золото-пирит-арсенопирит-кварцевая); поздне- и пострудные Au–Pb–Zn–Ag–Bi (золото-полиметаллическая), Au–Ag (золото-серебро-адуляр-кварцевая), Ag–Pb–Sb–Hg–Ba (антимонит-киноварь-кварц-кальцит-барит-аргиллизитовая).

По С.В. Григоряну, осевая геохимическая зональность месторождения выглядит следующим образом: W, Mo, Co, Ag₁, Au – Bi – As – Cu, Zn, Pb, Ag₂. По Э.Б. Берману, ряд ВГЗ эндогенных ореолов таков:



Генерализованная модель ВГЗ месторождения Мурунтау представляется в следующем виде: U–Mo–V (уреноносная ассоциация в корневой части месторождения) → Ni, Co, Cu, W, Mo, As, Au₁ («сквозные» высокотемпературные дорудная и ранняя рудная золото-кварц-редкометалльная ассоциации) → Ni, Co, As, Zn, Au₂ («сквозная» рудная среднетемпературная золото-пирит-арсенопирит-кварцевая ассоциация) → Zn, Pb, Ag, Sb, Ba, Hg, В (заключительные средне- и низкотемпературные ассоциации на верхних выклиниках и флангах рудных залежей) [10].

Месторождение Бакырчик. Золото-сульфидное месторождение Бакырчик расположено в Калбинском регионе Восточного Казахстана. Оруденение залегает в углеродисто-терригенных породах бакырчикской (по Н.А. Фогельман) свиты каменноугольного возраста (алевролитах, аргиллитах, песчаниках), содержащих рассеянную сульфидную (пирит, реже пирротин), карбонатно-железистую (сидерит, анкерит) и фосфатную минерализацию. Характерны рудоносные тектоново-гравитационные микститовые слои – грубокластические, несортированные и нестратифицированные комплексы пород, обломки которых (песчаники, алевролиты, сланцы) сцеплены углисто-глинистым материалом, игравшим важнейшую роль в формировании золотой минерализации [6]. Диагенетические и ранние метаморфические изменения относятся к цеолитовой фации. В тектонитах присутствуют метаморфогенные вкрашенные и прожилковые новообразования серицита, кварца, карбонатов, шунгита, хлорита, дисульфидов железа. Главная структура месторождения – Кызыловская зона смятия, милонитизации, кливажа и приразломной дисгармонической складчатости мощностью 80–120 м, падающая на север, северо-запад под углами 30–50°. Рудоконтролирующими являются участки тонкого переслаивания углистых алевролитов и песчаников, каркасы разрывов северо-западного и субширотного направлений (надвиги, сдвиги-взбросы). Магматические образования – гранитоидный массив, скрытый под месторождением на глубине 3,0–3,5 км, и дайки базальтоидов, гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров, отмечающиеся в зоне рудоносного надвига.

На месторождении развиты углеродисто-серicitолитовая, каолинит-гидрослюдистая, кварц-серicitовая, серicit-флогопит-карбонатная, хлорит-альбитовая метасоматические ассоциации [5, 10, 11]. Ведущий тип гидротермальных изменений – углеродисто-серicitолитовый. Общее количество углерода от 0,3 до 26,5 %, среднее в терригенных породах 0,3–1,0 %, в рудных зонах 2,5–6,0 % (Л.Г. Марченко). Углерод представлен окисленной (карбонаты) и восстановленной (антраксолит, шунгит, керит, битумоиды) формами.

Карбонаты образуют метасоматические тела различного состава (доломитовые, доло-

мит-анкеритовые, брейнеритовые). Керит-антраксолит-шунгиты и битумоиды имеют «сквозное» развитие в рудоносной толще. В ореольном пространстве преобладают спиртобензольный битумоид, в рудных телах – хлороформенный. По данным электронографии, хромотографии, термического анализа в рудной зоне присутствуют графит и карбин [5, 6].

Метасоматическая зональность месторождения выглядит следующим образом. Углеродисто-каолинит-гидрослюдистые метасоматиты проявлены на верхних горизонтах, углеродисто-серицитолитовые изменения распространены повсеместно (максимально выражены в центральной части), серицит-флогопит-карбонатная (с апатитом и турмалином) ассоциация занимает нижние уровни. Развитые на глубоких горизонтах карбонатные скопления (брейнерит, анкерит, доломит) ассоциируют с кварцем, самородным золотом, халькопиритом, шеелитом. В надрудной и верхнерудной зонах распространены альбит-хлоритовые изменения (10-20 %) [11].

