

СЕКЦИЯ 2

**НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ, ГОРНО-ДОБЫВАЮЩАЯ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ЭНЕРГЕТИКА И СТРОИТЕЛЬНАЯ ИНДУСТРИЯ,
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ**

УДК 620.194

**ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОРРОЗИОННОГО
РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ***Абаев З. К.*, аспирантСеверо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Владикавказ, Россия

e-mail: abaich@yandex.ru

Для выявления подверженности к коррозионному растрескиванию под напряжением (КРН) к настоящему времени разработано и внедрено значительное количество методов мониторинга состояния магистральных газопроводов, в том числе и дистанционных методов мониторинга [1]. Однако большинство этих методов обеспечивает возможность контроля состояния магистрального газопровода и определения сроков проведения ремонтов «по состоянию», не предоставляя при этом никаких прогнозов и рекомендаций диспетчерскому составу.

Поэтому, чрезвычайно актуальной становится проблема создания эффективной системы мониторинга стойкости к КРН линейной части (ЛЧ) МГ.

Рассмотрим последовательно этапы разработки подобной системы.

Этап 1. На первом этапе необходимо определить факторы КРН и модель их взаимодействия. Основная сложность данного этапа заключается в большом разнообразии существующих теорий КРН и отсутствии единой точки зрения на данную проблему у большинства исследователей.

Понятие коррозионного растрескивания под напряжением (стресс-коррозия) включает в себя совместное действие двух групп факторов: **коррозионных** и **механических**, причём влияние каждой группы различно в различные периоды развития дефектов [2].

На рис. 1 представлен график, на котором показано изменение доли влияния коррозионных и механических факторов, по мере роста дефекта. Данный график является схематичным и служит лишь качественным представлением о процессе развития КРН. Более точные (количественные) зависимости на сегодняшний день неизвестны и продолжают изучаться учеными Российской Федерации и других стран.

Из графика видно, что на начальном этапе преобладает доля влияния коррозионных факторов.

Далее начинается процесс электрохимической коррозии границ зерен активированными напряжениями.

Растворившись, границы зерен превращаются в протяженные дефекты острой формы. Потенциал металла, на дне дефекта более отрицателен по сравнению с окружающим, вследствие чего происходит дальнейшее растворение по границам зерен, что способствует углублению дефекта и появлению концентрации напряжений в вершине. Наличие концентрации напряжений, в свою очередь, сдвигает потенциал металла на дне дефекта в более

отрицательную сторону, тем самым увеличивая разность потенциалов «берега–дно» и способствуя ускорению анодного растворения и увеличению концентрации напряжений до определенных критических значений.

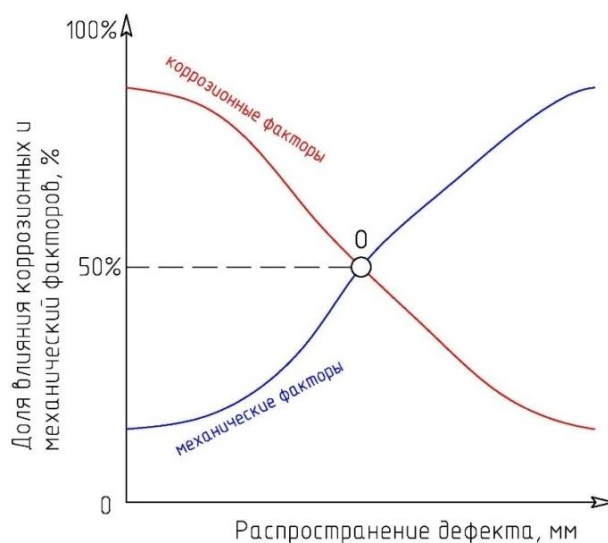


Рис. 1. График взаимодействия коррозионных и механических факторов с увеличением протяженности дефекта

Механические напряжения на начальном этапе разрушают защитные пленки, образующиеся на поверхности металла, и увеличивают общую энергетическую гетерогенность поверхностного слоя металла, способствуя тем самым ускорению процессов, описанных выше. Под воздействием пластической деформации и поверхностно-активных элементов на локальных участках металла происходит увеличение внутренних напряжений, которые способствуют более интенсивному поглощению водорода металлом и, как следствие, зарождению микротрещин на этих участках.

В точке О (рисунок 1) влияние каждой группы факторов будет равным. Правее этой точки превалируют механические факторы, а роль коррозионных идет на убыль. Происходит развитие зародившейся микротрещины по глубине и по поверхности металла. В наиболее дефектной зоне последовательно расположенные трещины объединяются в одну магистральную трещину (коалесценция трещин).

Этап 2. Для разработки эффективных систем мониторинга КРН необходимо иметь представление о характере взаимодействия факторов КРН с подробными количественными показателями. На сегодняшний день подобные данные отсутствуют, либо носят гипотетический характер, что затрудняет использование их в виде исходных данных в диагностических АСУ. Применение аппарата нечеткой логики позволит решить проблему неполноты априорной информации, но потребует наличия экспертной базы правил.

Проведенный анализ показал, что из всех перечисленных факторов КРН наибольшее воздействие оказывают – **pH уровень грунтового электролита, величина защитного потенциала и уровень механических напряжений.** Для определения зависимостей между этими факторами, для дальнейшего построения базы правил нечеткого вывода требуется провести ряд экспериментов, количественно показывающих уровень риска КРН.

Исследовались образцы на одноосное напряженное состояние из стали X70 в различных коррозионных средах.

После каждого эксперимента производились необходимые измерения: визуальный осмотр (наличие трещин и общей язвенной коррозии), испытания на ползучесть металла.

Конечным результатом данного этапа будет определение пороговых значений и закона распределения уровня риска КРН для каждого фактора.

На рис. 2 представлено распределение уровня риска КРН для фактора «величина защитного потенциала»

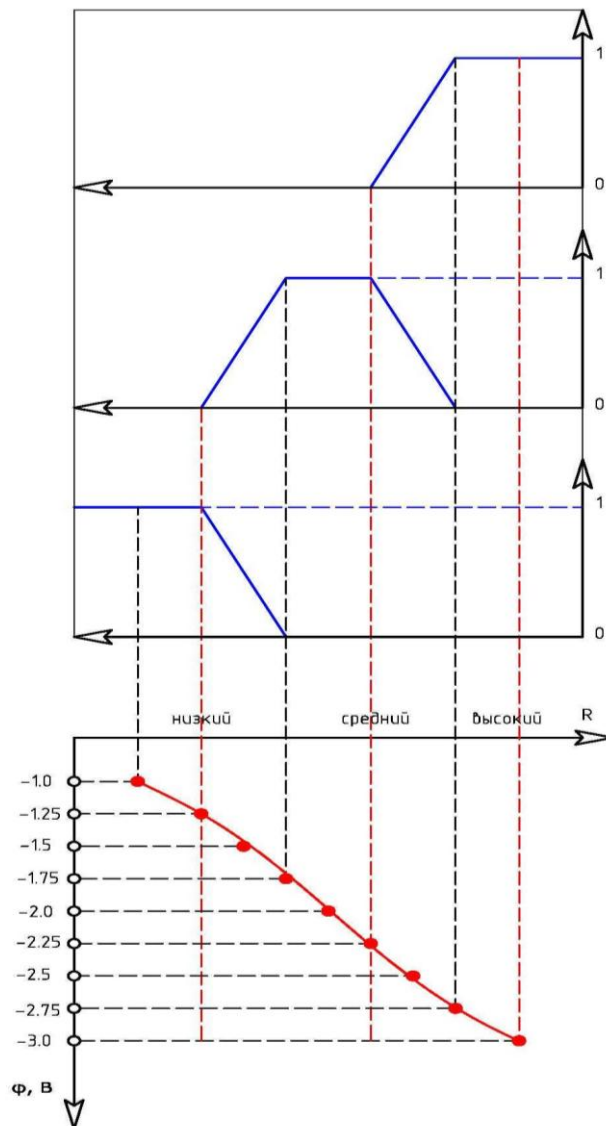


Рис. 2. График изменения уровня риска для параметра «величина защитного потенциала»

По итогам исследований, проведённых на двух первых этапах, определены факторы для дальнейшего использования в алгоритме программы определения уровня риска КРН: величина защитного потенциала ϕ , [В]; рН уровень грунтового электролита; рабочее давление газопровода, $P_{\text{раб}}$ [МПа]; диаметр газопровода, D [мм]; время эксплуатации газопровода, T [годы]; уровень грунтовых вод; переменная смачиваемость грунтовыми водами; тип грунта; коррозионная активность грунта, [Ом·м].

Этап 3. Целью данного этапа является построение, либо выбор модели системы, функционально описывающей участки магистрального газопровода по степени их склонности к КРН и включающей в себя расчет уровня риска КРН, на основании которого формируются необходимые рекомендации по обеспечению прочностной надежности и безопасности эксплуатируемого магистрального газопровода.

Для создания методики определения уровня риска КРН недостаточно использовать традиционные методы параметрического анализа, поскольку такой подход не способен к количественной оценке в условиях неопределенности, затрудняющей и даже исключая-

щей применение точных количественных методов и подходов. Поэтому предлагается использовать комбинированную модель с применением аппарата нечеткой логики и методов параметрического анализа.

Нечеткие системы управления эффективно используются там, где объект управления достаточно сложен для его точного описания и существует дефицит априорной информации о поведении системы. Данным объектом управления является газотранспортная система.

Комбинированный метод определения уровня риска КРН включает в себя использование параметрического метода и нечеткого вывода [3], поэтому:

$$R_{\text{КРН}} = R_{\text{КРН}}^F + R_{\text{КРН}}^P, \quad (1)$$

где $R_{\text{КРН}}^F$ – уровень риска, определённый методом нечеткого вывода;

$R_{\text{КРН}}^P$ – уровень риска, определенный параметрическими методами.

Методом нечеткого вывода, ввиду сложных закономерностей между влияющими факторами, предлагается рассчитывать уровень риска, используя следующие параметры: величина защитного потенциала ϕ , [В]; pH уровень грунтового электролита; рабочее давление газопровода, $P_{\text{раб}}$ [МПа]; время эксплуатации газопровода, T [годы].

На основании проведенных исследований, а также анализа литературных источников, примем следующее соотношение при вычислении уровня риска: уровень риска, вычисляемый методом нечеткого вывода – 60 % от общей доли, параметрический метод – 40 %.

С учетом этого формула 1 примет вид:

$$R_{\text{КРН}} = 0,6 \cdot R_{\text{КРН}}^F + 0,4 \cdot R_{\text{КРН}}^P, \quad (2)$$

Этап 4. Анализ результатов расчета уровня риска.

По результатам диагностики газопроводу назначается одна из трех категорий работоспособности [4]:

- А – полностью работоспособен;
- Б – ограничено работоспособен;
- В – неработоспособен.

Конечным результатом расчетов по предлагаемой методике является величина риска КРН, позволяющая присвоить газопроводу одну из трех категорий работоспособности и определить дальнейшие методы превентивного контроля (рис. 3).



Рис. 3. Распределение уровня риска по категориям работоспособности

Если уровень риска КРН $R_{\text{КРН}} \leq 50\%$, газопроводу присваивается категория **А**. При назначении газопроводу категории **А** никаких дополнительных мер больше не принимается и следующее обследование проводится согласно календарному плану.

При значении уровня риска КРН $R_{\text{КРН}} \leq 50 \dots 75\%$, газопроводу присваивается категория **Б**. Категория **Б** имеет несколько возможных вариантов решения, выбор того или иного варианта назначается экспертом:

- а) продолжение работы и назначение дополнительной проверки через определенный этап времени;
- б) продолжение работы и снижение одного или нескольких технологических параметров (давление, величина защитного потенциала);
- в) временная остановка технологического процесса и проведение дополнительных исследований.

Значения уровня риска КРН $R_{\text{КРН}} > 75\%$ соответствуют категории **В**. При категории **В** остаточный ресурс следует считать исчерпанным, и следует немедленно остановить технологический процесс.

Этап 5. Основная задача данного этапа состоит в реализации системы мониторинга стойкости к КРН.

Для решения данной задачи предлагается организовать систему мониторинга на трех уровнях аппаратной и программной реализации:

- нижний уровень – датчики и измерительные преобразователи;
- средний (контроллерный) – сбор данных от первичных преобразователей и передача их на верхний уровень;
- верхний уровень – обработка, хранение и представление полученной информации.

Необходимость сбора большого количества данных с удаленных устройств, а также проведение объемных математических вычислений (методов нечеткого вывода) с использованием ЭВМ, обуславливают реализацию именно трехуровневой системы. Помимо этого, реализация трехуровневой системы обусловлена также необходимостью хранения архивных данных и отчетов диагностики. В связи с этим система должна иметь вычислительную станцию на верхнем уровне и контроллер для осуществления сбора и передачи данных с удаленных датчиков.

Основной особенностью предлагаемой системы является использование для обработки поступающей информации специализированного программного обеспечения («SCC+»), основанного на реализации модели определения уровня риска КРН и оценки остаточного ресурса, разработанной на этапе 3.

Этап 6. Проверка работоспособности предложенной модели.

Для проверки работоспособности предложенной модели необходимо провести расчет уровня риска КРН и проверить адекватность полученных результатов.

Для анализа использовались базы данных о фактах аварийных разрушений магистральных газопроводов, эксплуатируемых ООО «ГазпромтрансгазУхта».

Пример расчета уровня риска газопровода «Ухта–Торжок 2»

На момент разрушения газопровод имел следующие характеристики:

- $D_n = 1420$ мм;
- Отметка УГВ пересекает трубу;
- Тип грунта – глина;
- Участок трассы подверженный, переменному смачиванию грунтов
- $\rho = 21$ Ом·м;
- $\varphi = -1,92$ В;
- рН = 4,8;

– $P_w = 6,44$ МПа;

– $T = 23$ года;

$$R_{\text{КРН}}^F = 71,5 \%$$

$$R_{\text{КРН}}^P = \frac{[(0,35 \cdot 1) + (0,15 \cdot 1) + (0,2 \cdot 1) + (0,2 \cdot 1) + (0,1 \cdot 0,7)]}{(0,35 + 0,15 + 0,2 + 0,2 + 0,1)} \cdot 100 \% = 97 \%$$

$$R_{\text{КРН}} = 0,6 \cdot R_{\text{КРН}}^F + 0,4 \cdot R_{\text{КРН}}^P = 0,6 \cdot 71,5 + 0,4 \cdot 97 = 81,7 \%$$

Данный уровень риска соответствует категории В и требует немедленной остановки технологического процесса.

Вывод

Предложенная методика способна давать адекватную оценку уровня риска КРН и может использоваться в основе прикладного программного обеспечения в системе мониторинга стойкости к КРН линейной части магистрального газопровода. Использование данной программы позволит существенно сократить трудоемкость диагностического контроля эксплуатируемого газопровода, снизить риск возникновения техногенных воздействий на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Теплинский Ю. А., Быков И. Ю.* Управление эксплуатационной надежностью магистральных газопроводов. М.: Нефть и газ. 2007. 400 с.
2. *Кодзаев М. Ю.* Повышение экологической безопасности при эксплуатации магистральных нефтегазопроводов: Дис. ... канд. техн. наук. Владикавказ, 2006.
3. *Абаев З. К.* Методика определения уровня риска коррозионного растрескивания под напряжением // Труды научной школы-семинара молодых ученых и студентов с международным участием «Современные проблемы механики, энергоэффективность сооружений и ресурсосберегающие технологии, Москва, 15–17 сентября 2015. Москва: Российский университет дружбы народов, 2015. С. 154–160.
4. СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы [Текст]. Москва [б. и.]. 1997. 71 с.

УДК 620.172

УСТОЙЧИВОСТЬ КАК СЛЕДСТВИЕ ПОДДЕРЖАНИЯ В РАВНОВЕСИИ СОСТОЯНИЙ И УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Авсалягов А. Б., канд. техн. наук, доцент
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
Владикавказ, Российская Федерация
e-mail: alan.avsaragov@mail.ru

Приводится дальнейшее обоснование реальности информационно-обменной природы материальных систем (МС) и, как квинтэссенцию данных предположений – осмысление понятия равновесного состояния (РС) и методов его оценки в приложении к уточнению местоположения предела микротекучести ($\sigma_{мкт}$) некоторых марок сталей, контроль и поддержание которого ведет к получению кардинально новых уровней работоспособности стальных материалов и конструкций, как одного из важных факторов обеспечения безопасности и стабильности в сфере технической деятельности человека.

Provided further substantiation of the reality of the information-exchange nature of material systems (MS) and, as the quintessence of these assumptions is the notion of equilibrium state (RS) and methods of assessment in the Annex to clarify the location of the limit of microequity (σ_{MKT}) some grades of steel, the inspection and maintenance which leads to radically new levels of health of steel materials and structures as one of the important factors to ensure security and stability in the sphere of technical activity.

Устойчивость (стабильность, стационарность) [1], как общенаучная категория есть следствие, проявление равновесия МС различных масштаба и уровня. Представляемые в статье исследования позволяют углубить понимание и обосновать возможности контроля РС сталей, чему способствует моделирование свойств новых конструкционных материалов и корректировка условий их применения.

Подтверждая, что «целью» (МС) является достижение идеального равновесия (ИР) (гармонии) при условии равенства объемов пустоты и непустоты [2], схематизируем идеализированную модель МС, пребывающую в состоянии гармонии (рис. 1).

При перманентном «общении» МС и внешних воздействиях на них, достижение ИР, как предполагалось ранее [2], невозможно, но объективны текущие равновесия-компромиссы (Р-К), в той или иной степени близкие к ИР (диалектика МС – иерархия РС). Отсюда богатство и необъятность материальных формообразований, организованных по принципу масштабно-размерного структурирования¹ (принцип «матрёшки»).

Таким образом, процессы деструкции, образования и развития МС протекают в две стадии:

первая – внешние воздействия на МС (приближающие или отдаляющие её от РС);

¹ Повторение (изменение масштаба) аналогичных материальных структур на новом размерном уровне (см. теорию бесконечной вложенности материи).

вторая – реакция МС на эти воздействия, приводящая или к возможному в данных условиях восстановлению РС, или к переходу на более высокий уровень РС.

Ключевая (степень эффективности пока трудно оценить) задача – обоснование понятия о РС (параметров и критериев их оценки) для осуществления текущего контроля, что при поддержании соответствующих внешних условий [2] позволит достигать МС новые (ничем не ограниченные) уровни равновесия.

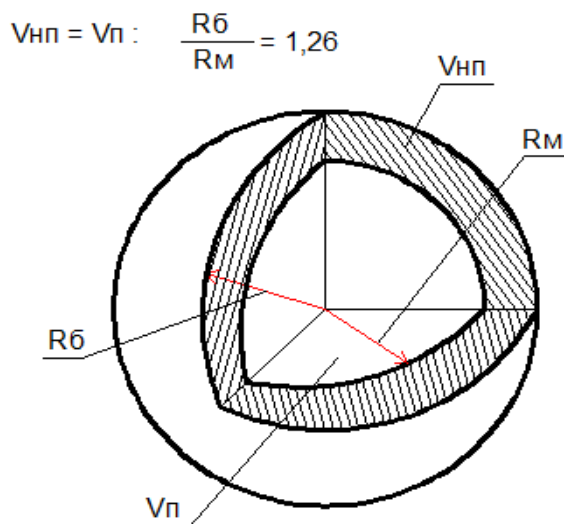


Рис. 1. Модель-схема МС в ИР: $V_{нп}$ – объем непустоты; $V_{п}$ – объем пустоты; $R_м$ – радиус малой сферы-пустоты; $R_б$ – радиус большой сферы

Эти закономерности универсальны, они определяют любые физические явления и процессы в МС.

Исходя из области научных интересов авторов, сферой практического приложения, а точнее – экспериментального подтверждения излагаемых теоретических положений, могла бы стать проблематика экологической¹ безопасности технической деятельности человека и, как одна из важных составляющих этой проблемы – обеспечение эксплуатационной надежности стальных конструкций (в применении, в частности, к нефтегазопроводам, хранилищам), оборудования и материалов [3]. Среди основополагающих направлений в осуществлении искомых требований – диагностика реальных объектов и предварительная оценка сталей на стадии отбора.

Приведенные ниже экспериментальные исследования посвящены разработке новых деформационных критериев оценки состояния сталей и конструкций позволили уточнить местоположение предела микротекучести – $\sigma_{мкт}$ сталей и сформировать на этой основе ряд выводов.

Известные материалы [4] свидетельствуют о расположении $\sigma_{мкт}$ в области, практически совпадающей с $\sigma_{пр}$ (пределом пропорциональности) сталей.

Методика исследований [5] состояла в следующем: цилиндрические (диаметром 6 мм) образцы («гагарики») из сталей, различающихся по прочности и пластичности: Ст. 20 (опорная марка близкая по свойствам к конструкционным, трубным), Ст. 30, Ст. 45, Э12 (армко-железо), 20Х13, ступенчато нагружались (в пределах упругости) с помощью МУ (малогабаритной установки) [6] с регистрацией деформаций упругого последест-

¹ Как известно, экология, собственно, и подразумевает баланс «интересов» живых организмов и окружающей среды.

вия [7] (в моменты останова) (цена деления индикаторов перемещений стрелочного типа – 1 мкм, база записи деформаций до их стабилизации – 2 мин). Для уменьшения количества влияющих на деформации факторов образцы термообработывались по режиму – отжиг и имели качество поверхности одного уровня чистоты.

Главная задача эксперимента – фиксация уровня напряжений первого пластического скачка-сдвига в соотношении с пределом текучести сталей. С этой целью увеличение нагрузки велось минимально возможными ступенями (с учетом мех. свойств сталей) в диапазоне 10–15 кгс со скоростью 0,17 мм/мин. Выбор скорости определялся техническими возможностями, а также необходимостью повышения чувствительности метода для достижения возможных больших величин деформаций.

Результаты замеров первых скачков образцов в зависимости от марки сталей представлены на рис. 2: у каждой стали свой уровень начального пластического сдвига, причем у пластичных, коррозионно-стойких ($\sigma_{\text{мкт}}$) выше. Причиной появления данных деформаций являются дефекты внутреннего строения сталей с разной геометрией и топографией. Существование аналогичных деформаций ниже этих уровней – вопрос, но в данных условиях технического оснащения эксперимента, на данных уровнях нагружения (не ниже!) их наличие очевидно.

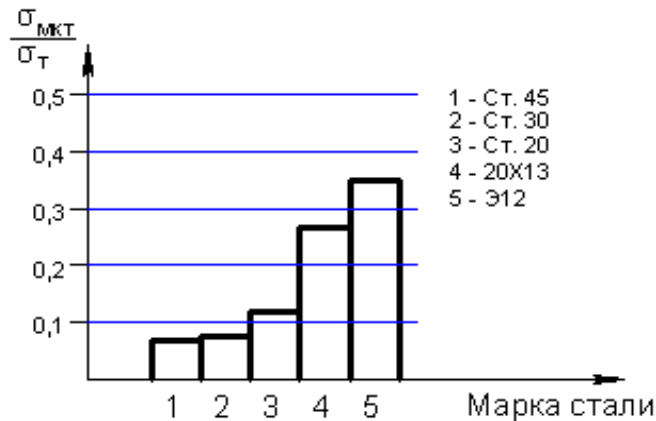


Рис. 2. Гистограмма распределения уровней первых деформаций сталей

Стоит в связи с этим обратить внимание на то, что современные представления об уровнях рабочих нагрузок к материалам и конструкциям допускают возможность появления остаточных явлений – в одном случае, и нагружения на известных уровнях до $\sigma_{T(0,2)}$ в предположении отсутствия (несущественности) микропластики – в другом. В перспективе это ведет к закономерному постадийному исчерпанию рабочего ресурса объекта эксплуатации, кардинальному (по сравнению с возможным) сокращению срока службы.

Изменение принципов установления верхнеграницных уровней механических полей может привести к новому качественному скачку потенциала сопротивляемости объектов в условиях эксплуатации, предполагающему баланс – равновесие внешних воздействий и адекватных реакций на них материалов конструкций.

Конечно, это возможно при условии получения новых материалов с уровнем нахождения $\sigma_{\text{мкт}}$, близким (а лучше совпадающим) с $\sigma_{T(0,2)}$ (очевидно, у этих материалов все предельные значения напряжений будут намного выше существующих уровней). Это позволит выйти на новое качество как эксплуатации (резкое сокращение эксплуатационных расходов и т. д.), так и проектирования (рост расчетных сопротивлений, экономия материалов и т. д.).

Для получения материалов с новыми свойствами необходимо в идеале – устранение (практически – существенное уменьшение) дефектов, описанных выше, что само по себе –

задача сложная и затратная (требующая, по всей видимости, применения современных направлений из сферы нанотехнологий), связанная с «вторжением» в микро- и наноструктуру сталей. С другой стороны, $\sigma_{\text{мкт}}$ – индикатор качества стали по уровню содержания несовершенств кристаллического строения (НКС), что может позволить опираться на него как на критерий ранжировки (отбора) сталей.

То обстоятельство, что увеличение углерода в сталях приводит в целом к снижению $\sigma_{\text{мкт}}$, свидетельствует о его (углерода) негативном влиянии на содержание НКС, так как инородные химические элементы другого размерного ряда увеличивают количество НКС (по аналогии с детским конструктором из разноразмерных деталей). Разработка новых конструкционных материалов (железосодержащих) могла бы идти по направлению формирования в них моноструктуры, что само по себе уже резко снижает влияние НКС и ведет к улучшению всего спектра прочностно-пластических свойств.

Обобщим изложенное:

1. Получают дальнейшее теоретико-экспериментальное развитие представления об информационно-обменной природе МС, определяющей самые различные явления и процессы, происходящие в них.

2. Формируются представления о РС, его характеристиках и критериях оценки, контроль и создание условий для поддержания которого обеспечивает достижение новых уровней развития МС.

3. Уточняется местоположение предела микротекучести сталей – $\sigma_{\text{мкт}}$, предлагаются методика его регистрации и значение этой характеристики сталей как верхней границы приложения механических воздействий, при действии которых сохраняется текущий уровень Р-К, что позволяет формировать новую идеологию применения силовых полей к конструкциям и их элементам с позиций обеспечения эксплуатационной надежности и, следовательно, общей стабильности и безопасности.

4. Становится актуальной разработка новых подходов в осмыслении состава и свойств конструкционных материалов, как моноэлементных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдянц Д. Е., Макеенко И. П., Бондаренко Е. А. К определению понятий «равновесие», «устойчивость», «стабильность», «стационарность». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.stis.su/stv_files/downloads/science/Davidanc.pdf

2. Авсарагов А. Б., Танделов Л. Ч. Инфоритмология формирования равновесных состояний (условий равновесия) // Труды СКГМИ (ГТУ). Вып. 15. Владикавказ. 2008. С. 44–48.

3. Дзуцев Т. М., Басиев К. Д., Тиболов В. И., Алборов И. Д. Коррозионные и стресс-коррозионные повреждения магистральных газопроводов, эксплуатирующихся в коррозионных средах // Устойчивое развитие горных территорий. № 4 (22) 2014. С. 36–39.

4. Новиков В. Ф., Семенов В. В., Бахарев М. С. Возможности определения предела пропорциональности (предела микротекучести) стали по кривым магнитоупругого размагничивания // Контроль. Диагностика. М. ISSN 0201-7032. 2006. № 4.

5. Патент на изобретение RUS 2410669 04.12.2009. Способ экспресс-оценки склонности сталей к общей коррозии. Авсарагов А. Б., Танделов Л. Ч.

6. Танделов Л. Ч., Авсарагов А. Б., Кайтуков Г. Ф. Установка для коррозионно-механических испытаний стальных образцов // Труды СКГМИ (ГТУ). Вып. 18. Владикавказ. 2011. С. 124–129.

7. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов. Ч. 1 Деформация и разрушение. М., Машиностроение, 1974.

УДК 504.06

ВОВЛЕЧЕНИЕ МОЛИБДЕНОВЫХ ОТХОДОВ ОАО «ПОБЕДИТ» В СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (БЕТОНЫ)

Алборов И. Д., д-р техн. наук, профессор
Хубаева Г. П., канд. техн. наук, доцент
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
Владикавказ, Российская Федерация
Кокоев Т. И., д-р биол. наук, профессор
Юго-Осетинский Университет
Республика Южная Осетия

В статье рассматривается применение молибденошеелитовых отходов ОАО «Победит» в строительных материалах, что целесообразно не только с точки зрения охраны окружающей среды, но и экономически выгодно для предприятий.

Ключевые слова: минеральное сырье, молибденошеелитовые отходы, пиротехнология, тяжелые металлы, органический носитель.

The article discusses the use of molybdosilicic waste of JSC "Pobedit" in building materials, and it is advisable not only from the point of view of the environment but also economically beneficial for companies.

Key words: mineral raw material, waste molybdoscheelite, pyrotechnology, heavy metals, organic media.

Еще в начале 30-х годов академик А. Е. Ферсман выдвинул идею о необходимости комплексного использования минерального сырья: «Комплексная идея есть идея экономическая, создающая максимальные ценности с наименьшей затратой средств и энергии, но эта идея не только сегодняшнего дня, это идея охраны наших полезных богатств от хищнического расточения, идея использования сырья до конца, идея возможного сохранения наших природных запасов на будущее. Эта идея дает максимально эффективное использование производительных сил, открывая пути для приложения самых высоких технических методов».

В условиях, когда масштабы антропогенного воздействия на окружающую среду достигли таких размеров, что под угрозу поставлена жизнь на планете, охрана окружающей среды и рациональное природоиспользование выходят на передний план и являются важнейшими национальными и межгосударственными задачами, успешное решение которых неразрывно связано с обеспечением высокого уровня профессиональной подготовки специалистов в данной области. В регионе примерно 185 лет функционирует горно-металлургический комплекс с пиротехнологией получения полиметаллов, что отрицательно влияет на состояние биосферы региона и продолжает влиять на демографические показатели населения г. Владикавказа и его окрестностей. Мониторинговыми исследованиями установлены главные факторы загрязнения геосфер, включающие выделение загрязняющих веществ из открытых свалок металлургических отходов и отходов обогастительно-го производства, а также выбросы металлургических производств в атмосферу города.

Таким образом, дальнейшая деградация окружающей среды снижает жизненный потенциал населения, может привести к устойчивым отрицательным демографическим показателям и патологическим отклонениям проживающего в этих условиях населения. Поэтому разработка технологических решений по использованию вторичных ресурсов молибденошеелитовых производств, научное обоснование принципов вовлечения занимаемых ими территорий в хозяйственном использовании и создание механизма регулирования экологией г. Владикавказа, являются актуальной задачей настоящего времени. Использование трансформированных и фактических молибденошеелитовых шлаков в производстве бетона на Буронском бетонном заводе, расположенном в поселке Бурон, на правом берегу реки Ардон, есть решения этой задачи.

Экспериментально установлено, что отходы молибденошеелитового производства, складываемые на открытом поле в индустриально-селитебной части городской среды, интенсивно загрязняют атмосферный воздух тяжелыми металлами, способствуют повышению содержания сопутствующих химических элементов Mo, W, Fe, SiO₂, Cu, Na в количествах, превышающих допустимые уровни в 2,6–3,5 раза в пределах 5-ти километровой зоны.

В общем виде технология процесса получения молибденошеелитовых отходов такова (рис. 1). Сырьем для производства чистых солей молибдена служат молибденовые концентраты, которые перерабатываются по схеме, включающей окислительный обжиг, аммиачное выщелачивание огарка, обработку твердых остатков аммиачного выщелачивания горячими растворами соды для доизвлечения молибдена. Получаемые твердые остатки аммиачного выщелачивания являются отвальными отходами молибденового производства, которые, как и черные отвалы, вывозят на отвальное поле.

Химический состав отвалов, % по массе: SiO₂ – 63,24; Fe – 9,80; CaO – 4,14; Al₂O₃ – 4,00; Mo – 3,58; Cu – 2,85; Mg – 0,52; As – 0,1; S_{общ} – 1,45. Помимо этого молибденосодержащие отвалы с отвального поля содержат: Pb, Zn, Mn, W, Ba, Ti от 1,0 до 0,1%; F, Co, Ni, Se, Cr, Sr, Sb от 0,1 до 0,02 %; Hg, Cg, V, Bi, Sn от 0,01 до 0,001 %.

Все отвалы складываются на открытой площадке, что приводит к повышенному загрязнению всех сфер обитания из-за широкого колебания метеорологических факторов и химизма процесса в теле отвального поля.

Все компоненты, содержащиеся в отвалах, относятся согласно СНИП 4630-80 от 04.07.88 к 2 классу опасности и могут быть источником загрязнения окружающей среды, в первую очередь, грунтовых вод, вследствие выщелачивания атмосферными осадками. Площадки для хранения отвалов не имеют защитных экранов или водоупорных устройств от растворов, загрязненных вредными примесями, поэтому грунт под отходами и грунтовые воды насыщаются многочисленными экологически опасными компонентами. Вещественный состав указывает на наличие миграционной активности металлов как в катионной, так и в анионной форме и, следовательно, на активную возможность их перехода в грунтовые и подземные воды. Можно ожидать гидролиза ферритов, силикатов кальция, алюминия, натрия с образованием щелочных растворов, а также окисления сульфидных составляющих, вымывания хемосорбированных на гидроксидах железа анионных форм вольфрама и молибдена и др.

Подтверждением этих положений являются результаты опытов по определению растворимости веществ, входящих в состав отвалов, которые длительное время считались нерастворимыми. Доказана технологическая возможность использования молибденошеелитовых отходов. Разработан испытательный состав внесения отходов молибденошеелита в качестве мелкого заменителя в производство бетона. На основании чего выведена формула изобретения – Патент № 2521293. Способ приготовления бетонной смеси, включающий смешивание портландцемента с отходами промышленности, отличающийся тем, что в качестве дополнительного сырья используют молибденошеелитовые отходы и органический

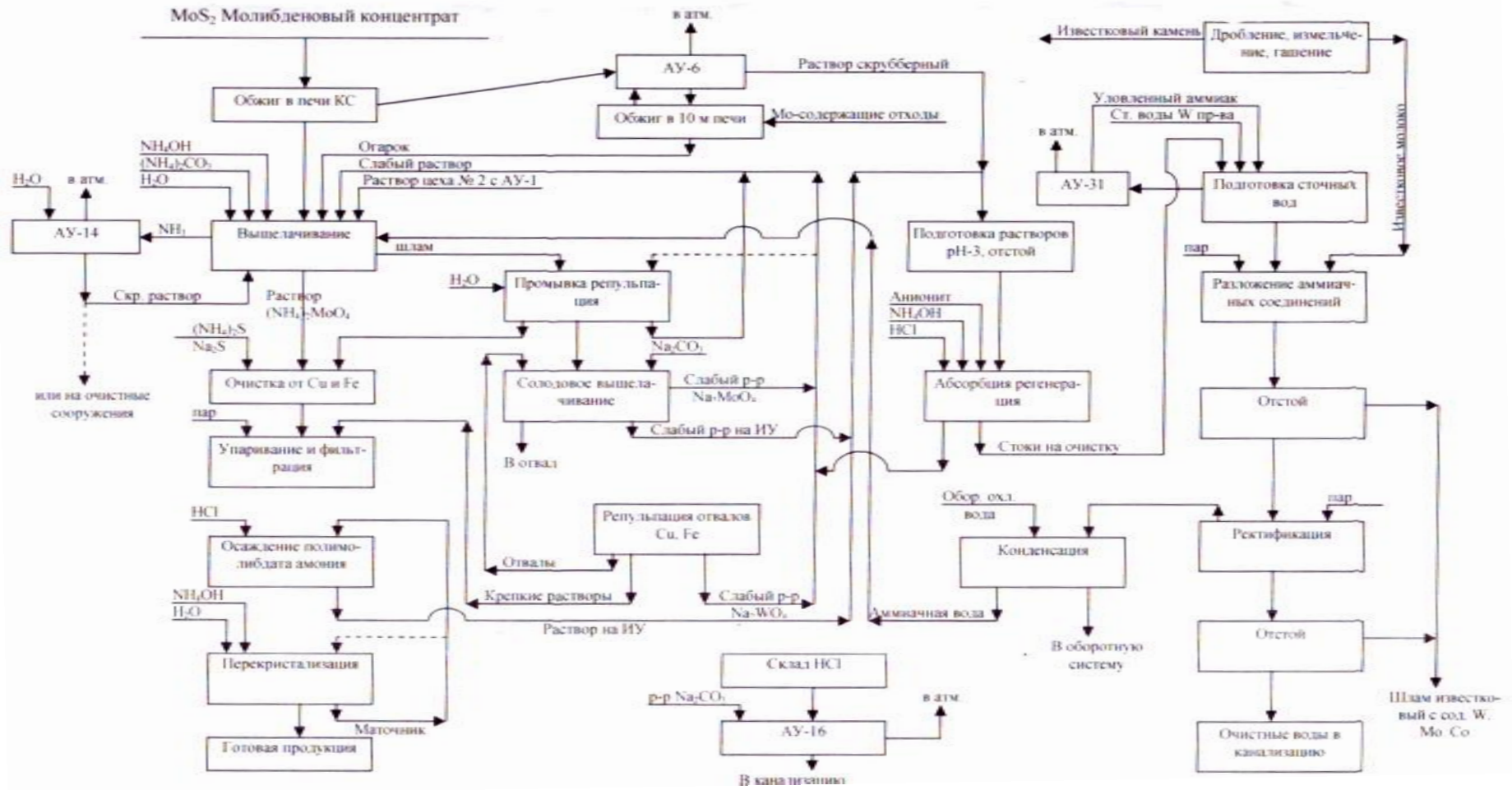


Рис. 1. Технология получения молибденошеелитовых отходов

наполнитель – измельченные кукурузные кочерыжки в следующем соотношении компонентов, мас. %:

портландцемента	25–30
щебенка	12–15
песок	15–18
молибденошеелитовые отходы	9–18
кукурузные кочерыжки	7–8
вода	остальное.

Молибденошеелитовые отходы отобраны из отвалов, расположенных в северо-восточной части г. Владикавказа. В соответствии с заключением специализированной лаборатории при Ростовском государственном университете, состав сырья удовлетворяет требованиям экологической безопасности (от 25.02.2000 г. № 301/285). Молибденошеелитовые отходы после очистки от растворов тяжелых металлов содержат: Мо общий – 2,5–3,0 %, Мо выщелоченный – 0,7–1,0 %, Cu – 30,5 %, Fe – 12,4 %, S – 15 %. Кукурузные кочерыжки – отход сельскохозяйственного производства, обычно используется в промышленности для производства фурфурола и активированного угля. Химический состав стержня (отсутствие смол, воска, тяжелых металлов (нейтральное pH)) обеспечивает идеальный органический носитель, в состав которого входят: лигнин – 8 %, целлюлоза – 42 % и другие безопасные для окружающей среды вещества. Кроме того, кукурузные кочерыжки обладают высокой сорбционной способностью поглощать вредные для жизнедеятельности вещества (радионуклиды, тяжелые металлы и др.). Для приготовления бетонной смеси подготавливают и дозируют сырьевые компоненты. Песок, щебенку и портландцемент смешивают, добавляя молибденошеелитовые отходы, измельченные кочерыжки и воду. Полученную бетонную смесь укладывают в металлические формы для затвердения с последующей транспортировкой готовой продукции. Изобретение относится к способу производства строительных материалов, в частности к технологии приготовления бетонных смесей, и может найти применение при выполнении монолитных бетонных работ для изготовления стеновых блоков, которые могут быть использованы при возведении складских помещений, гаражей и ограждений. Технический результат заключается в повышении прочности бетона и получении экологически безопасной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фергюссон Г. А., Филипс М. С. Деятельность и различные вопросы связанные с обеспечением качества воздуха // Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды. Л., 1989. С. 22.
2. Алборов И. Д. Технология управления экологической безопасностью окружающей природной среды на горных предприятиях Северного Кавказа. Владикавказ, 1999, С. 7–15.
3. Алборов И. Д. Государственный доклад Министерства экологии РСО-А // Вестник МАНЭБ. № 9. 1999.
4. Попов Л. Н. Лабораторный практикум по предмету «Строительные материалы и детали». М.: Стройиздат, 1970.
5. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т. 3. Калуга, изд-во Н. Бочкаревой, 2003.
6. ПНООЛ ООО «Стройкомитет».
7. Свитсунов Н. В., Башура Ю. П. // Устойчивое развитие горных территорий. 1998.
8. Хубаева Г. П. «Использование отходов молибденошеелита в керамическом производстве и вовлечение под отвальных земель в биологический оборот города Владикавказа». С. 287–288.

УДК 621.311

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО ОБЪЕКТАМ
ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ
ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Бабочиев О. Р., аспирант

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

e-mail: babochiev_oleg@mail.ru

Поиск оптимального решения при организации автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов на обширных территориях приводит к целому комплексу проблем, одна из которых – организация надежной связи между удаленными объектами и пунктами сбора и анализа информации. Эта задача на территории нашей страны обретает свои, иногда не до конца понимаемые за рубежом оттенки. Климатические условия, масштабность, большие расстояния сплелись здесь в один узел противоречивых требований. Не секрет, что проводные линии связи наиболее надежны, но при построении протяженных каналов передачи информации могут стать нерентабельны.

В данной статье приводится сравнительный анализ методов передачи информации о потреблении энергоресурсов, и выделяются наиболее оптимальные из них в условиях развития горных территорий

Ключевые слова: автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ), информационно-вычислительный комплекс электроустановки (ИВКЭ), передача данных, беспроводные сети, канал связи.

Optimizing the organization of the automated monitoring systems and the account of power resources over large areas leads to a whole range of issues, one of which – the organization of reliable communications between remote objects and items to collect and analyze information. This problem in our country finds its own, sometimes not fully understood abroad shades. Climatic conditions, scale, long distances intertwined here in a knot of conflicting claims. It is no secret that the wired links are most reliable, but the construction of extensive information channels may become unprofitable.

This article provides a comparative analysis of methods for transmission of information on the consumption of energy resources in the conditions of the development of mountain areas and highlights the best of them.

Key words: automated system of control and metering of energy (AMR), information – computational complex electrical systems (IVKE), data transmission, wireless network, communications channel.

Наиболее распространенным и эффективным способом учета и контроля энергоресурсов являются системы автоматизированного контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ). Разновидностей систем АСКУЭ большое множество. Есть так называемые универсальные системы, позволяющие вести учет и контролировать показатели потребления

основных видов энергоресурсов, есть и узкоспециализированные, направленные на решение небольшого объема задач. В целом основные структурные компоненты у систем контроля и учета энергоресурсов схожи. Одним из ключевых элементов систем АСКУЭ является организация передачи данных о потреблении энергоресурсов от потребителей в центры сбора информации. От того насколько эффективно будет организован процесс передачи, будет зависеть конечный результат учета. Рассмотрим и проанализируем основные способы передачи информации о потреблении энергоресурсов (рис. 1).