Ведущий промышленный тип руд – золото-сульфидный вкрашенный и прожилково-вкрашенный с количеством сульфидов до 10-20 %, иногда более. Рудные тела ленточной, линзовидной и жилообразной форм значительной мощности прослежены на глубину более 1,0-1,5 км. Рудные минералы образуют пять парагенетических ассоциаций: дорудную мельниковит-пирит-пирротин-марказитовую (с никелином, пентландитом); рудные золото-пирит-арсенопиритовую (с кубанитом, герсдорфитом), золото-кварц-полиметаллическую (с блеклой рудой, халькопиритом, галенитом, сфалеритом) и золото-кварц-карбонат-шеелит-халькопиритовую (с брейнеритом, доломитом, айкинитом, свободным золотом); пострудную кварц-карбонат-антимонит-тетраэдритовую (с марказитом, переотложенным золотом). Золото-пирит-арсенопиритовая ассоциация имеет "сквозное" распространение, мельниковит-пирит-пирротин-марказитовая и золото-кварц-карбонат-шеелит-халькопиритовая развиты на больших глубинах, золото-кварц-полиметаллическая и кварц-карбонат-антимонит-тетраэдритовая тяготеют к средним и верхним горизонтам. В суммарном балансе золота ведущее значение (более 90 %) имеет вкрашенная и прожилково-вкрашенная золото-пирит-арсенопиритовая ассоциация. На верхних горизонтах пирит преобладает над арсенопиритом (соотношение 3,5:1), на средних и глубоких пирит подчинен (1:3). В стволовой зоне преобладают сложные формы пирита ($\{210\}$, $\{210\}+\{100\}$, $\{100\}+\{111\}$), в корневой и апикальной – кристаллы кубического габитуса. Пириты содержат микровключения самородного золота, арсенопирита, халькопирита, галенита, блеклых руд. Для арсенопирита свойственны игольчатые, призматические, столбчатые кристаллы. Пириты и арсенопириты содержат Au (пириты десятки, редко сотни г/т; арсенопириты сотни г/т), Sb (до 0,0n-0,1n %), Pb (до 0,1n %), Cu (до 1,0-1,5 %), Ag (первые г/т), Sn, Mo, W, Bi (тысячные, сотые доли %). Содержания As в пирите сверху вниз снижаются более, чем в 5 раз (1,0-1,5 % на верхних горизонтах, 7-8 % на нижних). Самородное золото имеет пленочную, каплевидную, шаровую, амебообразную, комковую, дендритоподобную, жилковидную формы. Ведущее значение имеют микроскопические и субмикроскопические пыле- и амебовидные выделения золота в пирите и арсенопирите. Подчиненными являются свободное комковидное золото в кварц-полиметаллическом и кварц-карбонат-шеелит-халькопиритовом парагенезисах, и тонкое переотложенное золото, ассоциирующее с поздними кварцем, антимонитом, тетраэдритом. Золото-пирит-арсенопиритовые руды, по В.А. Нарссееву и В.Н. Матвиенко, содержат ассоциацию тонкодисперсных интерметаллидов Pt-Au-Ni, никелистого золота и сульфо-

арсенидов никеля.

Изучение изотопного свинца сульфидных минералов (пирита, арсенопирита, галенита) и различных фаз органического вещества показало, что процесс формирования месторождения растянут на сотни млн лет с неоднократной ремобилизацией и переотложением полезных компонентов на геохимическом и структурном барьерах бакырчикской свиты. Образование рудных компонентов включало пять этапов: \mathbb{E}_1 (560 ± 18 млн лет), O_3-S_1 (447 ± 10 млн лет), C_2 (320 ± 15 млн лет), T_1 (230 ± 20 млн лет) и K_2 (100 ± 25 млн лет) [9].

Геохимическую специализацию месторождения определяют Au, As, Sb, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, W, Sn, Bi, Co, Ni, V, P и др. Широко распространены следующие элементные ассоциации (в скобках соответствующая минеральная ассоциация): «сквозная» Au-As (золотопирит-арсенопиритовая), верхнерудно-надрудная Au-Sb-As (кварц-карбонат-антимонит-тетраэдритовая), среднерудная Cu-Pb-Zn (халькопирит-сфалерит-галенит-блеклорудная), средне-нижнерудная As-Ni-Co (совмещенные пирит-пирротин-марказитовая и пирит-арсенопиритовая) и нижнерудная W-Cu-Mo (кварц-карбонат-шеелит-мolibденит-халькопиритовая). Элементы подразделяются: на контрастные Au, As, Sb, W (сотни-первые тысячи кларков), менее контрастные Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Co, P (единицы-первые десятки кларков) и слабоконтрастные Sn, Bi, Ni, V (единицы кларков). Содержания Au в околоврудных ореолах $0,01\text{--}1,0$ г/т, в рудных телах первые г/т-25 г/т (среднее по месторождению 9,4 г/т). Содержания As соответственно равны 0,005-0,6 % и 0,7-1,4 % (0,9 %). Для Sb, развитой на верхнем горизонте, характерны концентрации 0,00 n-0,0 n %, редко 0,2-0,3 %. Содержания W на средних и верхних горизонтах 0,00 n-0,0 n %, на глубоких до 0,1-0,3 %. Положительные корреляционные связи образуют пары Au-As, As-Sb, Cu-As, Cu-W, Cu-Co, Co-Ni.

Рудные тела, слагающие Бакырчикское поле, имеют пучкообразную морфологию и объемно-концентрическую геохимическую зональность (М.С. Рафаилович, М.М. Столова, Ю.И. Новожилов и др.). В вертикальной плоскости выделяются зоны: верхняя Sb-Au-As, первая промежуточная Au-As-Sb (с W), вторая промежуточная Au-As (с W) и нижняя Au-W-As (Cu, Mo) [8]. Отмечается два вектора геохимической зональности: центробежная вертикальная (вектор ориентирован по восстанию рудного пучка) и центростремительная горизонтальная (от флангов к центру). Основными запасами золота (более 80 %) и высококонтрастной геохимической зональностью характеризуется Главное рудное тело, расположенное в осевой зоне пучка. Ряд ВГЗ руд и эндогенных ореолов: V, Ni, Co, Cr – Sn, Zr, Cu, Mo, W – As₁, Au – Zn, Pb, Ag – Sr, Ba – Sb, Hg. С этим рядом согласуется упорядоченность элементов-индикаторов в пирите и арсенопирите (снизу вверх): Sn, Bi, As, – Ni, Co, Mo – Cu, Zn, Pb – Ag, Sb.

Сравнительный анализ обнаруживает удивительное сходство месторождений Кумтор, Мурунтау и Бакырчик, единый минералого-геохимический сценарий их зарождения и эволюции. Выделим наиболее выразительные региональные и локальные критерии прогноза и поисков гигантских месторождений золота черносланцевого типа.

Длительная рудоподготовка (предыстория), многоступенчатость, полихронность, металлогеническая преемственность рудообразующих процессов, формирование месторождений в мезотермальной обстановке на протяжении десятков, первых сотен млн лет при эстафетно-унаследованном взаимодействии нескольких источников и механизмов концентрирования благородного металла (осадочно-диагенетического, метаморфогенного, флюидно-магматогенного).

Знаковые рудоконтролирующие структуры – зоны смятия, рассланцевания, будинажа, надвиги, межслоевые срывы, развивающиеся на определенных гипсометрических уровнях углеродсодержащих толщ, обеспечивающие, при благоприятном сочетании тектонического, магматического и физико-химического факторов, формирование крупнообъемных рудных тел (мегаштокверки, многотоннажные минерализованные зоны) большой вертикальной протяженности (не менее 1,0-1,5 км).

Золоторудные эталоны черносланцевого типа сходны между собой по геолого-геофизическим параметрам и условиям локализации относительно глубинных структур. Рудовмещающая система золото-сульфидно-кварцевого месторождения Мурунтау (пестрый бесапан в сочетании с сульфидно-полевошпат-кварцевыми метасоматитами) характеризуется повышенным магнитным полем. Наиболее магнитны сульфидизированные алевролиты и сланцы. Центральная часть Мурунтауского поля (месторождение Мурунтау) отличается пониженной плотностью и поляризумостью, фланги (месторождения Бесапантау, Мютенбай, Триада) – высокой поляризумостью. Золото-сульфидные гиганты Кумтор и Бакырчик находят отчетливое отражение в магнитном и электрическом полях. Характерная позиция рассматриваемых гигантов – приуроченность к зонам резких градиентов положительных и отрицательных аномалий магнитного и гравитационного полей, отражающих повторяющиеся структурные и вещественные неоднородности земной коры: выступы пород докембрийского и раннепалеозойского фундамента, глубокие прогибы с терригенным и углеродисто-терригенным материалом, «висячие линзы базификации», скрытые термальные купола (М.М. Константинов, В.Д. Борцов, П.С. Ревякин, В.Н. Любецкий, Ю.В. Нечаев и др.).

Слабая гранулометрическая дифференциация и низкая окатанность обломочного материала углеродсодержащих толщ (джетымтауская, бакырчикская свиты, пестрый бесапан); тектоно-гравитационные микститы; углеродистое вещество керит-антраксолит-шунгит-битумоидного ряда; кластогенное золото, пирит и пирротин; сингенетическая специализация пород на Au, W, As, U, P, платиноиды; низкие фации метаморфизма (зеленосланцевая, цеолитовая); многоплановая роль субстрата по отношению к оруденению (ресурсная, барьера, структурообразующая и др.).

Парагенезис, пространственное сочетание золотого оруденения с дифференцированным коллизионным магматизмом пестрого состава С-Р возраста. На уровне корневых частей рудные залежи через систему глубинных разломов связаны с апикальными выступами гранит-плагиогранит-лейкогранитовых plutонов, на верхнем горизонте руды со-пряжены с дайковыми образованиями среднего, кислого и субщелочного состава (мурунтауский, кунушский комплексы).

Для гигантов черносланцевого типа характерны колоссальные масштабы метасоматоза, изменчивый состав измененных пород, упорядоченная метасоматическая зональность с наличием во всех объектах стволовой, апикальной и корневой метасоматических зон. Столовая зона сложена кварц-серицитовыми или кварц-серицит-хлоритовыми гидротермалитами, апикальная зона – кварц-диккитовыми, кварц-каолинитовыми, хлорит-альбитовыми породами, корневая – высокотемпературными калишпатитами, карбонатсодержащими (брейнерит, анкерит, железистый доломит) образованиями. Углеродистое вещество при метасоматозе мигрирует с переотложением на флангах рудных залежей («шунгитовые чехлы», «участки обогащения легким углеродом» и др.).

Полная эволюция минералообразования со следующими общими стадиями: дорудной

пирит-пирротин-марказит-никелин-кобальтин-герсдорфитовой, рудными золото-редкометалльной (самородное золото, шеелит, молибденит, висмутин, халькопирит, теллуриды), золото-пиритовой или золото-пирит-арсенопиритовой, золото-серебро-кварц-сульфосольно-блеклорудно-полиметаллической, заключительной позднерудной (или пострудной) кварц-карбонат-марказит-антимонит-тетраэдритовой (с переотложенным тонким золотом, минералами Sr, Hg, Ba). Характерны перекристаллизация минеральных агрегатов, структуры распада, реакционные и гибридные соединения, коррозионные и цементные структуры, микропарагенезисы в минералах-концентраторах. Нерудные минералы (кварц, карбонат) имеют не менее 3-4 генераций при значительном температурном диапазоне (420-75 °C) [10].

Контрастные геохимические поля, широкий спектр элементов (не менее 15-20), однотипная высокодифференцированная ВГЗ с четырьмя реперными зонами: подрудно-нижнерудной (Co, Ni, V, Cr, Mo, W), среднерудной (As, Cu, W, Bi, Te), верхнерудной (Ag, Zn, Pb, Sb, As) и верхнерудно-надрудной (Ba, Sr, B, Sb, Hg). Золото в рядах ВГЗ занимает две позиции: нижне-среднерудную (золото-редкометалльная ассоциация) или среднерудную (золото-пирит-арсенопиритовая, золото-пиритовая, золото-теллуридная ассоциации). Геохимический индикатор месторождений Мурунтау, Кумтор и Бакырчик – повышенные, до промышленных, концентрации платиноидов [3, 4, 10 и др.].