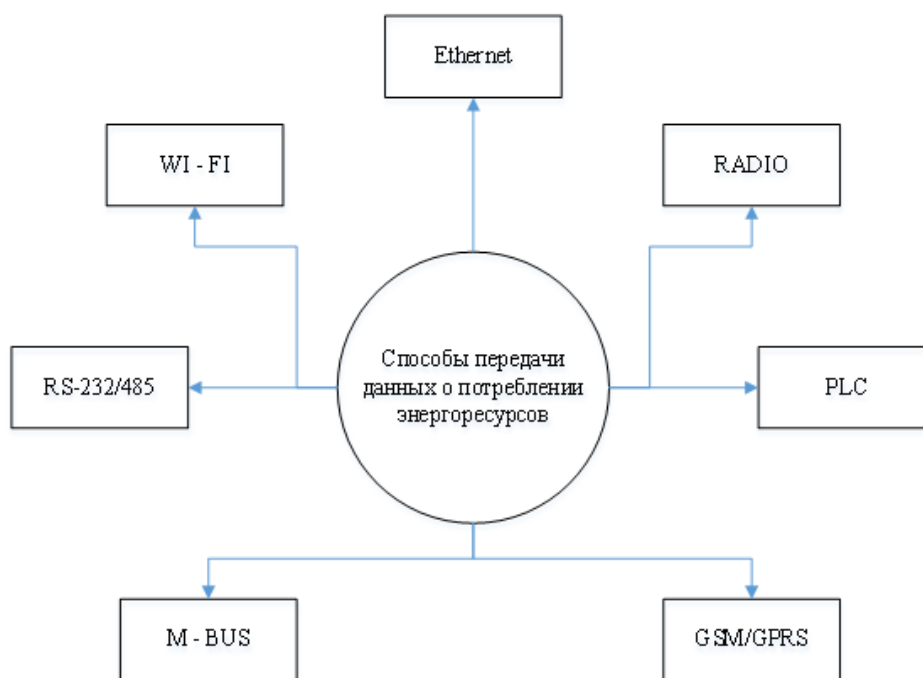


Рис. 1. Способы передачи данных о потреблении энергоресурсов

PLC. Технология PLC (Power Line Communication) – телекоммуникационная технология, базирующаяся на использовании силовых электросетей для высокоскоростного информационного обмена. Эксперименты по передаче данных по электросети велись достаточно давно, но низкая скорость передачи и слабая помехозащищенность были наиболее узким местом данной технологии. PLC-технология использует различные виды модуляции, каждая из которых имеет свои недостатки и преимущества.

Power Line технология может быть использована при создании локальной сети в небольших офисах (до 10 компьютеров), где основными требованиями к сети являются простота реализации, мобильность устройств и легкая расширяемость. Основой технологии Power Line является использование частотного разделения сигнала, при котором высокоскоростной поток данных разбивается на несколько относительно низкоскоростных потоков, каждый из которых передается на отдельной поднесущей частоте с последующим их объединением в один сигнал [1].

RADIO. Передача данных посредством радиоканала на безлицензионной частоте 433 МГц или 866 МГц. Применяется для передачи данных об энергопотреблении от счетчиков в УСПД. Применяется в случаях, когда прокладка информационного кабеля либо технически невозможна, либо экономически нецелесообразна.

Сеть передачи данных с использованием радиомодемов может быть оперативно развернута практически в любом географическом регионе. В зависимости от используемых

приемопередатчиков такая сеть может обслуживать своих абонентов в зоне радиусом от единиц до десятков километров.

Модемы осуществляют передачу данных на скоростях от 1,2 до 38,4 кбит/с и на расстоянии до 50 км. Некоторые модели поддерживают режимы работы «точка – точка», «точка – много точек» и режим ретрансляции, что позволяет реализовывать любую конфигурацию сети. Основное применение промышленных радиомодемов в местах, где невозможно или нецелесообразно использовать проводную передачу данных. Индустриальные радиомодемы используют интерфейсы RS232, RS422, RS485, USB и Bluetooth.

Достоинства: передача данных от счетчиков к УСПД осуществляется по радиоканалу, что сокращает трудозатраты и стоимость внедрения системы, т. к. отпадает необходимость прокладывать информационные кабели.

Недостатки: в системах со встроенными в счетчики радиомодемами есть необходимость в прокладке нескольких кабелей, соединяющих УСПД и радио-ретрансляторы. Радио-ретрансляторы устанавливаются в ключевых точках и к ним необходимо прокладывать информационный кабель [2].

RS – 485, RS – 232. Передача данных посредством проводных последовательных интерфейсов применяется для передачи данных об энергопотреблении как от счетчиков в УСПД, так и от УСПД в центр сбора информации.

Интерфейс RS-485 обеспечивает обмен данными между несколькими устройствами по одной двухпроводной линии связи в полудуплексном режиме. RS-485 обеспечивает передачу данных со скоростью до 10 Мбит/с. Максимальная дальность зависит от скорости: при скорости 10 Мбит/с максимальная длина линии – 120 м, при скорости 100 кбит/с – 1200 м.

Преимущества: надежная передача данных между устройствами трехуровневой структуры АСКУЭ. Использование небольшого количества проводов при параллельном объединении большого количества устройств.

Недостатки: необходимость прокладки кабелей.

M-Bus (Meter-Bus) – коммуникационный протокол. Основан на стандартной архитектуре «клиент-сервер». Один из распространённых протоколов передачи данных для ряда специфических электронных устройств, таких как приборы учёта электрической энергии (электросчётчики), тепловой энергии (теплосчётчики), расходомеры воды и газа, некоторые исполнительные устройства и т. п. Данные передаются на компьютерную станцию (сервер) напрямую или через концентраторы, шины M-Bus, а также усилители-повторители сигнала.

Отличие от протоколов Modbus и стандарта RS-485 – другие уровни сигналов, низкая скорость передачи данных (300–9600 бит/с), низкие требования к линии связи, возможность питания устройств от линии M-Bus, отсутствие требования соблюдения полярности. Этот протокол из-за ряда особенностей, не является промышленным и применяется только в тех устройствах, где некритична низкая скорость (и даже потеря части данных). К достоинствам протокола M-Bus можно отнести: минимальные требования к оборудованию и линиям связи, быстроту внедрения и простоту монтажа. Это делает его малозатратным и экономически привлекательным.

Ethernet. Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде – на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3.

В качестве достоинств Ethernet следует отметить простоту установки и эксплуатации; невысокую стоимость реализации, обусловленную простотой и невысокой стоимостью сетевых адаптеров и концентраторов; возможность использования различных типов кабеля и схем прокладки кабельной системы.

К недостаткам применения Ethernet можно отнести: снижение реальной скорости передачи данных в сильно загруженной сети, вплоть до ее полной остановки; трудности поиска неисправностей: при обрыве кабеля отказывает весь сегмент ЛВС, и локализовать неисправный узел или участок сети достаточно сложно.

WI-FI-технология передачи информации по радиоканалам – предназначена для создания беспроводных локальных сетей и беспроводного подключения к Интернету. Это значит, что оказавшись в зоне Wi-Fi, устройства могут взаимодействовать друг с другом, получать и передавать информацию, выходить в Интернет без проводного соединения через так называемые точки доступа. Одна точка доступа может обеспечить довольно широкий охват до ста километров в зависимости от технических характеристик. Как и у любой технологии, здесь есть свои несомненные преимущества и недостатки.

К достоинствам технологии можно отнести: отсутствие сетевых проводов, высокая скорость передачи данных и мобильность, легкая установка.

Недостатки: дальность и скорость передачи Wi-Fi зависит от наличия и интенсивности радиопомех, необходимо учитывать особенности помещения, среду передачи, где находится оборудование, шифрование Wi-Fi относительно слабо защищено от взлома, технология значительно увеличивает энергопотребление мобильного оборудования, что сокращает срок службы аккумуляторных батарей и повышает внутреннюю рабочую температуру устройств.

GSM /GPRS. Сегодня для сбора данных и управления устройствами зачастую применяются беспроводные GSM-технологии. Они отличаются простотой внедрения: не нужны ни провода для подключения устройств к сети, ни дополнительная инфраструктура. Система сбора данных строится на основе существующих сотовых сетей, которые имеют широкую зону покрытия.

Среди способов передачи данных по GSM-сетям в системах учета энергоресурсов широко применяется технология CSD. Ее отличает высокая надежность: передача данных по голосовому каналу (CSD) зачастую возможна, когда использовать GPRS нельзя. Однако характерная черта технологии CSD – повременная тарификация. Это означает, что CSD в основном применима в тех системах, где выполняется редкий опрос удаленных устройств.

Если же требуется частое снятие показаний или необходим постоянный мониторинг устройств системы, более рациональным решением будет передача данных по GPRS (а также 3G и 4G). Для передачи данных как по CSD, так и по GPRS широко применяются различные GSM-модемы. Внедрение более сложных устройств для учета энергоресурсов, как правило, экономически неоправданно: GSM-модем полностью подходит для таких целей.

Области использования анализируемых способов передачи данных в системах контроля и учета энергоресурсов приведены на рисунке 2 [3].

Рассмотренные способы, методы и технологии передачи данных о потреблении энергоресурсов должны удовлетворять следующим требованиям:

- При дистанционном сборе данных учета передача данных должна осуществляться по обеспечивающим сбор и обмен данными, по стандартным интерфейсам и протоколам обмена типа «запрос-ответ» в автоматическом и автоматизированном (по запросу) режимах;

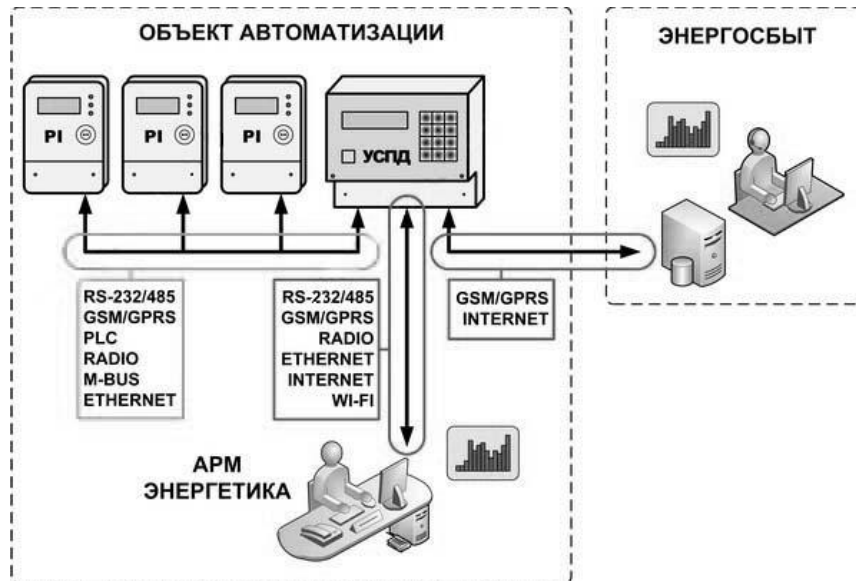


Рис. 2. Использование способов передачи данных в АСКУЭ

- Техническая реализация каналов связи и используемые протоколы передачи данных должны обеспечивать минимальные задержки передачи данных расчетного учета с нижнего уровня на верхний с минимальной временной задержкой, не превышающей 50 % от интервала автоматического сбора данных;
- Передача информации об электропотреблении от счетчика до информационно-вычислительного комплекса электроустановки (ИВКЭ) осуществляется по радиоканалу или GSM/GPRS, PLC, RS-485 и др.;
- Передача информации от ИВКЭ до центра сбора информации осуществляется по каналам сотовой связи стандарта GSM/GPRS, по каналу Ethernet и т. д.
- Технические характеристики каналобразующей аппаратуры должны обеспечивать скорость передачи информации в канале не менее 1200 бит/с.;
- Выбор оборудования и канала передачи данных должен производиться с учетом обеспечения надежности и экономичности (наименьших затрат) передачи данных;
- При использовании каналов связи GPRS для передачи данных со счетчиков, модем должен обеспечивать работу по протоколу GSM в резервном режиме, а также система должна обеспечивать возможность использования стандартных сим-карт любого оператора связи;
- При использовании радиоканала для передачи данных со счетчиков, модем должен обеспечивать работу в mesh сетях с автоматической маршрутизацией передаваемых пакетов данных;
- Передача информации о потребленной электроэнергии от счетчика должна производиться с обязательным шифрованием данных.

При определении типов каналов связи в каждом конкретном случае следует исходить из территориального расположения субъектов и объектов учета и максимального использования собственных телекоммуникационных связей [4].

Вывод

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что беспроводные технологии имеют ряд преимуществ перед проводными, заключающихся в высокой помехозащищенности, качестве и скорости передачи данных. Основным и, я бы сказал, ключевым в выборе способов передачи данных в условиях развития горных территорий, недос-

татком проводных технологий является необходимость прокладки линий связи, а также зависимость скорости передачи данных и протяженности линий от параметров используемого кабеля. Поэтому наиболее подходящим и оптимальным является способ передачи данных о потреблении энергоресурсов, основанный на применении технологии GSM/GPRS.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Наугольнова С. Б., Пазий В. Г.* PLC технологии – перспективы эффективности АСКУЭ // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2013. Вип. 141. С. 34–35. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vkhdtusg_2013_141_12.pdf
2. Радиомодемы, роутеры [Электронный ресурс] URL: «<http://modem-radio.ru/>» (дата обращения: 16.10.2015).
3. *Шинкарев М. Ю.* Каналы передачи данных в АСКУЭ [Электронный ресурс] URL: http://ekontur.by/?page_id=617 (дата обращения 15.10.2015).
4. Техническое задание на создание системы коллективного учета электрической энергии на границе разграничения сетей филиала ОАО «Ленэнерго» Кабельная сеть (Островной РЭС) и собственников многоквартирных жилых домов по Петроградскому району г. Санкт-Петербурга, 2012.

УДК: 504.55.054

МЕТОД ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САДОНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Босиков И. И., канд. техн. наук, доцент
Кожиев Х. Х., д-р техн. наук, профессор
Битаров Б. М., ст. преподаватель
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
Владикавказ, Российская Федерация

В статье рассматривается разработка научно-методологических основ подземного выщелачивания бедных полиметаллических руд, обеспечивающих повышение эффективности освоения месторождений за счет оптимизации технологических параметров. Ускорение сроков эффективного освоения запасов бедных полиметаллических руд при гибком проектировании горно-технических систем шахтного подземного выщелачивания с учетом особенностей Жезказганских месторождений.

Эффективность освоения месторождений бедных полиметаллических руд повышается при реализации научных и методологических основ конверсии традиционного горного производства на технологию шахтного подземного выщелачивания полиметаллов.

Повышение полноты использования недр и эффективности разработки месторождений достигается при оптимизации технологий подземного выщелачивания полиметаллических руд на стадии их закисления и выщелачивания.

Ключевые слова и фразы: подземное выщелачивание, эффективная технология, месторождение, залежь, полезный компонент, полиметаллическая руда, рентабельность, концентрат, проектирование.

AN UNDERGROUND LEACHING METHOD OF STRATIFORM FIELDS USEFUL COMPONENTS IN KAZAKHSTAN

Bosikov I. I., candidate of Technical Sciences, associate professor
Kozhiev H. H., Ph. D of Technical Sciences, professor
Bitarov B. M., senior lecturer
North Caucasus Institute of mining and metallurgy (State Technical University)
Vladikavkaz, the Russian Federation

This article is devoted to the development of scientific and methodological foundations of the poor ores to enhance the effectiveness of the field development by optimizing the technological parameters. Accelerating the development of the effective inventory of the poor ores with a flexible projection of mining systems taking into account features for the Zhezkazgan field.

Efficiency of the development of poor polymetallic ore fields increases by the realization of scientific and methodological bases on technology of mine underground leaching by the optimization of underground leaching polymetallic ore technologies.

Increasing the efficiency of mineral resources use and the efficiency of mining is achieved by optimizing the technology of underground leaching ores in the stage of acidification and leaching.

Key words: *underground leaching, efficient technology, ore field, ore deposit, useful component, polymetallic ore, profitability, concentrate, projection.*

Актуальность. Начиная с 2008 г., цветная металлургия России испытывает трудности, связанные с общим кризисом экономики страны, добыча руд цветных металлов снизилась на 42 %, производство медных – на 7,8 %, свинцовых концентратов – на 3,9 %, а цинковых – на 23 %.

Переработка клинкера остается одной из актуальных задач в общей проблеме экологической безопасности не только г. Владикавказа, но и всей территории горных регионов, поэтому в экологическом аспекте ее решение является неотложным. По состоянию на 1.01.2010 г. в селиктебно-промышленной зоне города накопилось более 3 млн т. клинкера. Отвалы занимают более 25 га, поэтому они деградируют окружающую среду, загрязняя взвешенными и серосодержащими частицами не только санитарную зону завода, но и пространство далеко за его пределами. Поэтому возникает необходимость разработки технологических решений по минимизации вредного воздействия этого источника загрязнения на природную среду. Решение этой задачи позволит снять негативные экологические проблемы, включая экозависимость здоровья населения, с возможным вовлечением подотвальной территории в биологический оборот [1, 177; 2, 24].

Уменьшение запасов полиметаллических руд, залегающих в благоприятных горно-геологических и экономико-географических условиях, с одной стороны, и постоянное возрастание потребности промышленности в меди, свинце и цинке – с другой, предполагает освоение рентабельных методов добычи ранее не осваиваемых запасов бедных и забалансовых полиметаллических руд и более рациональное использование недр на действующих полиметаллических рудниках [3, 155].

Одним из путей успешного решения такой задачи является проектирование и широкое использование способов подземного и кучного выщелачивания при разработке полиметаллических месторождений.

На современном этапе актуально использовать эффективные технологии для переработки и добычи полезного компонента.

Целью исследований является разработка научно-методологических основ подземного выщелачивания бедных полиметаллических руд, обеспечивающих повышение эффективности освоения месторождений за счет оптимизации технологических параметров [1, 71].

Для подготовки блока руды к выщелачиванию вначале производится выемка компенсационного пространства в нижней части блока.

Руда из компенсационного пространства доставляется на поверхность, где организуется ее кучное выщелачивание. При этом основание под отвал кучи готовится заранее, чтобы обеспечить надежную гидроизоляцию.

После выемки компенсационного пространства производится гидроизоляция. В первую очередь бетонируется сульфатостойким бетоном днище блока, а затем боковые стенки компенсационного пространства.

Выщелачивающий раствор будут подавать в блок сверху. Просачиваясь через толщу руды, выщелачивающий раствор будет обогащаться медью и цинком. Точно также на второй стадии выщелачивания выщелачивающий раствор будет обогащаться свинцом.

После выщелачивания в течение некоторого времени крупная часть руды будет выпущена через дучки и подвергнута вначале дроблению, а затем измельчению в планетар-

ных мельницах. Измельчение в данных мельницах организовано таким образом, что при ударе шара по частице руды выделяется такое количество энергии (получается низкотемпературная плазма), которая способна превратить сульфиды металлов в оксиды.

После измельчения активизированная руда в виде пульпы закачивается снова в блок, где происходит ее интенсивное выщелачивание, а также довыщелачивание оставшегося в блоке крупного материала. Кроме механоактивации процесса выщелачивания частиц руды, будет осуществляться химическая активизация путем добавления интенсифицирующих добавок (ноу-хау).

Полученный при выщелачивании продуктивный раствор направляется на выщелачивание соседних блоков, чтобы получить богатый продуктивный (товарный) раствор.

Продуктивный раствор (продуктивная концентрация в нем определяется по меди) направляется на цементацию меди.

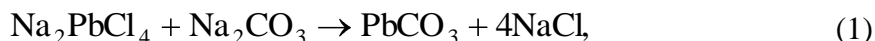
Цементация меди осуществляется в наклонном вращающемся барабане из нержавеющей стали. Железный скрап загружают в верхнюю часть цементатора, готовая цементационная медь выходит из нижнего конца барабана. Продуктивный медьсодержащий раствор подается также в верхнюю часть цементатора. Цементационная медь поступает после сушки далее на медеплавильный завод основного производства. Здесь она вначале загружается в конвертер. В результате плавки в конвертере получается черновая медь. Черновая медь направляется на переплавку в анодную печь. Здесь получают аноды, которые загружаются в электролизные ванны. После электролиза получается катодная медь (товарный продукт) и анодный шлам. Анодный шлам подвергается переработке для извлечения из него золота и серебра.

Следует отметить, что указанная схема переработки цементационной меди в течение ряда лет осуществлялась на Балхашском горно-металлургическом комбинате и была хорошо отработана.

После цементации меди сульфатный раствор содержит цинк и железо. Для извлечения цинка используется способ экстракции органическим веществом – Ди-2-этилгексилфосфорной кислотой. В результате получается органическая фаза, насыщенная цинком. Далее органическая фаза с цинком обрабатывается раствором серной кислоты концентрацией 150–200 г/л. Получается концентрированный раствор цинка (резкстракт), содержащий цинка до 80 г/дм³.

Резкстракт подвергается глубокой очистке от примесей и далее поступает на электролиз. В результате электролиза получается катодный цинк. Его переплавляют в специальных печах и после этого разливают в изложницы в виде чушек. Чушковый цинк является готовым товарным продуктом [4, 78].

Выщелачивание свинца из не растворившейся оставшейся руды (вторая стадия) осуществляется раствором хлористого натрия. Полученный свинец – содержащий продуктивный раствор, обрабатывается раствором карбоната натрия. Осаждается карбонат свинца по реакции:



являющийся готовым свинцовым концентратом высокого качества (70–75 %).

Для повышения экономической эффективности схема переработки растворов этого концентрата может быть переработана на дефицитные и дорогие соли свинца: трехосновной сульфат свинца (ТОСС), нитрат свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Эти соли имеют значительно более высокую стоимость, чем исходный концентрат.