Список литературы

1. Аникин С.И. Геология и минералого-геохимические особенности золото-теллур-редкометалльного оруденения в углеродистых толщах венда Кумторского рудного поля (Срединный Тянь-Шань) // Автореф. дис. канд. наук. – Бишкек, 1992. – 22 с.
2. Голованов И.М. Сопоставление комплексных прогнозно-поисковых моделей золото-кварцевого (Мурунтау) и золото-медно-порфирового (Кальмакыр) типов месторождений // Состояние и проблемы совершенствования методики локального прогнозирования рудных месторождений. – Ташкент, 1999. – С. 44-49.
3. Ермолаев Н.П. Платиноиды в черных сланцах Средней Азии / Н.П. Ермолаев, В.А. Чиненов, В.Л. Хорошилов // Отечественная геология. – 1994. – № 4. – С. 3-11.
4. Золоторудное месторождение Мурунтау. – Ташкент, 1998. – 540 с.
5. Марченко Л.Г. Метасоматические критерии оценки перспектив золотого оруденения в терригенно-углеродистых формациях / Л.Г. Марченко, Ю.В. Шиповалов, В.В. Ищенко // Опыт прогнозирования и оценки золоторудных месторождений Казахстана. – Алма-Ата, 1985. – С. 35-44.
6. Нарсеев В.А. Бакырчик (геология, геохимия, оруденение) / В.А. Нарсеев, Ю.В. Гостев, А.В. Захаров. – М., 2001. – 174 с.
7. Никифоров А.В. Геолого-минералогическая характеристика многокомпонентных сульфидно-вкрашенных руд золота в углеродистых сланцах (на примере месторождения Кумтор) // Автореф. дис. канд. наук. – М., 1993. – 20 с.
8. Рафаилович М.С. Вертикальная геохимическая зональность ведущих геологопромышленных типов месторождений золота и ее использование при поисковых работах: Метод. рекомендации. – Алма-Ата, 1989. – 69 с.
9. Рафаилович М.С. Крупные месторождения золота Казахстана: условия локализации, общие и специфические черты, отличия от мелких объектов / М.С. Рафаилович, В.Н. Любецкий, М.М. Старова, О.Г. Кошевой // Геология и разведка недр Казахстана. – 1995. – № 5. – С. 40-46.
10. Рафаилович М.С. Геолого-геохимические особенности гигантских месторождений золота в черных сланцах Центральной Азии / М.С. Рафаилович, И.М. Голованов, О.А. Федоренко // Поисковая геохимия: теоретические основы, технологии, результаты. – Алматы, 2004. – С. 67-83.
11. Чеквайдзе В.Б. Золото-углеродистая формация. Околорудные метасоматиты // Геология золоторудных месторождений СССР. – Т.5. – М., 1990. – С. 47-49.

Получено: 16.07.07.

60 *жыл*

КИТТЫКТАЙМЫЗ !
ПОЗДРАВЛЯЕМ !



—

ЧИ-ДУН-ЧИ
ЮРИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА,

доцента кафедры высшей математики

ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ, УСПЕХОВ, ДОРОГОЙ ЮБИЛЯР !

•
МЕРЕЙТОЙ ИЕСІНЕ МЫКТЫ ДЕНСАУЛЫК, ТАУСЫЛМАС БАҚЫТ,
ТВОРЧЕСТВОЛЫК ТАБЫС ТІЛЕЙМІЗ !

—

УДК 528.4

М.Е. Рахымбердина
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

К ВОПРОСУ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НИВЕЛИРОВ

Любые виды топографо-геодезического производства выполняются с использованием различных оптико-механических и оптико-электрических приборов и систем, где основная доля информации доставляется из измерений: угловых, линейных, гравиметрических, астрономических, спутниковых и т.д. Непременным условием качественного выполнения этих работ является обязательное их метрологическое обеспечение. Поэтому вопросы метрологического обеспечения производства занимают важное место в деятельности предприятий и организаций геодезии и картографии Казахстана.

Измерительные геодезические приборы характеризуются комплексом метрологических характеристик (табл. 1)[1, 2].

Таблица 1

Наименование метрологических характеристик	Обозначение
Номинальное значение однозначной меры	Y_n
Наименьшая цена деления (неравномерной шкалы или шкалы многозначной меры)	γ_n
Выходной код (количество разрядов, номинальная цена единицы наименьшего разряда кода)	—
Систематическая составляющая погрешности	Δ_s
Случайная составляющая погрешности измерений	Δ^o
Вариация показаний прибора	b
Время установления показаний	t_y
Номинальные амплитудно- и фазочастотные характеристики и допустимые отклонения от номинальных значений	—
Функция влияния	$\psi(\xi)$
Суммарная погрешность измерений	Δ

Особенностью геодезических приборов является то, что они зачастую самоповерямы, что и предопределяет широкие возможности их метрологического обслуживания. Чаще всего метрологическое обеспечение геодезических приборов основывается на известных математических связях или условиях (невязки замкнутых фигур (полигонов), соблюдение условия горизонта, сходимость прямых и обратных измерений и другие).

В отличие от общетехнических средств измерений геодезические приборы работают в широком спектре внешних действующих факторов (климатических, механических), поэтому поверка в лабораторных условиях не дает надежного представления о применимости прибора в полевых условиях.

Известно, что основной метрологической погрешностью нивелира является средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км нивелирного (двойного) хода, что и положено в основу классификации их по точности измерений. В стандартах на нивелиры к высокоточным отнесены нивелиры со средней квадратической погрешностью не более 1 мм на 1 км хода, к точным – с погрешностью не более 4 мм на 1 км хода, к техническим – с погрешностью более 5 мм на 1 км.

Наиболее распространенным методом определения средней квадратической погрешности (СКП) являются прямые многократные измерения превышения в нивелирных

ходах. Для оценки СКП измерения превышения на 1 км двойного нивелирного хода применяют следующие формулы:

если $L = 1$ км и ход проложен n раз

$$\sigma_h = \sqrt{\sum \Delta h^2 / n},$$

если длина секции L км, а всего k секций

$$\sigma_h = \sqrt{\sum \Delta h^2 / L_k},$$

где $\Delta h = h_i - h_0$.

Если многократно проложен замкнутый нивелирный ход и получены невязки w_h , число которых равно n , имеем:

$$\sigma_h = \sqrt{\sum w_h^2 / nL},$$

при $L = 1$ км получим

$$\sigma_h = \sqrt{\sum w_h^2 / n}.$$

При любом методе проложения ходов имеется возможность вычислить разности превышений (d_h) из прямого и обратного ходов, а стало быть и СКП превышения по разностям двойных измерений:

$$\sigma_h = \sqrt{\sum d_h^2 / 2Lk}.$$

Описанные пути получения СКП являются весьма трудоемкими, т.к. они предполагают производство нивелирования полноценной бригадой, с тщательным соблюдением технологии работ, с неизбежными затратами времени на переходы с точки на точку наблюдателя и реекников. В таких условиях получение чисто инструментальной погрешности нивелирования очень проблематично.

От перечисленных недостатков свободен метод, основанный на получении погрешности измерения превышений на нивелирном стенде, где наилучшим образом выявляются инструментальные погрешности нивелиров.

Несмотря на то, что этот метод самый удобный из используемых, в плане эффективности и экономичности у него все же имеются недостатки:

- необходимость перехода с точки на точку наблюдателя, из чего следует, что нужно заново приводить прибор в рабочее положение и выполнять те же самые операции;
- исключение погрешностей, связанных с нивелирными рейками, поэтому СКП получается несколько приуменьшенной по сравнению с классическим методом, основанным на использовании нивелирных ходов [3, 4].

Сибирской государственной геодезической академией разработана и предложена методика кругового полевого компаратора (полигона) для аттестации и сертификации геодезических приборов (рис. 1).

Суть методики заключается в том, что все наблюдения выполняются с одной точки, установленной в центре бетонной площадки с углублениями под ножки штатива, вокруг которой по окружности в 10 направлениях на расстояниях 10, 25, 50 и 100 м закреплены пилоны (со шляпкой наверху), на которые устанавливают нивелирные рейки.

Прежде чем производить аттестацию высокоточных нивелиров, полигон эталонируют, т.е. выполняют измерения расстояний между точкой наблюдения (станцией) и пylonами, а также превышения между пylonами.

Измерения производят по замкнутому кругу. В зависимости от длины нивелирных плеч, длина хода $L=1$ км на окружности с длиной плеч равной 10 м набирается за 5 кругов, что составляет одну серию наблюдений; на окружности с длиной плеч равной 25 м - за 2 круга, с длиной плеч равной 50 м - за 1 круг.

В Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева предложена усовершенствованная методика полевого компаратора. Суть методики заключается в том, что все измерения производятся также с одной станции (рис. 2).

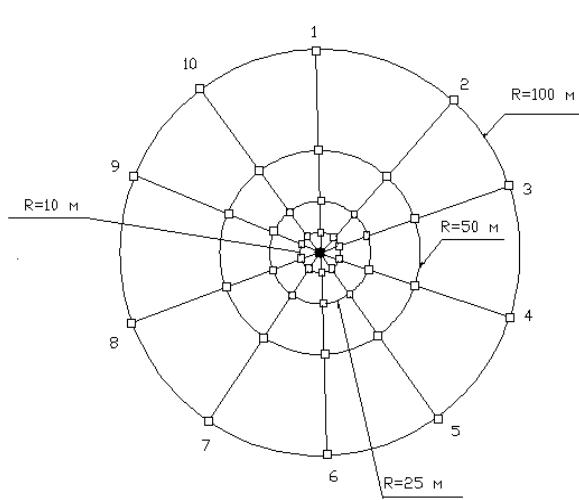


Рисунок 1 - Схема эталонного высотного полигона

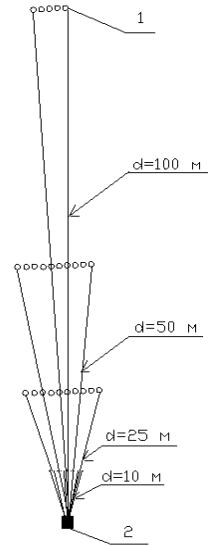


Рисунок 2 - Схема полевого компаратора в стесненных условиях: 1- пилоны, 2 – бетонная площадка

В узком секторе (не более 2 м) на расстояниях 25, 50, 100 м закреплены пилоны, на которых устанавливают нивелирные рейки. В зависимости от длины нивелирных плеч количество устанавливаемых пилонов различное. Так, при длине плеч соответствующей 50 м для нивелирования хода длиной 1 км необходимо установить 10 пилонов, расстояние между которыми равно 10-15 см. Количество устанавливаемых пилонов может быть уменьшено. При длине плеч 50 м и установленных 5 пилонов ход длиною 1 км будет набираться за 2 круга, при длине плеч 25 м и установленных 5 пилонов - за 4 круга. Для исключения личных субъективных ошибок наблюдателя пилоны устанавливают на разных высотах (в пределах нескольких сантиметров).

На основе разработанной методики были исследованы СКП превышения нивелиров типа Н-05, Н-3, Н-3К, Н-10КЛ при длине нивелирных плеч равных 25, 50, 100 м в полевых условиях (табл. 2).

Таблица 2
Результаты исследований по определению СКП измерений превышения на 1 км хода

Типы нивелиров	Количество серий наблюдений	Длина плеч, м	Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км хода, мм	
			допустимая	фактическая
Н-05	10	50	0,5	0,26
	10	25	0,5	0,75
Н-3	10	100	3	0,95
	10	50	3	0,94
	10	25	3	0,88
Н-3К	10	100	3	1,60
	10	50	3	1,55
	10	25	3	1,15
Н-10КЛ	5	100	10	1,40
	5	50	10	1,00

Полученные значения СКП измерения превышения определяют точность указанных нивелиров в полевых условиях и удовлетворяют требованиям. Результаты выполненных исследований позволяют сделать вывод о достаточно надежной оценке и контроле измерений превышения в геометрическом нивелировании.

Анализ имеющихся методик определения СКП измерения превышения в полевых условиях показывает, что описываемый в данной статье полевой компаратор для метрологической аттестации геодезических приборов обладает рядом преимуществ, а именно:

- компактность, что является немаловажным фактором с застроенностью городских территорий;
- более полно выявляется инструментальная погрешность нивелира;
- отсутствует влияние от перемещения штатива и костылей;
- уменьшаются затраты времени на переходы с точки на точку наблюдателя и реекника.

Список литературы

1. Стандартизация и метрология в топографо-геодезическом производстве. - Выпуск 28. Сер., Геодезия / Под ред. А.И. Спиридонова. - М.: ОНТИ ЦНИИГАИК, 1977.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов/ Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. - М.: Недра, 1990.
3. Спиридонов А.И. Основы геодезической метрологии: Произв.-практ. изд. - М.: Карт-геоцентр. - Геоиздат, 2003.
4. Спиридонов А.И. Проверка геодезических приборов / А.И. Спиридонов, Ю.Н. Кулагин, М.В. Кузьмин. - М.: Недра, 1981.