В то же время технология получения солей свинца отличается сложностью и высокими эксплуатационными расходами.

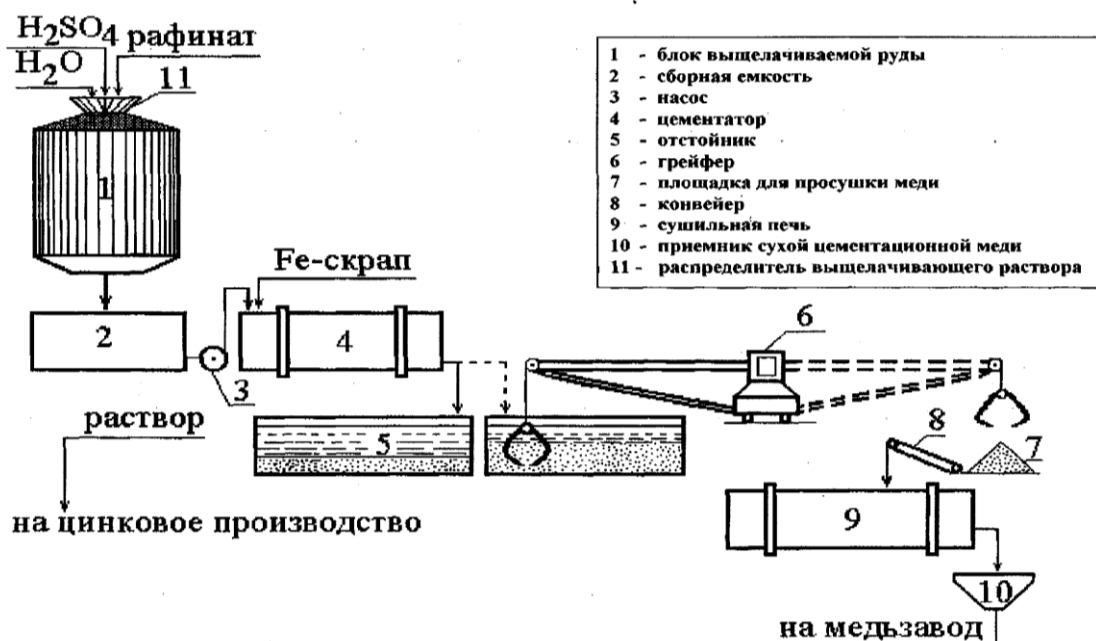


Рис. 1. Схема цепи аппаратов промышленной установки цементации меди на железном скрапе из продуктивных растворов после подземного выщелачивания

Из блока выщелачиваемой руды (1) поступают продуктивные растворы с концентрацией меди 2–3 г/дм³ в сборную емкость (2). Из сборной емкости (2) продуктивные растворы с помощью насоса (3) направляются в барабанный цементатор (4). Сюда также загружается железный скрап (стружки после механической обработки заготовок). Цементационная медь, состоящая из водной пульпы, в которой имеются частицы железа и его гидроксидов, поступает в отстойник (5). После отстаивания в отстойнике цементационная медь вычерпывается из него с помощью грейферного крана (6) и сыпается на площадку для подсушки (7). С помощью конвейера (8) подсушенная медь далее направляется в сушильную барабанную вращающуюся печь (9). Из приемника (10) сухая цементационная медь попадает на медеплавильный завод в конвертерный цех.

Здесь цементационная медь шихтуется совместно с основными материалами, идущими в конвертер, и плавится на черновую медь. Черновая медь поступает на плавку анодов в анодоплавильную печь. Полученные аноды подвергаются электролизу. При электролизе медные аноды растворяются в растворе серной кислоты и из образовавшегося сульфата меди происходит электроосаждение меди на катоде. Получается конечный продукт – катодная медь и анодный шлам, выпадающий около анодов. Из него путем специальной переработки извлекается золото и серебро.

После цементации меди из продуктивных растворов, в них остаются цинк и железо. При этом концентрация цинка весьма незначительная (1–3 г/дм³). Прямой электролиз цинка из таких бедных растворов технически невозможен. Для того чтобы провести электролиз, необходимо сконцентрировать цинк в растворе до величины минимум 65–80 г/дм³. Подобное концентрирование возможно с применением, так называемых, экстрагентов.

Экстрагент, это, как правило, органическое вещество, синтезированное на базе фосфорной кислоты. Это органическое вещество избирательно (селективно) взаимодействует в растворе серной кислоты с катионом цинка и переводит его в фазу экстрагента, не затрагивая практически другие катионы. Соответственно в раствор из фазы экстрагента переходят ионы, имеющиеся в составе экстрагента. Таким образом, экстракция, по существу, представляет собой жидкостный ионный обмен.

Сущность экстракции состоит в том, что в цинксодержащий продуктивный раствор вводится экстрагент, и получившаяся смесь перемешивается.

Для уменьшения вязкости экстрагента и облегчения самого процесса экстракции, экстрагент разбавляется менее вязкой органикой, например, авиационным или осветленным керосином. В результате ускоряется диффузия (движение) катионов цинка из раствора в экстрагент.

Для того чтобы получить богатый по цинку раствор, пригодный для электролиза, обогащенная органическая фаза (экстрагент) обрабатывается раствором серной кислоты высокой концентрации (120–180 г/дм³). Эта операция называется реэкстракция. Поскольку при этом можно взять сколь угодно малый объем реэкстракта, то и концентрацию цинка в реэкстракте можно иметь сколь угодно высокую. Однако из-за влияния различных факторов, снижающих концентрацию цинка в реэкстракте, приходится ограничиваться технически приемлемой концентрацией цинка.

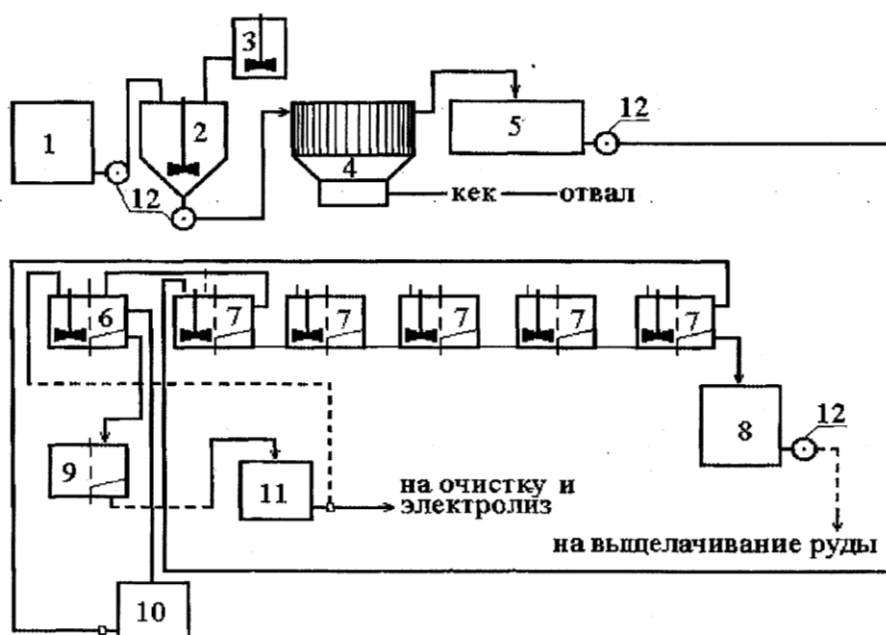
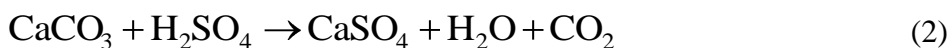


Рис. 2. Схема цепи аппаратов установки по экстракционному концентрированию цинка перед электролизом:

- 1 – бак-сборник продуктивного раствора, 2 – бак корректировки pH,
3 – бак гидрооксида кальция, 4 – пресс-фильтр, 5 – бак питания экстракции,
6 – реэкстрактор, 7 – экстракторы, 8 – бак сборник рафината, 9 – отстойник,
10 – бак экстрагента, 11 – бак электролита(реэкстракта), 12 – насосы

На практике процесс экстрагирования цинка из его продуктивных растворов состоит в следующем. Раствор после цементации меди на железном скрапе поступает в сборную емкость (1) продуктивных цинксодержащих растворов и из нее с помощью насоса (12) направляется в реактор (2), где раствор обрабатывается известняком, чтобы снизить содержание свободной серной кислоты в растворе после цементации меди. Дело в том, что экстракция хорошо идет при показателе pH, равном 3,0–4,0. Это означает, что свободной серной кислоты в растворе должно остаться в пределах 0,05–0,005 г/дм³. В результате взаимодействия известняка с серной кислотой, снижается концентрация последней и образуется сульфат кальция:



Полученный сульфат кальция отфильтровывается на фильтр-прессе (4), куда пульпа подается из раствора (2) насосом (12).

После фильтрации получаются два продукта – кек, направляемый в отвал, и продуктивный раствор, поступающий в бак питания экстракции (5).

Экстракция цинка проводится в пяти последовательно работающих экстракторах. Раствор из бака (5) поступает в смеситель первого экстрактора и последовательно проходит все экстракторы. Экстрагент подается в смеситель пятого (последнего) реэкстрактора (из поз. 10) и затем передается в предыдущие экстракторы.

Обогащенный цинком экстрагент в смесителе реэкстрактора (6) обрабатывается отработанным электролитом (из поз. 11). Нижний слив экстракторов, представляющий раствор после извлечения из него цинка (рафинат), направляется в бак-сборник рафината (8). Отсюда рафинат поступает с помощью насоса (12) в оборот на выщелачивание руды. Перед тем, как поступить на выщелачивание, рафинат подкрепляется серной кислотой в необходимом количестве.

В смесителе реэкстрактора (6) экстрагент обрабатывается, как указывалось выше, отработанным электролитом и концентрированной серной кислотой. После этого смеси дают отстояться и расслоиться. Нижний слив отстойника (цинковый реэкстракт) далее направляется в цех очистки растворов. Верхний слив (экстрагент) через сборные баки закачивается в смеситель пятого экстрактора.

Последующее извлечение цинка электролизом хорошо известно и детально отработано. Переплавка катодного цинка в чушковый технологических трудностей не представляет.

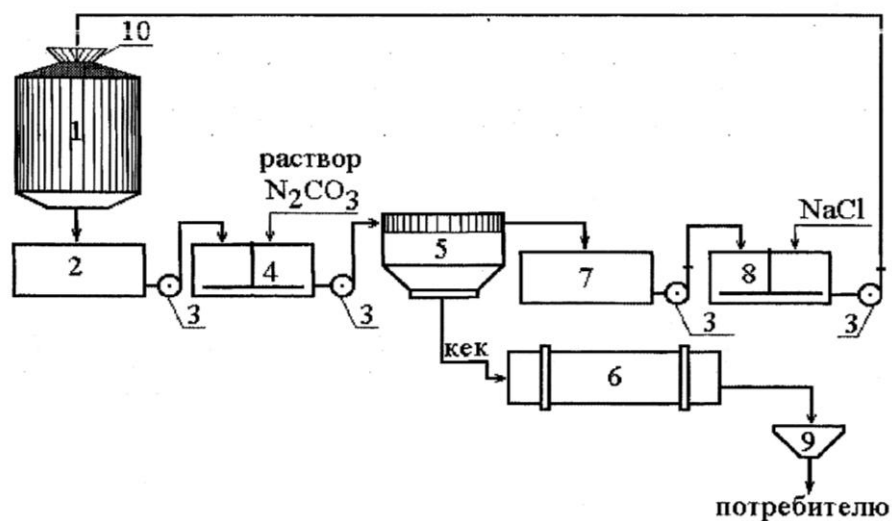


Рис. 3. Схема цепи аппаратов промышленной установки получения свинцового концентрата из продуктивных растворов подземного выщелачивания свинца (вторая стадия выщелачивания руды): 1 – блок выщелачиваемой руды, 2 – сборная емкость, 3 – насосы, 4 – реактор, 5 – фильтр-пресс, 6 – сушильная печь, 7 – сборная емкость оборотного раствора, 8 – емкость для приготовления выщелачивающего раствора, 9 – приемник сухого концентрата, 10 – распределитель выщелачивающего раствора

После выщелачивания меди и цинка растворами серной кислоты (первая стадия выщелачивания), руда подвергается выщелачиванию раствором хлорида натрия для извлечения в раствор сульфата свинца, образовавшегося на первой стадии выщелачивания, но оставшегося в руде, поскольку $PbSO_4$ нерастворим в воде и растворах серной кислоты. Для его извлечения используется раствор хлорида натрия. Получение свинцового концентрата осуществляется следующим образом.

Продуктивный раствор из блока (1) поступает в сборную емкость (2) и оттуда насосом (3) перекачивается в реактор (4). Туда же поступает и раствор карбоната натрия.

В результате реакции $\text{Na}_2\text{PbCl}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{PbCO}_3 + 4\text{NaCl}$ образуется карбонат натрия, являющийся свинцовым концентратом (70–75 % Pb). Пульпа из реактора (4) с помощью насоса (3) закачивается на фильтр-пресс (5). После фильтрации и промывки кек поступает в сушильную печь (6), где просушивается до необходимой кондиции по влажности (2 %) и через приемник сухого концентрата (9) поступает к потребителю. Раствор после фильтрации карбоната свинца поступает в сборную емкость (7) оборотных растворов и далее с помощью насоса (3) – в емкость для приготовления выщелачивающих растворов (8). Во время приготовления выщелачивающих растворов они подкрепляются хлоридом натрия до необходимой концентрации NaCl (160–200 г/дм³).

В целом схема получения свинцовых концентратов в технологическом отношении достаточно проста, что определяет ее экономичность. Кроме того, для получения свинцового концентрата может быть практически на 100 % использовано баковое и другое оборудование, освободившееся после экстракции цинка [5, 58].

Технологическая схема подземного выщелачивания забалансовой полиметаллической руды показана на рис. 4.

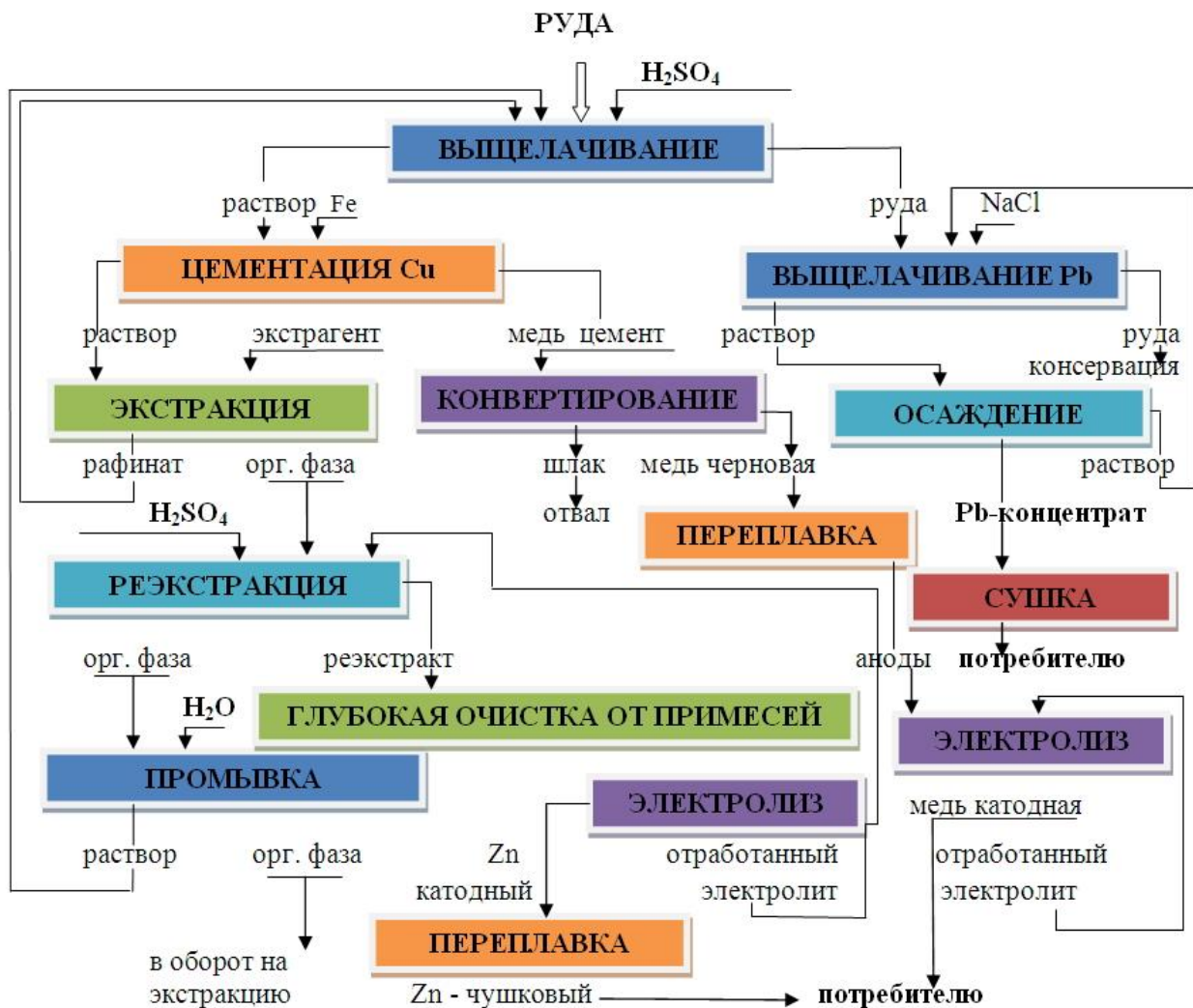


Рис. 4. Технологическая схема подземного выщелачивания забалансовой полиметаллической руды

Заключение

При проведенных исследованиях систематизированы и уточнены методы и средства планирования и управления подземным выщелачиванием полиметаллов, базирующиеся на основе комплекса выявленных закономерностей, происходящих как на стадии подготовки блоков, так и в процессе выщелачивания полиметаллов, проявляющиеся во взаимовлиянии геологических, технологических, экономических и организационных факторов и позволяющие повысить эффективность освоения запасов бедных полиметаллических руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Босиков И. И., Аликов А. Ю.* Исследование закономерностей функционирования ППС горно-перерабатывающего комплекса с помощью математических моделей // Перспективы науки. Тамбов, 2012. № 1 (28). С. 70–72.
2. *Козлов П. А.* Вельц-процесс. М.: Руды и металлы, 2002, 176 с.
3. *Габлина И. Ф., Малиновский Ю. М.* Периодичность меденакпления в осадочной оболочке Земли // Литология и полезные ископаемые, № 2, 2008. С. 155–173.
4. *Щеточкин В. Н., Кисляков Я. М. и др.* Джекказган с позиций пластово-эпигенетического рудообразования // Редкометально-урановое рудообразование в осадочных породах. М.: Наука, 1995. С. 177–200.
5. *Мосинец В. Н., Лобанов Д. П., Тедеев М. Н. и др.* Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания. М.: Недра, 1987.
6. *Шестаков В. А.* Проектирование горных предприятий. М.: МГГУ. 2003. 795 с.
7. *Босиков И. И., Хугаев Р. Р., Пересаев А. С.* Особенности исследования опасных процессов в природно-промышленной системе // Наука и образование в жизни современного общества. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 12 частях. 2015. С. 31–33.
8. *Босиков И. И.* Исследование функционирования природно-промышленной системы с помощью критерия эффективности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3–1. С. 48–52.

УДК 553.41

СВЯЗЬ НАНОРЕЛЬЕФА ПИРИТА И АРСЕНОПИРИТА С ВЕЛИЧИНОЙ АДсорбЦИИ ЗОЛОТА

Воробьев А. Е., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела Российского университета дружбы народов
Москва, Российская Федерация

e-mail: fogel_al@mail.ru

Козырев Е. Н., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электронных приборов Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета)

Владикавказ, Российская Федерация

e-mail: kozyrev@skgmi-gtu.ru

Чаро Оноре, аспирант кафедры Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела Российского университета дружбы народов
Москва, Российская Федерация

e-mail: fogel_al@mail.ru

Представлены результаты сравнительного анализа свойств нанорельефа различных золотосодержащих сульфидов. Описана морфология и микротопография золотосодержащих пиритов и арсенопиритов. Раскрыт механизм адсорбции золота на поверхности сульфидов, который основывается на окислительно-восстановительных реакциях. Показано, что золото в большей степени адсорбируется поверхностью арсенопирита, чем пирита.

Ключевые слова: адсорбция золота, поверхность сульфидов, пирит, арсенопирит, микротопография.

COMMUNICATION NANORELIEF PYRITE AND ARSENOPYRITE WITH THE VALUES OF ADSORPTION OF GOLD

Results of the comparative analysis of properties of a nanorelief of various gold-bearing sulfides are presented. The morphology and microtopography of gold-bearing pyrites and arsenopyrites is described. The mechanism of adsorption of gold on a surface of sulfides which is based on oxidation-reduction reactions is opened. It is shown that gold is more adsorbed by an arsenopyrite surface, than pyrites. The gold adsorption mechanism is explained with defects of a surface of sulfides.

Key words: gold adsorption, surface of sulfides, pyrites, arsenopyrite, microtopography.

В рудах практически всех известных золотосодержащих месторождений присутствует золото самого разного размера (ассоциированное как с сульфидными, так и просто породообразующими минералами – кварцем и др.) [1]. Так, в ассоциации с кварцем золото обычно отлагается в микротрещинах и порах (в свободной или самородной форме).

Причем крупное (видимое) золото зачастую приурочено к межзерновому пространству, микротрещинам и микродислокационным нарушениям в рудообразующих минера-

лах, и при этом имеет округлую (рис. 1) изометричную и неправильную форму [2]. Однако распространение такого видимого золота в рудах (в частности, в золоторудном месторождении Бакырчик, Казахстан) довольно ограничено.