Получено 16.07.07.

В.И. Самойлов

АО «Ульбинский металлургический завод», г. Усть-Каменогорск

Н.А. Куленова, О.А. Хан, Л.В. Шушкевич

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

СПОСОБЫ ОСАЖДЕНИЯ АЛЮМИНАТА ЛИТИЯ ИЗ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Диалюминат лития, кристаллизующийся из водных растворов в форме 11-водного гидроксоалюмината лития (ГОДАЛа), является одним из малоизученных труднорастворимых соединений лития, впервые полученный только в 30-х годах XX века [1]. В литературе имеются весьма скучные сведения о способах его выделения из литийсодержащих растворов, свойствах этого соединения, его практическом применении.

ГОДАЛ в настоящее время имеет ряд областей применения. Он может быть использован в качестве:

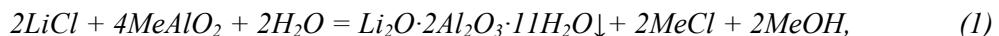
- эффективной добавки к электролиту глинозем-криолитных ванн при получении алюминия;
- покрывающего флюса при выплавке алюминия;
- добавки к керамическим массам бытового и технического назначения, а также для приготовления глазурей;
- исходного сырья для производства электродов и электролита для химических источников тока и т.д.

Его использование при электролизе алюминия представляется одним из наиболее перспективных. Применение литийсодержащих добавок к электролиту при электролизе алюминия позволяет заметно снизить расход электроэнергии.

В работе [1] предлагаю осаждать литий в виде кислого алюмината как наименее растворимого соединения лития. На основе большого экспериментального материала показано, что в интервале $pH=12,6-13,1$ при действии алюмината калия или натрия выпадает осадок состава $LiH(AlO_2)_2 \cdot 5H_2O$, который после прокаливания содержит 4,88 %. Растворимость этого соединения в воде в пересчёте на литий составляет $0,16 \text{ мг/дм}^3$. Если же щёлочность раствора не соблюдается так строго, то получаемые осадки имеют переменный состав, а литий может частично оставаться в растворе.

Не всегда конкретизируя, в каком соединении литий присутствует в исходном растворе, авторы [2] приводят результаты исследований по его осаждению: предложено отделять литий путём осаждения его раствором алюмината натрия. Реакцию проводят на холода, т.к. при нагревании наблюдается загрязнение осадка гидроокисью алюминия. При этом натрий соосаждается в количестве 2-6 %. Магний следует предварительно отделять. Растворимость алюмината лития $8 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3$. Для технологических целей, например при выделении лития из природной рапы, используют свежеосаждённую гидроокись алюминия $Al(OH)_3$ или растворимые соли алюминия, такие, как $AlCl_3$ или $Al(NO_3)_3$, которые при соотношении $Al: Li = (2,5-3): 1$ селективно осаждают литий в виде кристаллического легкофильтруемого алюминатного комплекса. Степень извлечения лития 96 %.

Показана возможность осаждения лития в виде ГОДАЛа из растворов хлорида лития и гидроксида лития. В качестве осадителя использовался раствор алюмината натрия (калия), полученный растворением алюминия [или гидроксида алюминия] в щёлочи. Осаждение ГОДАЛа из хлоридного раствора протекает по уравнению реакции:



где Me - Na или K.

Отмечается, что прямое выделение ГОДАла из растворов, содержащих - 3,0 г/л гидроксида лития, даже за 5 ч не превышает 50 % масс. При использовании затравки из свежеосаждённого ГОДАла выход его повышается до 85-86 % масс. Окончательно предложена схема переработки литийсодержащих растворов, предусматривающая осаждение из них 50 % масс, лития в виде карбоната (на холода) с доосаждением остальных 50 % масс, лития из маточного раствора в виде ГОДАла (также на холода). Различные схемы переработки литийсодержащих растворов на карбонат лития и ГОДАЛ испытаны в лабораторном масштабе и заводских условиях на реальных растворах Воронежского завода синтетического каучука (Россия) и Исфаринского гидрометаллургического завода (Узбекистан). Полученные при этом Li_2CO_3 и ГОДАЛ были использованы для синтеза моноалюмината лития [3].

В патенте [4] отмечается, что из хлоридных и нитратных растворов, содержащих Li 0,005-0,01 % и соли щелочноземельных металлов, Li осаждают в виде Li-Al комплекса. Осаждение ведут при перемешивании путём добавления к раствору свежеосаждённого гидроксида алюминия или растворами солей алюминия в количестве 100-300 % от стехиометрически необходимого. Выделение лития из хлоридных растворов, содержащих Mg, следует вести при 55-100 °C (80-90 °C) и pH 6,6-7,0 (6,7-6,9); в отсутствие Mg при 20-100 °C (20-50 °C) и pH 7,0-8,1 (4,3-7,6); из нитратных растворов при 20-100 °C (20-50 °C) при pH 6,0-7,0 (6,4-6,6). Извлечение лития достигает 80-98 %.

Работами, проведёнными в химико-металлургическом институте СО АН СССР и Институте химии силикатов АН СССР, был выявлен ряд свойств литиевого гидроксидаалюмината, представляющих большой практический и теоретический интерес. Так, в этих институтах был разработан весьма простой способ получения гидроксидаалюмината лития путём взаимодействия растворов едкого лития (или его солей) любых концентраций с растворами алюминатов натрия, калия. Полученный на Ленинградском опытном заводе ВАМИ гидроксидаалюминат выражен формулой $Li_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5H_2O$ и имел следующий химсостав, % масс.: Li_2O - 5,0; Al_2O_3 - 34,3; Na_2O и K_2O - 0,1; Fe_2O_3 и SiO_2 - 0,15; ппп-60,5.

В описании изобретения [5] приведены 2 способа извлечения лития из раствора его хлорида.

Способ 1. «Один грамм гидроксида алюминия следующего гранулометрического состава, %: менее 1 мкм - 50; 1-10 мкм - 20; 10-20 мкм - 15; 20-150 мкм - 15, обрабатывают 50 мл раствора хлорида лития с концентрацией 20 % масс, при температуре 90 °C в течение 6 ч. Осадок отфильтровывают и отмывают от маточного раствора хлорида лития и сушат на воздухе. Полученный гидроксоалюминат лития общей формулы $0,85 LiCl \cdot 2 Al(OH)_3 \cdot 1,7 H_2O$ содержит 85 % основного вещества».

Способ 2. Процесс проводят аналогично способу 1, «но перед обработкой исходный гидроксид алюминия классифицируют и отделяют фракцию с размером частиц менее 1 мкм. Увеличение размера частиц гидроксида алюминия, участвующих в синтезе, позволяет получить продукт с содержанием основного вещества 92 %».

Обзор литературных источников показал, что в основном исследована возможность осаждения ГОДАла из растворов гидроксида, хлорида и нитрата лития.

В то же время извлечение лития из сульфатных растворов (технологических и природных) в виде ГОДАла создает предпосылки для расширения ассортимента товарной про-

дукции.

С целью изучения возможности осаждения ГОДАЛа из растворов сульфата лития были проведены лабораторные испытания с использованием пяти различных по химическому составу сульфатных растворов, полученных в ходе переработки сподумена БГОК (с содержанием лития от 2,0 до 24 г/дм³) и растворением низкосортного карбоната лития в серной кислоте (содержание лития 30 г/дм³). В качестве осадителей ГОДАЛов использовались растворы алюминатов натрия и калия, полученные растворением гидроксида алюминия Павлодарского алюминиевого завода в растворах гидроксида натрия (калия). Результаты исследований показали, что при массовом соотношении Li:Al в суспензии ГОДАЛа (в процессе его осаждения из сульфатных растворов) 1 : (10,5 – 12,5) достигнуто извлечение лития в осадок 90 % (масс.) и более.

Список литературы

1. Остроушко Ю.И. Литий, его химия и технология / Ю.И. Остроушко, П.И. Бучихин, В.В. Алексеева. – М.: Атомиздат, 1960. – 200 с.
2. Полуэктов Н.С. Аналитическая химия лития / Н.С. Полуэктов, С.Б. Мешкова, Е.Н. Полуэктова. – М.: Наука, 1975. – 204 с.
3. Кулифеев В.К. Исследования процесса синтеза пятилитиевого албмината / В.К. Кулифеев, В.П. Тарасов, И.И. Ватулин //Изв. вузов: Цветная металлургия. – 1991. – № 6. – С. 24 – 27.
4. Goodenough Robert. Rekoveri of lithium. Пат. США № 2964381, 1312 (1960).
5. А.С. 1648900. Способ получения гидроксоалюминатов лития / В.П. Исупов, Л.Э. Чупахина. – 1991.

Получено 29.08.07.

ПО СТРАНИЦАМ



ПОПАЛСЯ В СЕТИ

Английские полицейские взяли на вооружение сеть для остановки автомобилей. Она сделана из синтетического волокна «дайнима», которое в восемь раз прочнее стали. Сеть шириной 2,5 – 3 метра с двумя рядами стальных шипов на переднем крае раскладывают поперек дороги. Шипы прокалывают шины, а затем сеть наматывается на колеса, делая дальнейшее движение невозможным. Устройство весит от 12 до 25 килограммов (более тяжелая версия годится для остановки грузовиков) и умещается в рюкзаке либо в чемодане.

«Наука и жизнь» № 9, 2007

УДК 669.884(574)

В.И. Самойлов

АО «Ульбинский металлургический завод», г. Усть-Каменогорск

Н.А. Кулунова, З.В. Шерегеда, В.А. Агапов

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАУСТИФИКАЦИИ КАРБОНАТА ЛИТИЯ
С ПОЛУЧЕНИЕМ ГИДРОКСИДА ЛИТИЯ**

В настоящее время важнейшей из выпускаемых промышленностью солей лития является карбонат лития, который широко применяется в производстве керамики и стекла. В то же время карбонат лития как промежуточный продукт может служить источником для получения других технических соединений лития, например гидроксида лития.

Гидроксид лития применяется для получения морозостойких и термостойких смазок, в подводных лодках и противогазах для поглощения углекислого газа.

Сегодня единственным промышленным методом получения гидроксида лития является каустификация карбоната лития известью.

В данной работе представлены результаты технологического опробования каустификации черновых карбонатов лития, осажденных из раствора хлорида лития производства АО «НЭКХ» (хлоридный раствор содержал, г/дм³: Li – 76,0 ÷ 79,0; K – 10,0 ÷ 17,0; Na – 0,012 ÷ 0,04; Ca – 0,06 ÷ 0,24; Fe – 0,09; Cl- 400 ÷ 530; Ba – 0,05). Получение гидроксида лития выполнялось в соответствии со схемой рис. 1. Для сравнения один из опытов был поставлен без применения вакуума при упаривании щелочного раствора и сушке гидроксида лития.