Более широко на таких объектах распространено тонкодисперсное золото, максимальное содержание которого отмечается в продуктивной минеральной ассоциации, где главными рудными минералами являются арсенопирит и пирит [2]. Причем большая часть этого золота присутствует как "невидимое" или нанозолото (частицы которого менее 0,1 мкм) [3]

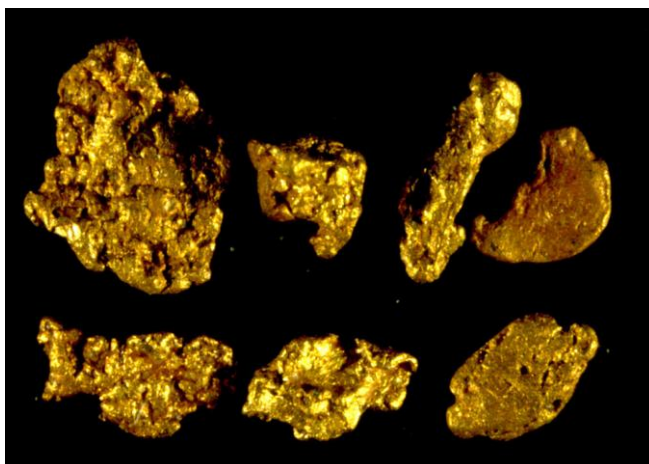


Рис. 1. Морфология золотин

По мнению одних исследователей, «невидимое» золото представлено главным образом ультрамелкими металлическими частицами, возникшими как продукты распада твердого раствора или захваченными в качестве механической примеси [4]. Другие же считают, что это золото находится в сульфидах в атомно-молекулярном рассеянии, изоморфно замещая железо, медь, мышьяк, цинк и свинец в структурах минералов.

Ранее основное внимание исследователей золотосодержащего минерального сырья (геогенного и техногенного) уделялось в основном изучению характеристик форм выделений минеральных зерен, а также показателям их гранулометрии, особенностям внутреннего строения, химического состава, физическим свойствам и т. д. [5].

В частности, золотоносные пириты Бакырчикского месторождения, как правило, имеют пентагондодекаэдрический габитус, который в слабозолотоносных разностях сменяется пентагондодекаэдрами с четким развитием всех граней куба (рис. 2). При этом необходимо отметить, что в бакырчикских рудах золота меньше всего оказалось в минералах с кубической формой [6].



Рис. 2. Кристаллы пирита

Напротив, для золотоносного арсенопирита бакурчикских руд наиболее характерным является тонкоигольчатый и удлиненно-призматический облик кристаллов (рис. 3) и существенное отклонение от стехиометрии кристаллической решетки минеральной матрицы.

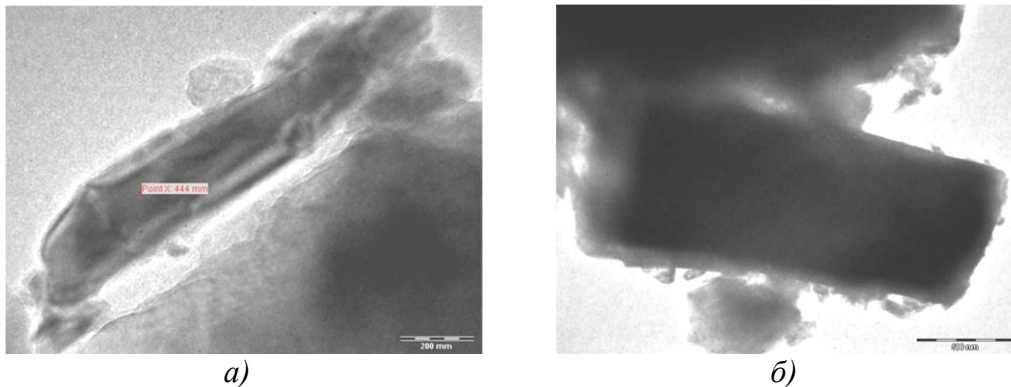


Рис. 3. Изображение игольчатого (а) и удлиненно-призматического (б) арсенопирита (просвечивающий электронный микроскоп – ПЭМ) [6]

Изучению же строения поверхности золотин (рис. 4), описанию деталей микро- и нанорельефа их поверхности (например, нанобугорчатости, нанотрециноватости, нанопористости, а также присутствию на ней различных нанопленок, нановключений, наноборозд и т. д.) было уделено значительно меньшее внимание исследователей [5]. Хотя не первый год известно, что золоторудные месторождения могут формироваться при довольно низкой температуре в водных средах путем восстановительной адсорбции золота на поверхностях FeS_2 и FeAsS [2, 6].

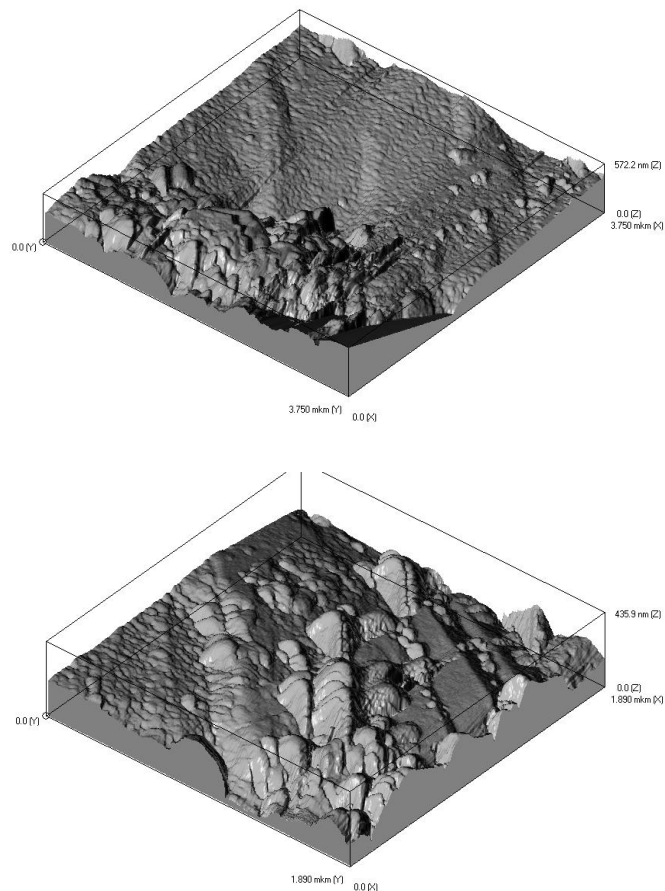


Рис. 4. Наноперехности пирита (2,5*5*1 мкм) (по В. Л. Таусону)

Между тем, в последнее время более детальное изучение поверхностного слоя золотоконцентрирующих сульфидов приобрело особую актуальность. Так, в соответствии с основными положениями теории наноминералов [7], у расположенных близ минеральной поверхности атомов наблюдаются “оборванные” (из-за отсутствия с одной /поверхностной/ стороны атомного окружения) связи. Должная компенсация этих недостающих связей осуществляется, в том числе, за счет уменьшения расстояния между плоскими сетками кристаллической решетки, а также образования структурных элементов с горизонтальными связями (димеримеров или тримеров) [5].

Реакционная способность сульфидных минералов к адсорбции золота из низкотемпературных растворов, в конечном счете, зависит от 3-х свойств их поверхности: химического состава, атомной структуры (которая определяет, какие именно атомы находятся на минеральной поверхности) и микро- и нанотопографии[8].

Для того чтобы понять, как поверхностные характеристики (такие, как химия поверхности и нанотопография) золотосодержащих сульфидов влияют на переотложение золота из низкотемпературных растворов, был осуществлен сравнительный анализ поверхностных реактивных способностей FeS₂ и FeAsS в лабораторных условиях.

При этом необходимо также отметить, что сульфиды FeAsS, как правило, содержат несколько больше золота (рис. 4), чем FeS₂, а концентрация золота в арсенопирите существенно увеличивается с ростом в нем содержания мышьяка. Помимо этого было установлено, что степени уменьшения количества сорбированного золота отвечает следующий ряд сульфидов: блеклые руды → мелко- и тонкокристаллический галенит → халькопирит → пирит → арсенопирит → сфалерит → крупнокристаллический галенит → антимонит → пирротин (Миронов, 1980, 1989, Буряк, 1998).

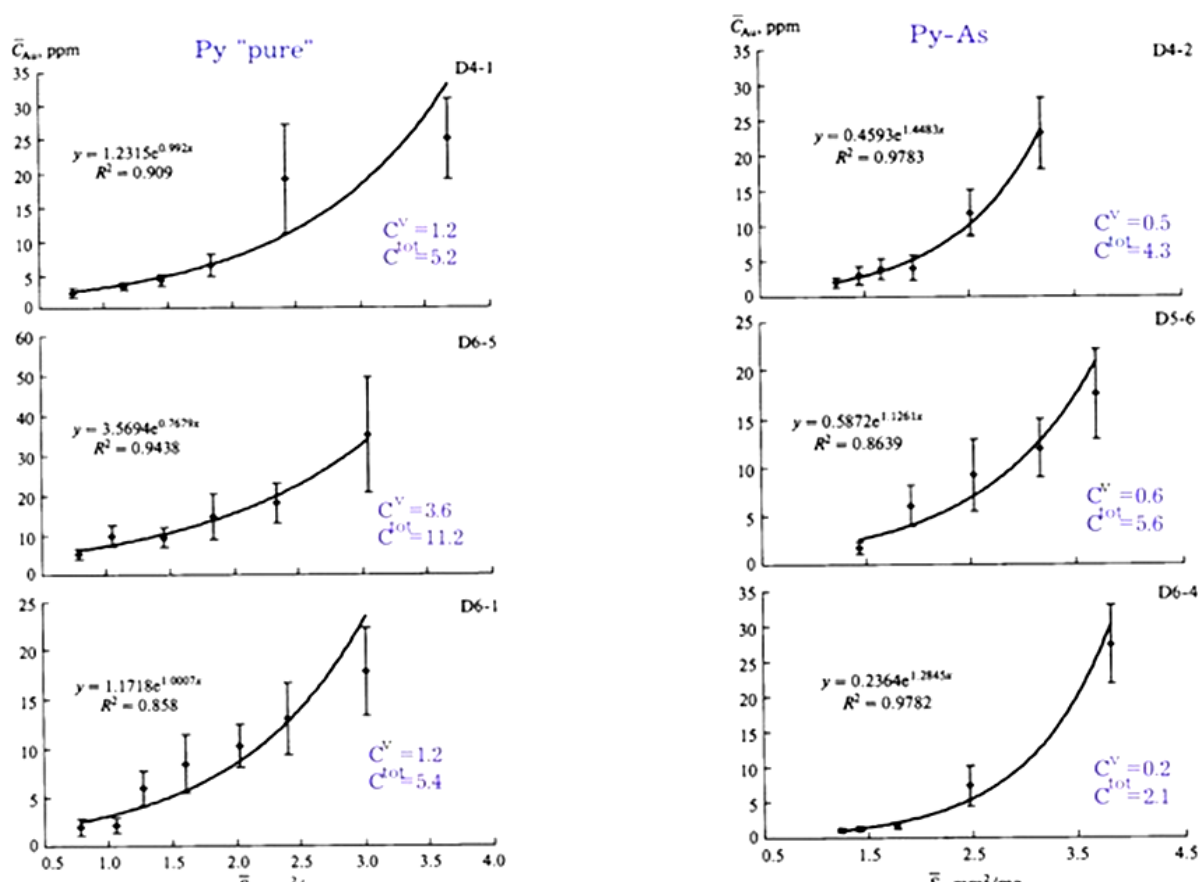


Рис. 5. Зависимость среднего равномерно распределенного золота в пирите от удельной поверхности среднего кристалла (по В. Л. Таусону)

Необходимо отметить, что для сульфидов ранней генерации сорбционная емкость определяется, прежде всего, геохимическим сродством золота и элементов, входящих в состав этих сульфидов (например, мышьяк имеет высокое сродство к золоту, поэтому арсениопирит хорошо поглощает золото). Для сульфидов поздней генерации этот фактор уже не имеет определяющего значения: здесь наиболее важны электростатические и кристаллофизические явления и процессы.

Поэтому важной особенностью бақырчикских руд является существенная концентрация нанозолота в мышьяковистом пирите [6]: здесь содержание As в золотоносном пирите составляет от 1,2 до 4 % (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав золотоносного пирита месторождения Бақырчик [6]

№ пробы	Содержание, масс. %			
	Fe	S	As	Ag
Л-71 (сульфидная руда)	26.15	32.77	2.02	1.12
	22.57	29.76	1.26	1.89
Л-67(концентрат основной флотации)	19.84	17.01	1.79	
	40.95	46.36	3.12	
	33.23	64.84	1.86	0.02
	45.72	50.04	4.05	0.05
	45.09	50.6S	2.89	0.05
	45.40	50.96	2.68	0.04
	44.59	49.94	3.35	0.06
	44.75	50.64	2.44	0.06
Тва 96 (мономинеральная фракция)	41.15	54.31	2.32	
Тва 98 (мономинеральная фракция)	56.93	36.48	3.72	

Механизм адсорбции золота на поверхности сульфидов в настоящее время можно объяснить с позиций существующих представлений об особых физических и химических свойствах наночастиц, которые связаны с огромной удельной поверхностной энергией и их значительной химической активностью (особенно при снижении их размерности до величин порядка 5 нм и менее) [9].

Механизм этого процесса основывается, прежде всего, на окислительно-восстановительных реакциях, где восстановление золота в участках минералов, богатых мышьяком (As), сочетается с его окислением в соседних участках, богатых серой (S).

В проведенных экспериментах по адсорбции золота поверхностью сульфидов измельченные образцы FeS_2 и $FeAsS$ помещали в 100 частей на миллион раствора (промилле) $KAuCl_4 / 1M NaCl$ в течение 24 часов. В результате поверхность $FeAsS$ стала несколько темнее, а его раствор – менее желтым, в то время как с образцом FeS_2 никаких подобных изменений не наблюдалось.

Обработанные таким образом образцы сульфидов были проанализированы посредством СЭМ / ЭДС-анализов. Так, полученные на основе СЭМ-анализа изображения (рис. 6) показывают, что сульфиды $FeAsS$ имели гораздо более большую площадь покрытия золотом по сравнению с FeS_2 .

ЭДС-анализ показал какой химический элемент способен к большей сорбции золота, а отсутствие пика хлора в спектрах означает, что золото было перераспределено в восстановленной форме.

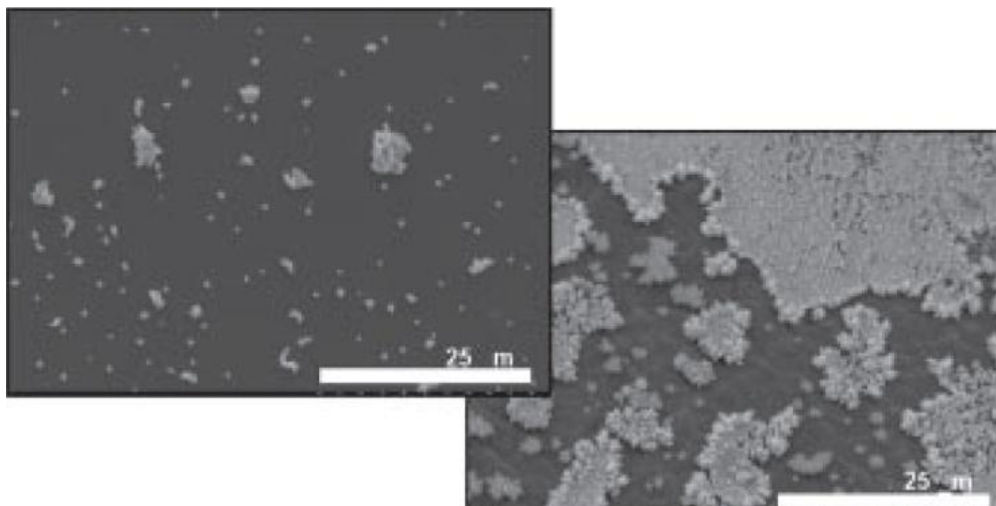


Рис. 6. СЭМ-изображения золотосодержащих образцов FeS₂ (слева) и FeAsS (справа) после 24 часов [10]

Согласно рис. 7, при облучении обработанных образцов FeS₂ и FeAsS пики Au4f находятся вблизи той же энергической связи, что и для Au (0), таким образом, количество Au (III) несколько подсократилось на поверхности минералов.

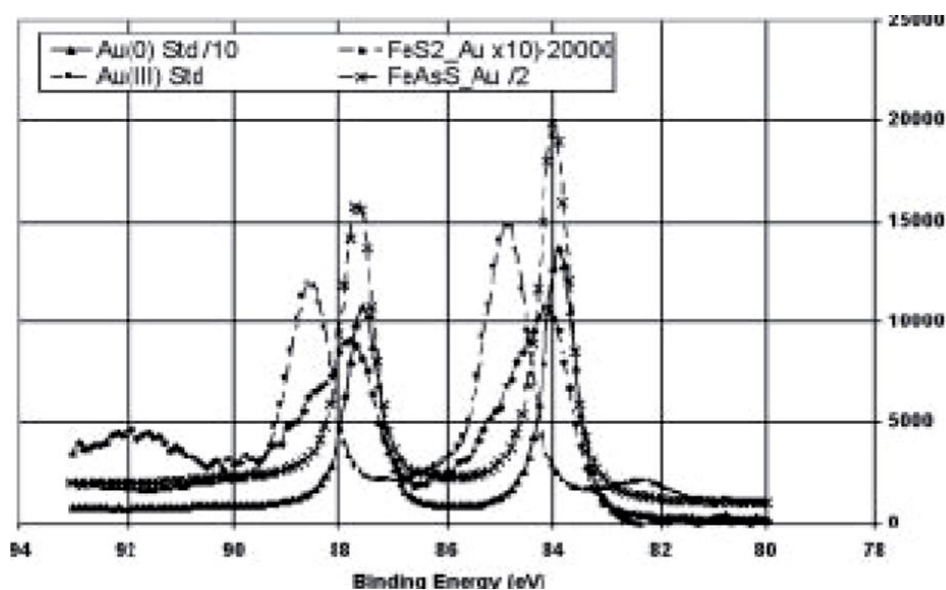


Рис. 7. Сравнительный РФС-анализ пиков между стандартами Au (0) и Au(III) и облученными образцами FeS₂ и FeAsS [10]

Кроме того, получаемые при облучении обработанных образцов FeS₂ пики показывают выступы, которые выходят в области Au (III). Это означает, что на поверхности FeS₂Au (III), возможно, был восстановлен или частично восстановлен Au (I). Отсутствие выступов на пиках FeAsS указывает, что FeAsS существенно облегчает восстановительную адсорбцию по сравнению с FeS₂.

На рис. 8 пики As3d образцового сульфида FeAsS сравнивают с ранее обработанным образцом сульфида, чтобы определить, был ли окислен As и, таким образом, было ли облегчено осаждение золота. Разница в интенсивности пиков указывает на большую долю более высокой степени окисления, наблюдаемую уже после осуществления воздействия.

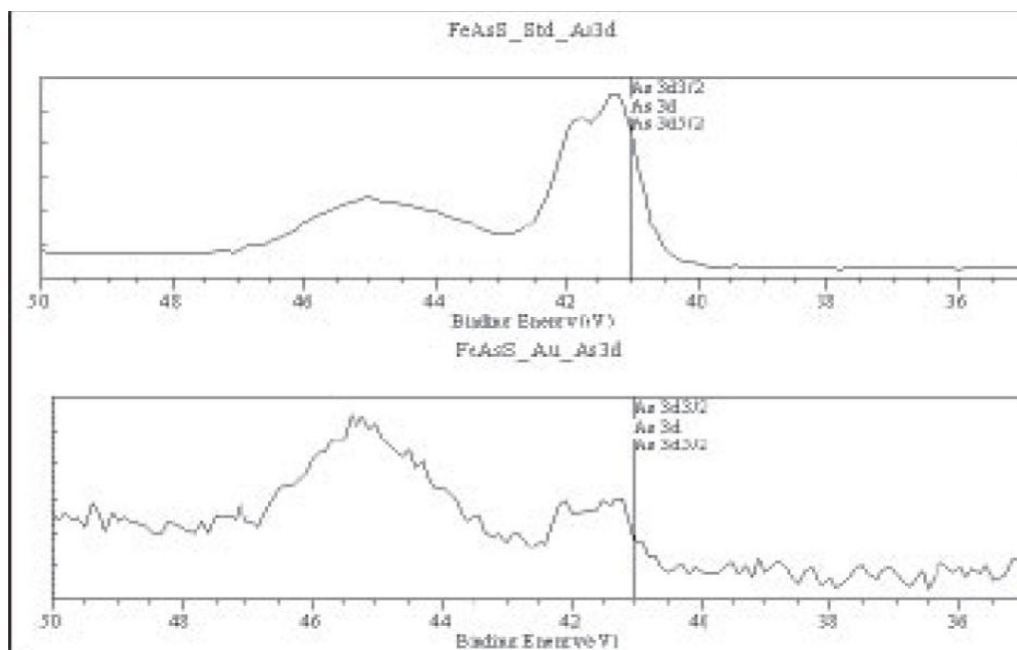


Рис. 8. XPS AS3D сравнительный анализ пиков между стандартом FeAsS (сверху) и после обработки (снизу) [10]

АСМ-анализ был использован для получения изображения роста золота на полированной поверхности сульфидов FeS_2 и FeAsS , как функции времени.

В начале эксперимента поверхность как FeS_2 , так и FeAsS были относительно гладкими. Через 10 минут эксперимента, адсорбированное золото было уже заметно на поверхности обоих образцов, но в большей степени - на поверхности FeAsS . Через 60 минут, вся поверхность FeAsS оказалась им практически полностью покрыта, в то время как поверхность FeS_2 была более редко покрыта адсорбированным золотом.

АСМ-анализ также используется, чтобы увидеть, как влияет микро- и нанотопология минеральной поверхности на избирательную адсорбцию золота.

На рис. 9 показано изображение АСМ-анализа поверхности FeS_2 и FeAsS после контакта с раствором Au (III) в течение 10 минут. Оба образца отображают избирательную адсорбцию золота на различных дефектах поверхности, но в большей степени эти изменения видны на образце FeAsS .

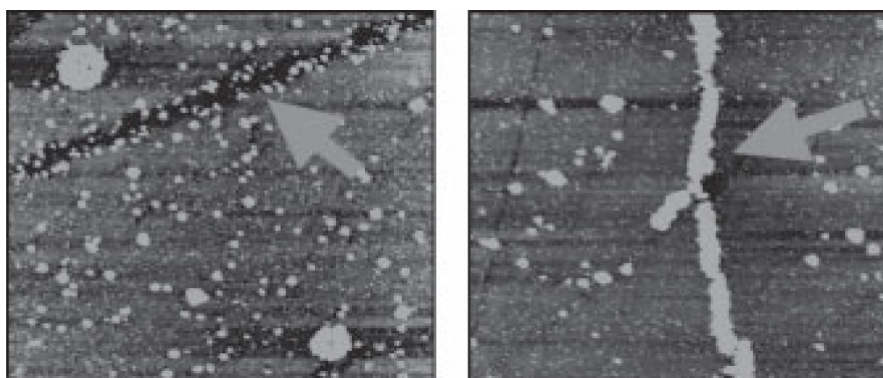


Рис. 9. 20 мкм x 20 мкм АСМ-изображения полированного FeS_2 (слева) и FeAsS (справа) после 10 минутного воздействия [9]

Таким образом было установлено, что Au (III) в большей степени адсорбируется на поверхности FeAsS по сравнению с FeS_2 . В частности, Au (III) восстанавливается до Au (0)

на поверхности FeAsS, а поверхность FeS₂ выявляет признаки сорбции Au (III) и Au (0), а также частично восстановленного Au (I).

При этом адсорбция золота оказалась связанной с физическими дефектами кристаллической структуры сульфидов – границами зерен и дислокациями, а также двойниковыми и межфазными границами минералов [11]. Подобные поверхностные дефекты минералов приводят к значительному искажению их идеальной кристаллической решетки. При этом в области дефектов межатомные расстояния кристаллической решетки чаще всего увеличены, что облегчает диффузионный сток атомов золота в эти области как элемента, обладающего большим размерным фактором (рис. 10).

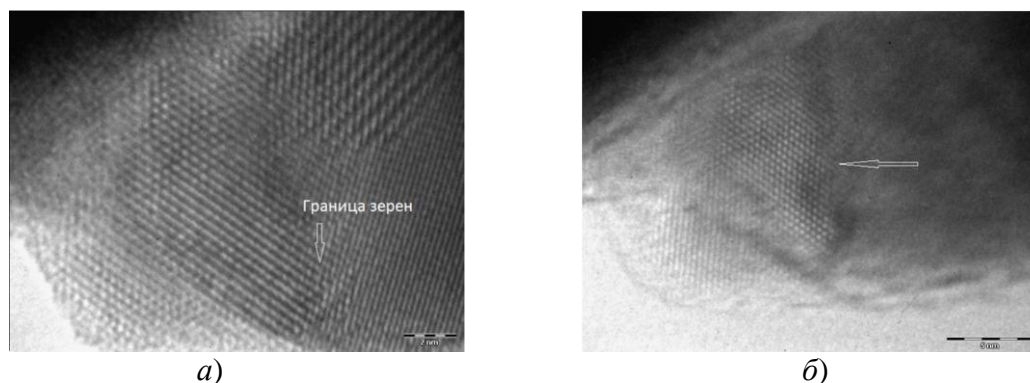


Рис. 10. ПЭМ-изображения наночастиц [6]: а) в арсенопирите; б) в пирите

Результаты исследования позволяют сделать заключение, что дефектная подсистема наноповерхности минеральной матрицы сульфидов является местом адсорбции золота в различных формах, часть из которых может находиться в трудноизвлекаемой форме для существующих технологий, используемых на ЗИФ, [12].

Знание свойств Fe, As и S в сорбционных процессах имеет довольно важную роль для последующей разработки эффективных технологий извлечения золота из руд, а также контроля дренажа кислых шахтных вод и понимания последствий сброса As в окружающую среду.

В частности, в современных условиях от геотехнологий требуется эффективное использование минерального сырья на основе не только глубокого понимания его физико-химических свойств, но и умения целенаправленно (уже на наноуровне) изменять эти свойства, что, несомненно, даст толчок к разработке принципиально новых методов переработки минерального сырья (в том числе – с привлечением его нетрадиционных видов, например, минерального сырья с наноразмерными параметрами) [13]. Наноразмерные геотехнологии должны базироваться на изучении и внедрении механизмов извлечения ценных компонентов на молекулярном, атомарном и электронном уровнях, когда появляется возможность управления процессами переработки минерального сырья уже на стадии формирования полезного компонента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А. Е., Каргинов К. Г., Козырев Е. Н. Физико-химическая геотехнология золота. Владикавказ: Ремарко, 2001. 344 с.
2. Воробьев А. Е., Верчеба А. А., Трабелсси С. Основные наноформы золота месторождений и техногенного минерального сырья // Разведка и охрана недр. 2015. № 4. С. 21–25. [Vorob'ev A. E., Vercheba A. A., Trabelssi S. Osnovnyye nanoformy zolota mestorozhdenii i tehnogennogo mineral'nogo syr'ya // Razvedka i ohrana neдр. 2015. № 4. P. 21–25].

3. Maddox L. Metal. (1998) Invisible gold: Comparison of Au deposition on pyrite and arsenopyrite. *American Mineralogist*. 83. P. 1240–1245.

4. Бугаева Н. Г. Тонкодисперсное ("невидимое") золото в сульфидах: экспериментальное исследование механизмов формирования // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Иркутск. 2006. [Bugayeva N. G. Tonkodispersnoe ("nevidimoe") zoloto v sul'fidah: eksperimental'noe issledovanie mehanizmov formirovaniya // Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk. Irkutsk. 2006].

5. Осовецкий Б. М. Наноскульптура поверхности золота. Пермь: Пермский госуниверситет, 2012. – 232 с. [Osoveckii B. M. Nanoskul'ptura poverhnosti zolota. Perm': Permskii gosuniversitet, 2012. 232 P.].

6. Зимановская Н. А. Нанозолото в углеродисто-золотосульфидных рудах месторождения Бакырчик // Вестник ВКГТУ № 1. 2014. [Zimanovskaya N. A. Nanozoloto v uglerodisto-zolotosul'fidnyh rudah mestorozhdeniya Bakyrchik // Vestnik VKGTU. 2014. № 1].

7. Воробьев А. Е., Гладуш А. Д. Импортозамещающие нанотехнологии в топливно-энергетическом комплексе России. М., РУДН. 2014. 158 с. (ISBN 978-5-209-06467-1) [Vorob'ev A. E., Gladush A. D. Importozameshayushie nanotehnologii v toplivno-energeticheskom komplekse Rossii. M., RUDN. 2014. 158 P.].

8. Воробьев А. Е., Трабелсси С. Виды наноформзолота в геогенном и техногенном минеральном сырье // Горный журнал Казахстана, №2. С. 18–21. [Vorob'ev A. E., Trabelssi S. Vidy nanoform zolota, v geogennom i tehnogennom mineral'nom syr'e // Gornyi zhurnal Kazahstana, № 2. P. 18–21.]

9. Баранников А. Г., Осовецкий Б. М. Морфологические разновидности и нанорельеф поверхности самородного золота разновозрастных россыпей Урала // Литосфера, № 3, 2013, С. 89–105. [Barannikov A. G., Osoveckiy B. M. Morphological versions and nanorelief of a surface of native gold of uneven-age scatterings of the Urals/Lithosphere. 2013. № 3. P. 89–105].

10. Исследование реакционной способности поверхности пирита и арсенопирита // <http://www.nnin.org/sites/default/files/files/NNINreu06Breitbach.pdf>. [Issledovanie reakcionnoi sposobnosti poverhnosti pirita i arsenopirita // <http://www.nnin.org/sites/default/files/files/NNINreu06Breitbach.pdf>.]

11. Гавриленко О. Д. Дефектная структура природного минерала арсенопирита / О. Д. Гавриленко, С. Я. Мисевра, Н. А. Зимановская и др. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2013. № 4(10). С. 517–522. [Gavrilenko O. D. Defektnaya struktura prirodnogo minerala arsenopirita / O. D. Gavrilenko, S. Ya. Misevra, N. A. Zimanovskaya i dr. // Fundamental'nye problemy sovremennogo materialovedeniya. 2013. № 4(10). P. 517–522].

12. Воробьев А. Е., Ибрагимов Р., Салим Трабелсси. Особенности современной наноминералогии // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы IV Международной науч.-практ. конф. Междуреченск, 8–10 апреля 2015 г. Кемерово, 2015. С. 26–27. [Vorob'ev A. E., Ibragimov R., Salim Trabelssi. Osobennosti sovremennoi nanomineralologii // Sovremennye tendencii i innovacii v nauke i proizvodstve: Materialy IV Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. Mezhdurechensk, 8–10 apr. 2015 g. Kemerovo, 2015. P. 26–27].

13. Котова О. Б., Вайон И., Понарядов А. В. Наноструктурная минеральная поверхность: сорбционные свойства // Вестник Института геологии Коми Научного центра Уральского отделения РАН, № 10. 2007 [Kotova O. B., Vaion I., Ponaryadov A. V. Nanostrukturnaya mineral'naya poverhnost': sorbcionnye svoistva // Vestnik Instituta geologii Komi Nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN 2007. № 10].

УДК 553.41

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАНОМИНЕРАЛОВ ЖЕЛЕЗА

Воробьев А. Е., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Нефтепромышленной геологии, горного и нефтегазового дела Российского университета дружбы народов Москва, Российская Федерация
e-mail: fogel_al@mail.ru

Козырев Е. Н., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электронные приборы» Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета) Владикавказ, Российская Федерация
e-mail: kozyrev@skgmi-gtu.ru

Представлены основные особенности физико-химических свойств наноминералов железа, позволяющие осуществлять комплексную переработку его руд. Рассмотрено строение наночастиц железа. Описаны факторы, определяющие магнитные свойства наночастиц железа.

Ключевые слова: *наноминералы и наночастицы железа, физико-химические свойства, строение, факторы.*

FEATURES OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF NANOMINERALS OF IRON

The main features of physical and chemical properties of nanominerals of iron allowing to carry out complex processing of its ores are presented. The structure of nanoparticles of iron is considered. The factors defining magnetic properties of nanoparticles of iron are described.

Key words: *nanominerals and nanoparticles of iron, physical and chemical properties, structure, factors.*

К настоящему времени в специализированной геологической литературе довольно заметно выросло число публикаций о находках различных металлов (и не всегда – благородных) в самородном состоянии, что обусловлено существенным повышением уровня развития локально-инструментальных методов экспериментальных (лабораторных) и натурных исследований.

Так, расширение аналитических возможностей современной высокоразрешающей аналитической аппаратуры (позволяющей детально исследовать отдельные минеральные зерна, размером менее 100 мкм) значительно увеличивает область применения традиционной минералогии.

Именно с достижениями в сформировавшемся новом научном направлении — наноминералогии – оказались связаны все имеющиеся открытия новых наноминеральных фаз, представленных самородными металлами.

Так, если ранее чаще всего сообщалось о находках самородного железа в виде довольно крупных валунов и желваков (наиболее крупные из них были найдены на о. Диско у берегов Гренландии, вблизи г. Касселя в Германии и в штате Орегон, США), то к на-

стоящему времени, во-первых, значительно расширился круг обнаруживаемых самородных металлов, а во-вторых, изменился (в сторону существенного уменьшения) и размер минеральных объектов выявляемых самородных форм (вплоть до нанообъектов) [1].

В частности, в специализированной геологической литературе сообщается об обнаружении железистых микроглобул и железо-хромовых и хром-железо-никелевых сплавов в виде глобул, агрегатов самородной меди глобулярного строения, о наночастицах самородной меди с примесью цинка (как наиболее часто встречающихся), также описаны наночастицы природных сплавов группы железа (Fe–Cr–Ni), имеющих состав от самородного железа и гематита до самородного хрома и хромита [1].

Совсем уникальной является находка в локальной зоне золото-палладиевого рудопроявления однородной глобулы сплава довольно необычного состава — железомедного, с содержанием Cu более 30 % (масс.) [1].

В результате произошел стремительный переход к изучению различных (как геогенных, так и техногенных) минеральных наночастиц различных металлов, в том числе – железа (рис. 1), способствующий их эффективному поиску и разведке (увеличению минерально-сырьевой базы – рис. 2), а также последующей переработке (обогащению).

К настоящему времени уже известен широкий набор нанокластеров оксидов железа различных размеров (от одного до нескольких сотен нанометров), со своим спектром межкластерных взаимодействий и разнообразной надкластерной структурой.

Наночастицы железа, как и наночастицы других металлов, характеризуются определенными физико-химическими свойствами, которые зачастую принципиально отличны от свойств железа в макрокристаллическом состоянии. В частности, удельная поверхность наночастицы железа диаметром 13,4 нм составляет $7,8 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{кг}$.

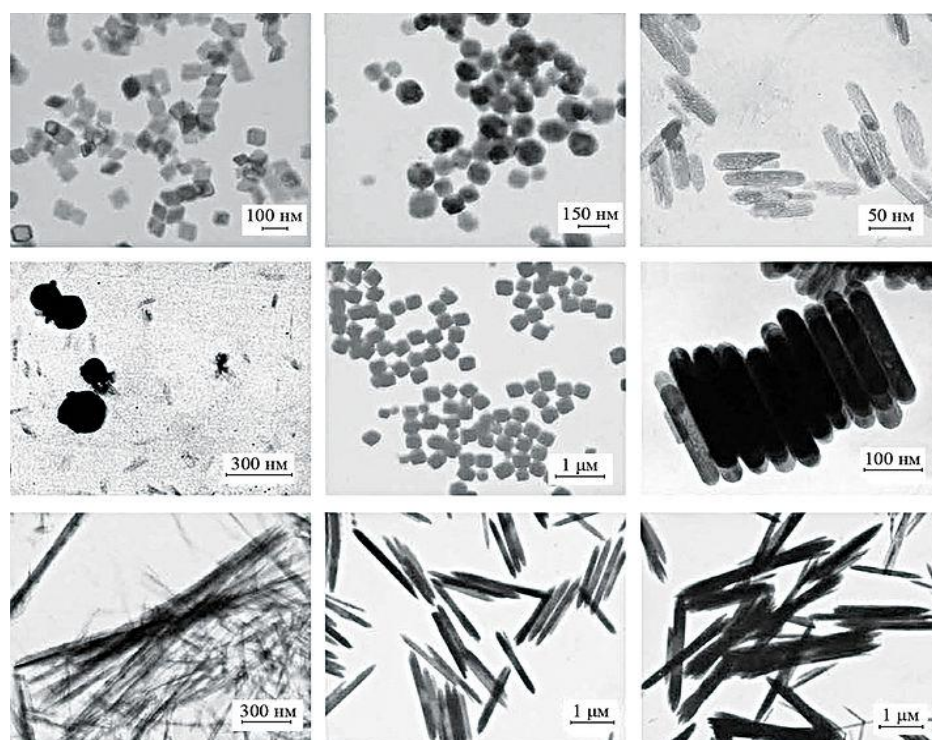


Рис. 1. Морфология наночастиц $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ x [7]

Кроме этого, было установлено, что температура плавления, значения электропроводности, энергии активации электронных переходов, каталитической активности и многих других физико-химических свойств зависят от размера наночастиц железа.

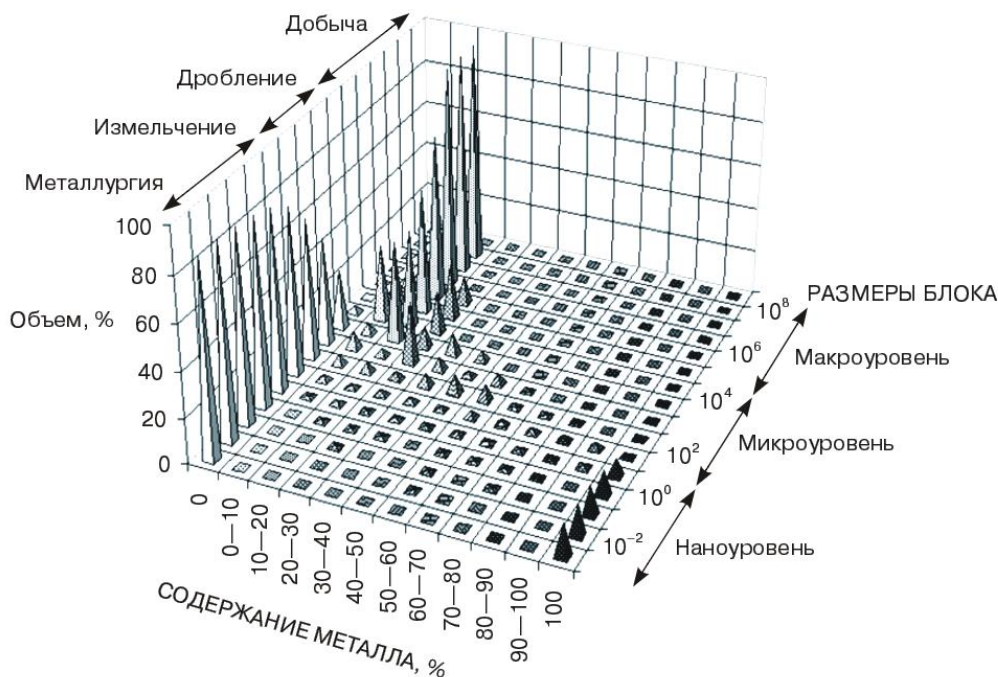


Рис. 2. Объем магнетитовой фазы в рудах в диапазоне масштабов от макро- до наноуровня [1]

Характерной особенностью макрокристаллического железа является существование его нескольких полиморфных модификаций [1]: низкотемпературной (α -Fe) и высокотемпературных (β -Fe, γ -Fe и δ -Fe). Все эти модификации имеют разные температурные интервалы своей устойчивости и значительно отличаются друг от друга типом своих кристаллических решеток, а также некоторыми физическими и химическими свойствами: плотностью, особенностями ферромагнетизма, способностью растворять углерод, азот и т. д.

- α -Fe представляет собой ферромагнитное железо, с объемно центрированной решеткой. Плотность α -железа составляет $7,571 \text{ г/см}^3$ [1]. Оно устойчиво до температуры $769 \text{ }^\circ\text{C}$ (точка Кюри, выше которой металл теряет свои магнитные свойства);
- α -железо отличается от других его модификаций способностью незначительно растворять азот, причем при повышении температуры значение растворимости резко возрастает от $0,02 \%$ (при $300 \text{ }^\circ\text{C}$) до $0,4 \%$ при температуре эвтектики ($590 \text{ }^\circ\text{C}$) [1].

Кроме этого, α -железо образует твердый раствор с углеродом, называемый ферритом. При комнатной температуре растворимость углерода в α -Fe незначительна ($\sim 0,008 \%$), но при увеличении температуры до $723 \text{ }^\circ\text{C}$ (эвтектика) концентрация углерода растет до $0,02 \%$.

- β -Fe – антиферромагнитное железо, устойчивое в небольшом интервале температур со значениями $769\text{--}906 \text{ }^\circ\text{C}$ [1]. Повышение давления на 1 атмосферу снижает температуру фазового перехода в таком железе на $0,008$ градусов. Однако такая зависимость отмечается лишь для довольно небольшого интервала давлений. Это железо образует твердый раствор с углеродом – аустенит, а по растворимости углерода значительно превосходит α -Fe (до $0,8 \%$ при температуре около $770 \text{ }^\circ\text{C}$).

- γ -Fe представляет собой полиморфную модификацию железа с кубической гранцентрированной решеткой и интервалом устойчивости, равным $906\text{--}1400 \text{ }^\circ\text{C}$. Плотность γ -железа составляет $7,633 \text{ г/см}^3$. Необходимо отметить следующие особенности его свойств [1]: растворяет азот значительно лучше, чем α -железо (при температуре $590 \text{ }^\circ\text{C}$ – до $10,3 \%$ азота). Образует твердый раствор с углеродом (аустенит), растворяя его значи-

тельно лучше, чем α -железо. При температуре эвтектики растворимость углерода составляет 2,06 %. При повышенных концентрациях углерода образуется карбид железа, цементит (Fe_3C), с предельным содержанием углерода в железе – 6,67 %.

- δ -Fe – высокотемпературная модификация железа с объемно-центрированной решеткой, устойчивая от 1400 °С до температуры плавления [1]. Образует устойчивые соединения с фосфором, а при избытке углерода дает твердый раствор с углеродом – Fe_3C (цементит).

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что у наножелеза часть катионов Fe^{3+} формирует фазу γ - FeOOH на поверхности его наночастиц, а оставшаяся часть образует фазу нестехиометричного магнетита в суперпарамагнитном состоянии, расположенного ближе к центру подобных частиц. В наночастицах железа доля γ - FeOOH в оболочке («рыхлый» ее поверхностный слой) существенно уменьшается с увеличением среднего размера.