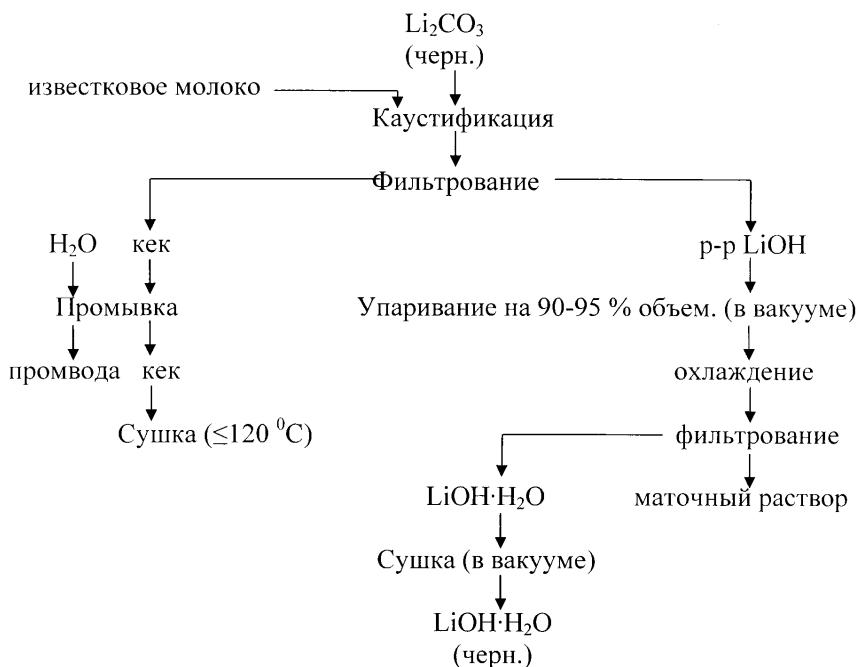


Рисунок 1 - Технологическая схема получения чернового гидроксида лития из чернового карбоната лития

Результаты экспериментов, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что полученные образцы по содержанию основного вещества и большинства примесей удовлетворяют требованиям ГОСТ 8595-83 на марку ЛГО-3. Повышенное содержание карбонат-иона в моногидрате гидроксида лития обусловлено до конца неотработанными:

- 1) расходом сырья (карбоната лития) и реагента (окиси кальция);
- 2) режимом работы на установке вакуумной упарки щелочных растворов лития и вакуумной сушки гидроксида лития в вакуумном шкафу.

Тем не менее в данной серии опытов содержание карбонат-иона удалось снизить до 0,95÷2,5% (масс.), что объясняется оптимизацией расхода исходных карбоната лития, оксида кальция.

На рис. 2 приведена термограмма моногидрата гидроксида лития, полученного в опыте 1 (см. табл.), свидетельствующая о том, что при температуре ~ 150 °C происходит полное удаление из продукта кристаллогидратной влаги (первый эндотермический эффект), а при температуре 450 °C материал расплывается (второй эндотермический эффект). Данное предположение хорошо согласуется со справочными данными.

Результаты экспериментов (см. табл.) подтверждают необходимость применения перекристаллизации гидроксида лития, т.к. он не в полной мере отвечает требованиям к продукту технической чистоты по ГОСТ 8595-83.

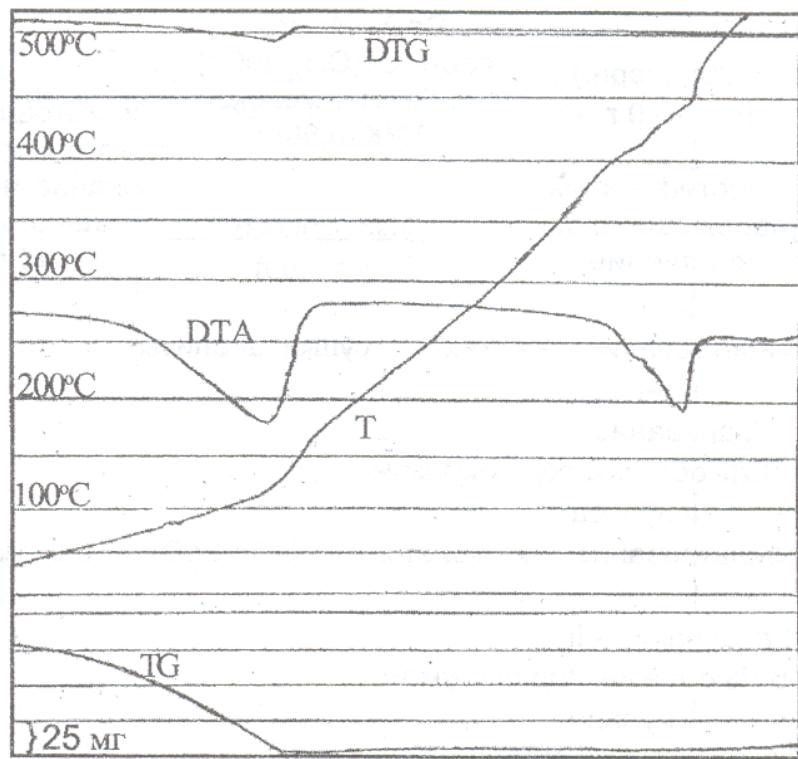


Рисунок 2 - Термограмма моногидрата гидроксида лития

Содержание гидроксида лития и примесей в опытных образцах моногидрата гидроксида лития

№ оп.	Способ получения продукта	Содержание, % (масс.)								
		LiOH	CO ₃ ²⁻	Na	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cl ⁻
1	Гидроксид лития, полученный упариванием суспензии и сушки LiOH·H ₂ O на воздухе	58,2	5,6	0,61	0,29	0,016	0,0017	-	0,0039	-
2	Гидроксид лития, полученный упариванием суспензии и сушки LiOH·H ₂ O в вакууме	91,2 63,0 53,2	2,5 0,95 2,1	0,2 0,099 0,096	<0,002 0,0056 <0,002	0,038 0,03 0,035	<0,0005 0,0022 <0,001	0,0057 0,01 0,0008	0,0094 <0,003 0,0022	0,18 <0,02 0,017
<i>Требования ГОСТ 8595-83:</i>										
		Марка ЛП О-1		Марка ЛП О-1		≤0,02		≤0,001		
		$\sum_{\text{Na+K}} \leq 0,02$		Марка ЛП О-3		≤0,02		≤0,01		
		$\sum_{\text{Na+K}} \leq 1,0$		Марка ЛП О-6		≤0,06		≤0,01		
		$\sum_{\text{Na+K}} \leq 0,05$		≤0,05		≤0,01		≤0,04		
		$\sum_{\text{Na+K}} \leq 0,01$		≤0,01		≤0,01		≤0,001		