На рис. 3 приведено схематическое строение наноразмерных частиц железа. Центр (ядро) подобной наночастицы состоит из элементарного железа, окруженного оксидной оболочкой с гидроксильными группами на поверхности.



Рис. 3. Схема структуры наночастиц железа

Анализ данных электронограмм наночастиц железа также показывает существование 3-х различных фаз, которые отвечают металлическому Fe и 2-м его оксидам: Fe_3O_4 и γ - Fe_2O_3 . При этом кристаллическим решеткам оксидов железа Fe_3O_4 и γ - Fe_2O_3 соответствуют следующие рефлексы: (220), (311), (400), (422), (511) и (440). Наличие таких рефлексов позволяет сделать предположение в отношении размера оксидной оболочки, которая окружает металлическое ядро наночастицы железа. Так, если принять во внимание, что каждая плоскость отвечает только одному атомарному слою, то возможное окисление металлического железа происходит на глубину не менее 6 атомарных слоев.

Необходимо учитывать то, что наличие оксидных слоев в наноминералах железа позволяет создавать наноразмерные целенаправленно активные частицы [2]. В этом плане практический и теоретический интерес представляют результаты исследований окислительно-восстановительных реакций в системе «газ – тонкодисперсные минеральные системы», с участием поверхностно-активных центров и фотосорбированных молекул газовой фазы (например, молекул кислорода).

Тонкодисперсные оксидные нанокристаллы железа еще интересны и тем, что их фотокаталитическая активность сдвинута в длинноволновую область по сравнению с соответствующими реакциями в газовой фазе [2].

Как показали дальнейшие инструментальные исследования, сохранность наножелеза в открытой атмосфере, как правило, обеспечивается за счет его высокой чистоты и собственно – атомарности.

Этот аспект объясняется отсутствием в нем кристаллической решетки или определенной амонолитностью аморфной массы. В таком виде наножелезо представляет собой ансамблевую структуру (рис. 4) или частицы-гроздь "слабо" связанных между собой атомов, находящихся в псевдохимическом взаимодействии.

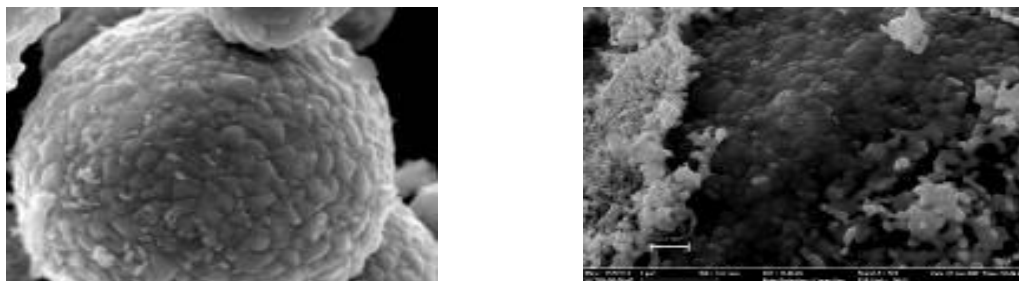


Рис. 4. Поверхность крупнодисперсного железа с осажденными на поверхность наночастицами

Специалисты из Аргоннской национальной лаборатории и Чикагского университета (США) синтезировали полые наночастицы оксида железа (рис. 5 и 6), что позволяет целенаправленно изменять их первоначальные физико-химические свойства: путем введения в их полости различных химически активных веществ и соединений.

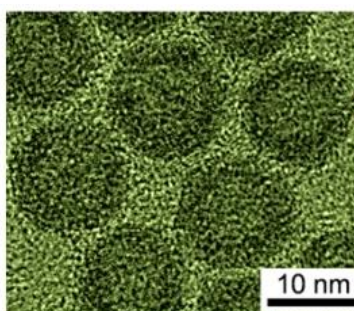


Рис. 5. Микрофотография полых наночастиц оксида железа

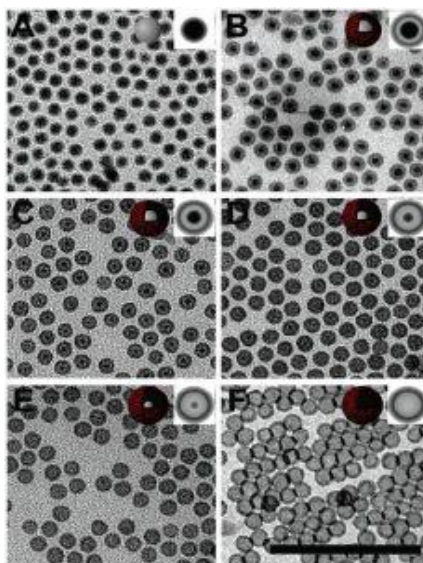


Рис. 6. Наночастицы железа (А) в процессе окисления кислородом превращаются в полые наночастицы оксида железа (F), что предположительно объясняется эффектом Киркендалла [3]

Магнитные свойства наночастиц железа определяются многими факторами, среди которых следует выделить химический состав, тип кристаллической решетки и степень ее дефектности, размер и форму наночастиц, морфологию (для наночастиц с комплексной структурой), взаимодействие наночастиц с окружающей их матрицей и соседними частицами [3]. Изменяя размеры, форму, состав и строение наночастиц железа, можно в определенных пределах управлять магнитными характеристиками материалов на их основе.

Необходимо отметить, что имеющийся незначительный размер первичных нанокластеров и величина межкластерного взаимодействия позволяют в довольно широком диапазоне существенно изменять магнитные свойства наноструктур на основе железа: от свойств парамагнетика до свойств магнитоупорядоченного материала.

В частности, изучение магнитных свойств сферических наночастиц железа (в зависимости от их размера) показало, что значение удельной намагниченности растет с увеличением их размеров и достигает максимума ($215 \text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{кг}$) на наночастицах со средним размером, равным 75 нм. При уменьшении размеров наночастиц намагниченность насыщения несколько уменьшается (из-за увеличения доли магнетита и немагнитных фаз, а также в связи с появлением суперпарамагнитной составляющей).

Следует отметить, что при уменьшении размеров частиц ферромагнетика (при достижении определенной критической точки) происходит переход в суперпарамагнитное состояние, в котором магнитные моменты частиц разупорядочиваются из-за тепловых флуктуаций.

Для сферических наночастиц железа значение этого размера составляет около 5 нм. Однако, если наночастицы железа имеют нитевидную форму, то происходит фиксация магнитного момента вдоль длинной оси такой наночастицы и магнитоупорядоченное состояние может сохраняться, если эти наночастицы закреплены в системе упорядоченных пор (система перпендикулярной записи информации).

В последующем группа ученых из США сделала открытие относительно того, как нанокристаллы железа движутся через углеродные нанотрубки, имеющие переменный диаметр. Необходимо отметить, что нанокристаллы железа перемещаются в направлении потока электронов. При этом направление их движения может быть легко изменено переключением полярности накладываемого электрического тока, а скорость их перемещения – зависит от величины этого тока.

В ходе экспериментов нанокристаллы железа, оставаясь твердыми (т. е. продолжая быть именно кристаллами), так или иначе, проскальзывают через узкий проход, не демонстрируя при этом никаких признаков своей деформации. Оказалось, что был обнаружен процесс реконструкции кристаллов железа на атомарном уровне.

Так, в рамках этих экспериментов было обнаружено, что при встрече с сужением в нанотрубке нанокристаллы железа изменяют свою первоначальную форму атом за атомом, чтобы пройти через это сужение, без какого-либо внешнего воздействия, которое могло бы вызвать их плавление или деформацию сжатия.

Наблюдалось это явление с помощью электронного микроскопа высокого разрешения. Дополнительно, с помощью анализа дифракционной картины электронов, было подтверждено, что нанокристаллы железа не расплавились и не изменили геометрию своей конфигурации.

В экспериментах были использованы углеродные нанотрубки, имеющие внутренний диаметр 20 нм, наполненные железными нанокристаллами. В середине нанотрубок создавалось искусственное сужение (где их диаметр составлял примерно 5 нм). При условии приложения к нанотрубке внешнего напряжения электрического тока, через это сужение проходили нанокристаллы железа гораздо большего диаметра.

Ранее полагалось, что при приложении электрического напряжения электрического тока к нанокристаллам железа они будут (при преодолении встреченного сужения) рас-

плавляться от тепловой энергии приложенного электрического тока или аннигилировать (по причине сил, которые их проталкивают через отверстия по размерам меньшим, чем собственный диаметр нанокристалла) [4].

Пока не установлено, каким образом нанокристаллы могут проходить сквозь сужение в нанотрубках, однако предполагают, что их атомы на тыловой стороне кристаллической решетки, неустановленным пока образом, мигрируют, переносятся и проникают в фронтальную часть нанотрубок, где реконструируют и воссоздают нанокристаллы в конце сужения, которое препятствует их продвижению [4].

Хотя самые малые частицы обычно имеют шарообразную форму, многие наночастицы достаточно велики, чтобы обладать кристаллической структурой [5]. Поверхностные химические и магнитные свойства наночастиц сильно зависят от конкретного типа наружных поверхностей, а также – для химически активных металлов, таких как железо, – от структуры оксида, формирующегося на поверхности.

Результаты работы исследователей из Национальной Лаборатории Тихоокеанского Северо-Запада (Pacific Northwest National Laboratory) и Университета Айдахо (University of Idaho) показали, что морфология наночастиц железа, приготовленных методом распыления и газовой агрегации, зависит от температуры такого процесса [5]. В частности, при нормальной температуре получают различные наноструктуры: от кубов, ограниченных шестью плоскостями $\{100\}$, до усечённых ромбических додекаэдров с шестью гранями типа $\{100\}$ и двенадцатью – типа $\{110\}$.

Структура обычного ромбического додекаэдра (12 граней $\{110\}$) при нормальной температуре не наблюдалась, в то время как в исследованиях при более высоких температурах наблюдались структуры от такой до усечённого ромбического додекаэдра [5]. Частицы кубической формы при более высоких температурах обнаружены не были.

Таким образом, температура процесса может быть использована для управления формой наночастиц и оптимизации их последующих химических и магнитных свойств [5].

В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном (рис. 7) и взвешенном состоянии.

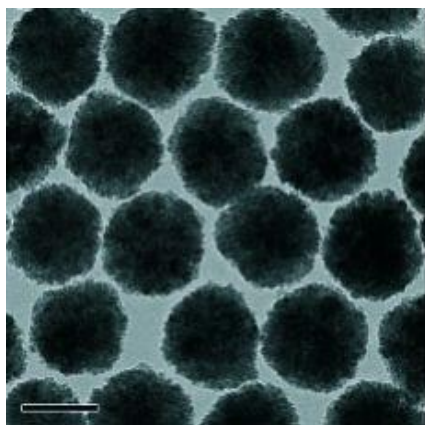


Рис. 7. Коллоидные кластеры нанокристаллов оксида железа.
Шкала 100 нм

Коллоидная форма железа наименее изучена, она представляет собой гидрат оксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и комплексы с органическими веществами. Магнитные свойства коллоидных растворов, содержащие наночастицы оксидов железа, изучались методом ЭПР- и ЯМР-спектроскопии.

При кластеризации железа особо важное значение имеет реакция химической конденсации, осуществляемой при получении нанокристаллов магнетита Fe_3O_4 [6].

Химическая конденсация заключается в осаждении наночастиц магнетита из водного раствора солей 2-х и 3-х валентного железа избытком концентрированного раствора щелочи [6]:



Полученный осадок коллоидных частиц переводится в жидкость-носитель при помощи метода пептизации, суть которого заключается в образовании на поверхности наночастиц слоя молекул ПАВ [6]. В результате происходит разъединение наночастиц и последующее диспергирование в жидкости-носителе.

Пептизацию проводят, добавляя (при подогревании до 70–100 °С и перемешивании) к осадку магнетита раствор жидкости-носителя и ПАВ [6]. Применяемые наиболее часто для получения магнитных жидкостей магнетит и олеиновая кислота являются оптимальными компонентами в отношении максимальной намагниченности и с учетом простоты технологии.

Олеиновая кислота $C_8H_{17}CH=CH(CH_2)_7CO-OH$ своим полярным концом O^-H^+ притягивается к поверхности твёрдой фазы, образуя на ней плотный мономолекулярный слой толщиной $\delta \approx 2$ нм (рис. 8а). В неполярных дисперсионных средах (масло, керосин, додекан, октан и т. д.) гибкие неполярные концы ПАВ, сродственные жидкости-носителю, направлены от частицы к жидкости [6].

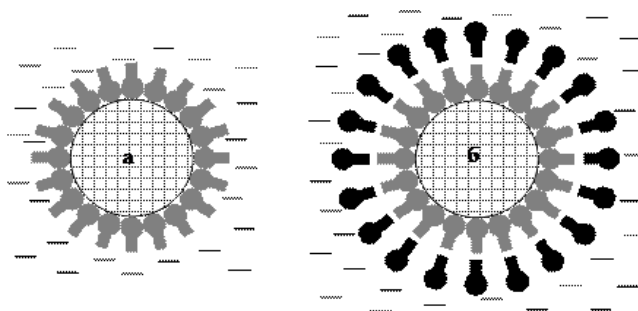


Рис. 8. Наночастица в неполярном (а) и полярном растворителе (б) [6]

Устойчивость диспергированных наночастиц в полярной жидкости достигается характерным расположением 2-х слоев ПАВ (см. рис. 8б): первый слой состоит из молекул олеиновой кислоты, а второй – из молекул олеата натрия (при этом сродственные полярной жидкости-носителю полярные концы второго слоя ПАВ направлены от частицы к жидкости) [6]. В этом случае толщина защитной оболочки вдвое превышает толщину защитной оболочки магнетита, стабилизированного в углеводородных средах.

Существуют магнитные жидкости на основе вакуумного, трансформаторного, вазелинового и некоторых других масел [6]. Для создания электропроводных магнитных жидкостей используют такие жидкости, как ртуть или эвтектический сплав «индий – галлий – олово (ингас)», в которых диспергируют частицы Fe, Ni и Co, стабилизированные оловом, висмутом и литием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беликова Г. И., Салихов Д. Н. О самородном состоянии металлов (на примере железа) // Материалы VII Межрегиональной геологической конференции. 2007. С. 177–180.
2. Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геолого-разведочных работ. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006.
3. Магнитные наночастицы: проблемы и достижения химического синтеза // http://www.nanometer.ru/2008/11/02/12255844853611_54400.html.
4. Новые способности нанокристаллов // <http://www.innoros.ru/news/13/05/novye-sposobnosti-nanokristallov>.
5. Управление структурой наночастиц железа // <http://www.nanonewsnet.ru/news/2007/upravlenie-strukturoi-nanochastits-zheleza>.
6. Углеродные нанотрубки // http://studopedia.net/6_51214_uglerodnie-nanotrubki.html.
7. Петин А. Н., Васильев П. В. Исследование технологических и наноструктурных свойств руд при решении задач рационального недропользования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2008. № 3. С. 41–48.

УДК 332.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГОРНОЙ ЧАСТИ РСО-АЛАНИЯ

Гассиева О. И., канд. экон. наук, доцент
Караев Ю. И., директор Центра «Горы»
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
Владикавказ, Российская Федерация

В статье рассматривается метод повышения эффективности использования энергетических ресурсов на территории горных зон, который основан на использовании объектов локальной генерации. Приводятся конкретные примеры использования малых гидроэнергетических станций и когенерационных геотермальных установок на территории горных зон РСО-Алания.

Ключевые слова: локальная генерация, горные зоны, повышение эффективности использования энергетических ресурсов.

THE USE OF DECENTRALIZED RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE MOUNTAINOUS PART OF NORTH OSSETIA-ALANIA

The article discusses a method for increasing the efficiency of energy resources in the mountainous areas, which is based on the use of local generation facilities. Are reproduced specific examples of the use of small hydropower stations and cogeneration of geothermal installations in the mountainous areas in the Republic of North Ossetia-Alania.

JEL: L94; Q42.

Key words: local generation, mining areas, more efficient use of energy resources

Повышение эффективности использования электрической энергии на территории горных районов РСО-Алания, основанное на критерии устойчивого развития и экологичности, является необходимой составляющей комплексного решения множества энергетических проблем и должно стать движущей силой стабильного подъема социально-экономических систем горных районов РСО-Алания [1].

Проблемы электроэнергоснабжения потребителей горных районов РСО-Алания возможно решать следующими путями:

- традиционным использованием различных видов топлива, которые относятся к невозобновляемым ресурсам; строительством дорогостоящих систем передачи и распределения энергоресурсов;
- использованием возобновляемых источников энергии – солнца, воды, тепла земли, ветра. Причем тип источника должен определяться окружающими условиями, экологической и экономической целесообразностью;
- комбинированным использованием возобновляемых источников энергии.

Все приведенные в настоящем исследовании возобновляемые источники энергии имеют свои преимущества и недостатки, однако необходимо отметить, что в каждом конкретном случае выбор должен производиться исходя из основных приоритетов.

Весь жизненный цикл любого объекта предполагает этапы: разработку, возведение, эксплуатацию. Фактически весь процесс жизненного цикла можно дифференцировать на:

- 1) изучение и формулирование требований к системе;
- 2) проектирование;
- 3) производство опытного образца и его испытания, выявление недоработок;
- 4) внесение корректировок;
- 5) серийное производство;
- 6) эксплуатацию.

Стадии 1–3 можно назвать внешним проектированием, они предполагают выявление целей, задач проектируемого объекта, сбор исходных стартовых данных, свойств внешней среды, параметров выходных данных проектируемого объекта, количественные характеристики взаимодействия. Завершающий этап – это готовый результат технического задания на разработку проекта, который содержит основные требования к системе и ее взаимодействию с внешней средой, обеспечивает решение поставленных перед ним задач. Здесь предполагается решение комплексного электропитания удаленных и мобильных потребителей горных районов РСО-Алания. Фактически потребители электроэнергоресурса горных районов, в силу различных объективных причин, таких как удаленность, сложность рельефа местности, имеют затруднения в электропотреблении [2].

Децентрализованная генерация на сегодняшний день является практически единственной альтернативой существующей в России системе произвола монополистов-энергетиков. Неудачно проведенная реформа РАО ЕЭС России законодательно узаконила ценовой произвол и непрозрачность предприятий энергетической отрасли. Ежегодный, фактически ничем не обусловленный, темп роста тарифов на электрическую энергию вынуждает потребителей искать схемы ухода от диктата монополистов. Также необходимо отметить, что введение социальных норм на потребление электроэнергоресурсов для населения и бесконтрольный рост стоимости энергоресурсов для прочих потребителей будут способствовать снижению и без того низкого уровня конкурентоспособности российских товаропроизводителей, так как в структуре стоимости любого товара и услуги расходы по статье «электроэнергия» будет неуклонно расти [3].

Децентрализованные системы генерации электрической и тепловой энергии, основанные на использовании потенциала возобновляемых энергетических ресурсов, имеют множество преимуществ, при этом для конечного потребителя выгодно следующее:

- отсутствие абонентской платы за передачу и распределение электрической энергии по электрическим сетям, кроме локальных;
- оплата технологических потерь сведена к минимуму;
- отсутствие платы за коммерческие потери централизованных систем электрической энергии региона (в т. ч. хищения других потребителей);
- отсутствие дополнительных затрат в структуре тарифа на электроэнергоресурс, связанный с перекрестным субсидированием, в дополнительных затратах электроэнергоснабжающих организаций, и т. д.
- отсутствие в структуре тарифа на электроэнергоресурс прибыли генерирующих и сетевых компаний; диспетчерских и административных структур, оптового рынка электроэнергии; сбытовых компаний и прочих составляющих. Вследствие этого конечные потребители оставляют у себя не только прибыль вышеуказанных организаций, но и инвестиционную составляющую, заложенную в тарифах;
- фактор экологичности и рациональности использования природных ресурсов;

- побочный эффект от отказа использования электрической энергии, получаемой из централизованных источников, снизит величину парниковых газов от выработки электрической энергии на ТЭЦ.

Исходя из изложенных преимуществ децентрализованных систем генерации электрической и тепловой энергии, нами сформулирована *концепция децентрализованной генерации для энергоснабжения горной зоны, которая заключается в том, что системы обеспечения энергетическими ресурсами должны строиться исключительно по принципу децентрализации и максимально возможного использования потенциала экологически чистых возобновляемых источников энергии.*

Можно в качестве примера рассмотреть населённый пункт в горной зоне РСО-Алания, в котором численность постоянно проживающих жителей около 400 человек, зарегистрированных абонентов – 210. Потребление электрической энергии в населённом пункте направлено на бытовые нужды и отопление, объем потребления составляет 500 тыс. кВт·ч, также в этом населённом пункте существуют и другие потребители (базы отдыха, кафе, магазины), потребление электрической энергии которых составляет – 500 тыс. кВт·ч. Потери электрической энергии в сетях технологические и коммерческие, они составляют – 500 тыс. кВт·ч. Общий объем необходимой электрической энергии для данного населенного пункта составляет 1,5 млн кВт·ч в год.

Такой объем электрической энергии может сгенерировать малая ГЭС, мощность которой должна составлять не менее 200 кВт. Годовая выработка электрической энергии, которой составит около 1,6 млн кВт·ч в год.

Повысить надежность генерирующей малой ГЭС можно, путем возведения каскада двух агрегатов по 100 кВт. Необходимые инвестиции для строительства составят около 6 млн руб. Реализация проекта – около одного года.

Схематично экономический расчет строительства и эксплуатации станции представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Расчет стоимости строительства микро ГЭС в горной зоне РСО-Алания

Вид	Мощность агрегатов, кВт	Стоимость 1 кВт установл. мощности, руб.	Стоимость агрегатов, руб.	Суммарная годовая выработка, кВт·ч
Микро ГЭС	200 (100+100)	24 000	4 800 000	1 680 000

Таблица 2

Расчет окупаемости микро ГЭС в горной зоне РСО-Алания

Суммарная годовая выработка, кВт·ч	Затраты по обслуживанию станции, руб. в год	Сетевая составляющая, руб. в год	Тариф для потребителей за 1 кВт·ч, руб.	Товарная продукция, руб. в год	Обязательные платежи	Прибыль периода
1 680 000	720 000	504 000	2,5	4 200 000	595 200	2 380 800

Исходя из приведенного выше укрупненного расчета видно, что строительство мини-ГЭС в данном населенном пункте окупится менее чем за 2,5 года. После окончания периода окупаемости можно планировать снижение тарифа до 1,5 рубля за 1 кВт·ч, а остающуюся прибыль расходовать на энергосберегающие мероприятия или осуществлять финансирование подобных проектов.

Реализации предлагаемого проекта будет способствовать сокращению затрат местного бюджета на электроснабжение населённого пункта не менее чем в 2,5 раза. При этом

пропадает необходимость использовать природный газ для получения электрической энергии, потребляемой населением, а также расходовать природный газ для бытовых нужд. Это даст суммарную экономию около 1,5 млн куб. метров природного газа и сократит эмиссию тепличных газов в атмосферу примерно на 3000 т в год. Подобными микро-ГЭС можно оснастить все населённые пункты горной зоны РСО-Алания.

Далее можно привести пример строительства малых Геотермальных электростанций (ГеоЭС) в зоне Черногорской моноклинали, расположенной на территории РСО-Алания, где в пределах глубин 2000–3000 м температура термальных вод может составлять от 70 до 100 °С. Оставшиеся в наследство с времен СССР исследования геотермальных ресурсов РСО-Алания позволяют уменьшать средства на проведение поисковых работ. Также положительным для строительства объектов геотермальной энергетики на территории Черногорской моноклинали является качество имеющихся глубинных термальных вод – термальные воды здесь имеют очень низкую минерализацию (до 1,5 грамм на литр) [4]. Далее приведем примерный расчет строительства ГеоЭС для населенного пункта, расположенного в непосредственной близости от Черногорской моноклинали.

Необходимо подчеркнуть, что на сегодняшний день в мире наиболее дешевыми, с учётом экологической чистоты, являются электрическая и тепловая энергии, полученные за счет использования геотермальных ресурсов Земли. Современные технологии позволяют довести КПД установок на ГеоЭС до 0,95, и свести к нулю антропогенные факторы от функционирования генерирующих мощностей агрегатов. Себестоимость 1 кВт·ч, выработанного на ГеоЭС в США, странах латинской Америки, Азии, варьируется от 1 до 1,5 центов США [5]. В пользу этого утверждения можно привести давно известный пример использования таких станций в Европе: зимой подобные станции используются для обеспечения потребителей тепловой энергией, а в теплое время года – или на смешанном цикле, или как источник электрической энергии.

Строительство ГеоЭС будет предполагать наличие на станции двух гидропаровых бинарных агрегатов мощностью по 150 кВт. Также возможным здесь является использование тепловой энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения населения, а также для теплиц. Особенности технологии функционирования генерирующих агрегатов когенерационных ГеоЭС на сегодняшний день предполагают возможность использования остаточной тепловой энергии после выработки электрической или герметичный сброс термальной воды обратно в недра Земли. Производительность тепловой энергии на станции будет составлять 3,75 Гкал/час. Потребление тепловой энергии для нужд отопления населения и сельхозтоваропроизводителей носит ярко выраженный сезонный характер, поэтому расчет производился исходя из 9 месяцев в году.

Укрупненный расчет показывает, что несмотря на довольно высокую первоначальную стоимость малой ГеоЭС, проект имеет быструю окупаемость, менее чем 2 года.

Таблица 3

**Стоимость строительства малой когенерационной ГеоЭС
на территории Черногорской моноклинали в РСО-Алания**

Вид	Мощность агрегатов, кВт	Стоимость 1 кВт установл. мощности, руб.	Стоимость агрегатов, руб.	Стоимость строительно-монтажных работ, руб.	Суммарная стоимость объекта, руб.	Суммарная годовая выработка электроэнергии, кВт·ч	Суммарная годовая выработка теплоэнергии, Гкал
Малая ГеоЭС	300 (150+150)	21 100	6 930 000	12 000 000	18 930 000	2 520 000	25 200

Таблица 4

**Расчет окупаемости малой когенерационной ГеоЭС
на территории Черногорской моноклинали в РСО-Алания**

Суммарная годовая выработка электроэнергии, кВт·ч	Суммарная годовая выработка теплоэнергии, Гкал	Затраты по обслуживанию станции, руб. в год	Сетевая составляющая, руб. в год	Тариф для потребителей за 1 кВт·ч, руб.	Тариф для потребителей за 1 Гкал, руб.	Товарная продукция, руб. в год	Товарная продукция, руб. в год	Обязательные платежи, руб.	Прибыль периода
2 520 000	25 200	720 000	3 280 000	2,0	800	5 040 000	2 0160 000	5 936 000	1526 400

Реализация подобных проектов строительства малых ГеоЭС на территории горных зон РСО-Алания, исходя из существующих здесь природных особенностей, будет способствовать не только повышению качества жизни населения и росту энергоэффективности, но и станет толчком к интенсивному развитию сельскохозяйственных тепличных комплексов, так как в данном случае стоимость тепловой энергии, получаемой из недр земли, после окупаемости проекта будет минимальная, что создаст реальные конкурентные преимущества для местных сельхозтоваропроизводителей. Необходимо подчеркнуть, что осуществление данного проекта по строительству малой ГеоЭС позволит сэкономить 5,2 млн куб. метров природного газа и сократит эмиссию тепличных газов в окружающую среду (более 10000 тонн в год).

При создании ГЭС на малых реках требуется знание не только морфологических особенностей реки и ее водного режима, но и ландшафтных особенностей территории, так как при массовом строительстве малых ГЭС возможны подъем уровня грунтовых вод и другие последствия.

Необходимо помнить, что малые реки являются одним из элементов ландшафта и изменение их режима может оказать влияние на стабильность экосистем. Поэтому создаваемые водохранилища должны задерживать лишь часть стока для сохранения жизнедеятельности рек. При этом должны соблюдаться определенные критерии скорости течения и водности реки ниже плотин. Целесообразно в ряде случаев при строительстве каскадов плотин организовать расчистку русел. В настоящее время нет специальных методик определения эффективности малых ГЭС. Поэтому нередко получается искаженная картина, не отражающая положение дел с функционированием малых ГЭС. Между тем, определение преимуществ малой энергетики важно для принятия экологически и экономически обоснованных решений. Необходимо также отметить, что массовое строительство малых ГЭС возможно лишь при отказе от индивидуального проектирования и наладке серийного выпуска простого и надежного оборудования. Стоимость освоения и исследования малых рек для целей создания малых ГЭС, отнесенная к единице расхода воды и киловатту использованной энергии, выше, чем для большой реки. Однако, применяя новые формы организации и проведения изыскательских работ – мобильные комплексные партии, снабженные легким серийным оборудованием, можно значительно удешевить изыскания.

Важно отметить, что относительно малая стоимость, простота эксплуатации и ремонта, возможность прямого использования стока рек, малые сроки строительства и окупаемости затрат, незначительное влияние на окружающую среду делают эффективным строительство МГЭС. В этой связи необходимо принять меры по разработке программы внедрения микроГЭС в регионах России, обеспечить работы соответствующим финансированием. Начать нужно с Северного Кавказа, где в горной зоне можно организовать производство экологически чистых продуктов питания, опираясь на местное население и традиционные технологии.

Применение описанных подходов для энергообеспечения потребителей горной зоны позволит экономить первичные энергоресурсы (газ, мазут и др.), существенно снизить вы-

бросы вредных веществ в атмосферу, сопряженные с выработкой электрической энергии на ТЭЦ, тем самым снизить стоимость энергоресурсов для всех категорий потребителей и нагрузку на бюджеты всех уровней.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

1. *Гассиева О. И.* Проблемы экономически устойчивого развития электроэнергетических систем России. Владикавказ.: ГБОУ СКГМИ (ГТУ), ИП Цопанова А. Ю. [Gassieva O. I. (2011) Problems economically sustainable development of electric power systems of Russia. Vladikavkaz.: GBOU NCIMM (STU), IP Tsopanova A. Y. (in Russian)].

2. *Костюков В., Хузмиев И.* Возобновляемые источники энергии. М.: ИКАР. [Kostjukov V., Huzmiev I. (2009) Renewables. Moscow: ICAR. (in Russian)].

3. *Хузмиев И. К.* Концепция развития электроэнергетики республики Северная Осетия-Алания. Владикавказ.: Проект-пресс. [Huzmiev I. K. (2008) The concept of development of electric power industry of the Republic of North Ossetia-Alania. Vladikavkaz.: Project Press. (in Russian)].

4. Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания: в 18 томах/ Министерство охраны окружающей среды РСО-А. Том 8 Энергетические ресурсы. Под редакцией проф. Хузмиева И. К. (2001). Владикавказ: Проект-Пресс. [Natural Resources of the Republic of North Ossetia-Alania: in 18 volumes / Ministry of the Environment of North Ossetia. Volume 8 Energy resources. Edited by prof. Huzmiev I. K. (2001). Vladikavkaz: Project-Press. (in Russian)].

Журналы, газеты и другие периодические издания (Working Paper Series)

5. *Тараско О. А.* Геотермальный потенциал Камчатского края // Горный вестник Камчатки. 2010. № 2. С. 81–87 [Tarasco O. A. (2010) Geothermal potential of Kamchatka Krai. *Mining Bulletin of Kamchatka*, No 2. P. 81–87 (in Russian)].

УДК 332.14

ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ ЗОН СЕВЕРНОГО КAVKAZA

Гассиева О. И., канд. экон. наук, доцент

Караев Ю. И., директор МИНТЦ «Устойчивое развитие горных территорий»

Текиев М. В., канд. экон. наук, доцент

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

Развитие инновационной энергетики, основанной на возобновляемых экологически чистых источниках энергии, не только повысит конкурентоспособность России, но и создаст предпосылки устойчивого развития, предполагающего:

- отсутствие дополнительных затрат для следующих поколений;
- минимизацию отрицательных экстерналий (внешних эффектов между поколениями);
- постоянное простое и/или расширенное воспроизводство производственного потенциала на перспективу;
- способность человечества жить на проценты с природного капитала, не затрагивая его самого.

Для этого необходимо создать систему финансирования и мотивации по разработке и реализации мероприятий, которые будут способствовать энерго- и ресурсосбережению, сохранению материальных ресурсов и энергии, снижению антропогенного воздействия на природную среду по следующим направлениям:

- 1) возобновляемые источники энергии;
- 2) переработка использованных изделий и отходов;
- 3) рыночные механизмы поставки ресурсов с учетом ограничений и критериев оптимизации;
- 4) новые технологии производства и жизнеобеспечения, минимизирующие затраты ресурсов;
- 5) системы учета и управления потреблением ресурсов;
- 6) системы аудита и менеджмента, мотивирующие ресурсо- и энергосбережение и повышение эффективности их использования;
- 7) подготовка кадров.

Для снижения рисков развития инновационной энергетики необходимо проанализировать результаты прошедшей реформы электроэнергетики и форсировать работы по применению возобновляемых источников и повышению эффективности использования энергии, энерго- и ресурсосбережения. Это может обеспечить России повышение конкурентоспособности в мире.

Несмотря на такие перспективы в России ВИЭ (возобновляемые источники энергии) не приобрели широкого распространения. Использование диверсификации используемых видов энергии позволило сформулировать основные принципы, тормозящие применения ВИЭ в нашей стране. Это:

- отсутствие необходимых законов и нормативных актов по развитию и поощрению потребителей и бизнесменов по применению ВИЭ;

- отсутствие принятой федеральной целевой программы;
- отсутствие государственных органов управления по управлению процессами внедрения ВИЭ;
- низкий платежеспособный спрос юридических и физических лиц.

В настоящее время множество субъектов РФ имеют дотационный бюджет, у них отсутствуют экономические стимулы для осуществления инвестиционных проектов в сфере ВИЭ (законодательно не предусмотрены налоговые льготы, высокая стоимость обслуживания кредитов, отсутствие льготного кредитования для проектов по строительству ВИЭ);

- отсутствие системы материального поощрения научных работников и конструкторов. За 5000 рублей в месяц не удастся создать успешно работающие сообщества ученых и специалистов в области инновационной энергетики, какой сегодня является энергетика, основанная на возобновляемых источниках;

• отсутствие слаженного механизма, который обеспечит финансирование и возврат вложенных инвестиционных ресурсов в ВИЭ;

- отсутствие для некоторых видов ВИЭ существующих систем передачи и распределения энергоресурса, невысокий уровень проведения стандартизации и сертификации оборудования; плохая развитость инфраструктурного комплекса; отсутствие и нехватка высококвалифицированных обслуживающих специалистов; отсутствие необходимого объема проведения научных, технических и технологических исследований и разработок; низкий уровень технической подготовки специалистов компаний, которые принимают решения;

• по причине того, что Россия богата энергоресурсами, потребители относятся к ним как к нечто бесконечному и общедоступному. Этому также способствует их относительная дешевизна по сравнению с ценами на мировом рынке;

• неосведомленность населения, руководителей и общественности о возможностях ВИЭ. Отсутствие пропаганды в средствах массовой информации о свойствах ВИЭ и примеров их использования;

• отсутствие решительности по поддержке ВИЭ у структур, управляющих энергетикой страны, которые не противятся скрытому сопротивлению добывающих углеводородное топливо компаний.

Децентрализованная генерация. Распределенное производство энергии или децентрализованная генерация (ДГ) – это концептуальный подход к распределению энергетических ресурсов, который основан на принципе наличия некоторых потребителей энергоресурсов, производящих одновременно электрическую и тепловую энергию для собственного потребления, при этом направляя излишки энергоресурсов в общую сеть (центральную). На сегодняшний день наибольшая доля электрической и тепловой энергии вырабатывается централизованно на крупных объектах тепло- и электрогенерации: это АЭС, ГЭС, ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС. Данные генерирующие объекты вырабатывают электрическую и/или тепловую энергию при помощи использования первичных энергоресурсов: энергии атома, воды, природного газа, мазута, угля. Подобные электростанции, как правило, осуществляют передачу электрической энергии при помощи сетевого хозяйства электроэнергетической отрасли на огромные расстояния. Первоначально для старта строительства подобных объектов генерации электроэнергии и мощности обоснованием служили множество критериев: экономических, природных, эколого-геологических и др.

Другой подход – децентрализованная генерация (ДГ). При её использовании снижаются потери энергии при транспортировке из-за максимального приближения генераторов электроэнергии и тепла к потребителям, вплоть до расположения их в одном здании. Системы ДГ могут подключаться к распределителям электросетевой компании, действующей в регионе, или непосредственно к сетям потребителей. Так как мощность установок ДГ зна-

чительно меньше мощности централизованной энергосистемы, то они не влияют на ее баланс. Традиционно сети электропередачи строились для транспортировки электроэнергии, вырабатываемой крупными, централизованно расположенными электростанциями. Относительно маломощные блоки децентрализованной генерации (ДГ) обычно подключаются к распределительным сетям, не предназначенным для транспортировки электроэнергии от генераторов большой мощности. Большинство исследований подтверждают, что до 15 % мощности, производимой системами децентрализованной генерации (ДГ), могут быть с легкостью приняты сетями электропередачи без значительных структурных изменений.

Автономное децентрализованное энергоснабжение может выполнять не только функции резервного, но и в ряде случаев выступать как основной источник энергии, при этом не зависящий от централизованного. Децентрализация позволит приблизить источники энергии к потребителям, снизить издержки, следовательно и цены, усилить конкуренцию на рынке, повысить надежность энергоснабжения. Недостатком больших энергосистем является и то, что при ликвидации последствий аварий приходится отключать сразу много потребителей. Причем стоимость энергии, производимой автономной электростанцией ДГ, существенно ниже.

При этом:

- потребитель не оплачивает технологические потери в электрических сетях, кроме локальных;
- потребитель не оплачивает коммерческие потери (в т. ч. хищения) в электрических сетях республики;
- потребитель не участвует в перекрестном субсидировании, в дополнительных затратах энергоснабжающих организаций, в затратах на обслуживание сетевых компаний и т. д.;
- потребитель не выплачивает прибыль в пользу организаций-собственников генераторов электрической энергии и мощности, предприятий сетевого хозяйства электрической энергии, инфраструктурных некоммерческих организаций, обслуживающих рынки электрической энергии, ОРЭМ, гарантирующих поставщиков и других. Поэтому потребитель оставляет у себя не только прибыль вышеуказанных компаний, но и инвестиционную составляющую, заложенную в тарифах;
- потребитель получает возможность дополнительно снизить затраты на энергообеспечение, получая электроэнергию собственной электростанции.

Децентрализованной генерации (ДГ) и возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) в России до сих пор уделяют незначительное внимание. Однако эти направления позволяют повысить энергетическую безопасность, сократить выбросы тепличных газов и уменьшить цены на электрическую и тепловую энергию для потребителей.

Системы ДГ имеют следующие особенности:

1. Не имеют централизованного планирования и могут управляться собственниками или потребителями;
2. Не имеют централизованного диспетчерского управления;
3. Их мощность не превышает 25 мВт;
4. Подключаются к распределительным сетям региона или к внутренним сетям потребителя.

Генераторы ДГ могут быть как сетевыми, подключенными к распределительным сетям системы и работающими параллельно с ней, или автономными, подключенными непосредственно к потребителю без сетевого питания.

Построение децентрализованных локальных систем должно основываться на следующих принципах:

- зонный принцип формирования (потребитель, группа потребителей, населенный пункт, административно-территориальная единица);
- принцип взаимонезависимости и взаимодействия с соседними системами.

Преимущества ДГ

Основными достоинствами децентрализованных систем электроснабжения являются:

- повышение надежности энергоснабжения потребителей и снижение потерь электроэнергии вследствие приближения энергоисточника к потребителю;
- устойчивость к различного рода возмущениям в смежных зонах вследствие их независимости;
- снижение и равномерность распределения нагрузки на окружающую среду;
- использование финансовых средств местных бюджетов, деловых структур и отдельных граждан на создание и сооружение энергообъектов;
- возможность сооружения комплексных энергоисточников на базе солнечных, ветроэнергетических и биогазовых установок, малых ГЭС, а также дизельных, газомоторных и небольших газотурбинных агрегатов в сочетаниях, определяемых наличием местных ресурсов;

- снижение затрат на транспортировку топлива.

В настоящее время распространение ДГ способствует:

- реструктуризации коммунального сектора;
- использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- развитию техники.

Децентрализованная генерация может быть разделена на два направления: системы с когенерацией и системы на базе возобновляемых источников энергии.

Системы с использованием ВИЭ, к которым можно отнести:

1. Энергию водных потоков (гидроэнергия);
2. Солнечную энергию;
3. Ветроэнергию;
4. Энергию тепла Земли (геоэнергия);
5. Биомассу.

Когенерация – это энергетическая система с одновременным производством электрической и тепловой энергии от единого источника энергии. По сравнению с централизованным теплоснабжением когенерация имеет преимущества, в связи с тем, что она основана на локальных децентрализованных тепловых установках. В таких установках снижаются потери на транспорт и распределение электрической и тепловой энергии, а также происходит увеличение коэффициента полезного использования первичного энергоносителя, которым чаще всего бывает природный газ. Это дает дополнительные преимущества с точки зрения охраны окружающей среды, из-за повышения к.п.д. и сокращения эмиссии вредных газов. Наличие собственных систем теплоснабжения и электроснабжения повышает также надежность и снижает зависимость от внешних источников, что особенно важно для общественных зданий, объектов образования и здравоохранения.

Когенерационные установки вырабатывают до 40 % электрической и до 50 % тепловой энергии от установленной мощности теплового двигателя. Они имеют наивысшие экономические показатели при постоянной нагрузке и работают на газе или жидком топливе.

Основополагающей целью развития и непосредственного формирования системы нетрадиционной энергетики должно стать рациональное и целесообразное потребление природных энергоресурсов с обязательным обеспечением сохранности экологического при-

родного равновесия, а также социальной стабильности. При этом должны решаться следующие задачи:

- повышение уровня жизни населения на основе современных систем энергоснабжения на базе возобновляемых источников энергии и инновационных технологий;
- сокращение потребления нефтепродуктов и развитие региональной энергетической базы;
- стабилизация цен на энергоносители и обеспечение бесперебойного энергоснабжения;
- снижение потребности в дровах, замедление процесса сведения растительного покрова, повышение эффективности землепользования;
- подготовка квалифицированного персонала в области производства и потребления энергоресурсов и их эффективного использования.

Отметим, что приповерхностные геотермальные ресурсы рассредоточены в России практически повсеместно, в том числе по регионам, не имеющим местных источников ископаемого углеводородного сырья. К таким ресурсам относятся приповерхностный грунт (наиболее универсальный вариант в климатических условиях России), проточные природные воды и техногенные стоки, атмосферный воздух и вентиляционные выбросы. В комбинации с независимой генерацией электрической энергии на основе местного топлива, малых гидроэлектростанций, солнечного излучения и энергии ветра, использования некоторых видов отходов тепловые насосы в децентрализованном режиме способны на качественном уровне полностью обеспечить потребности населения во всех видах коммунальных услуг.

Практика использования возобновляемых энергоресурсов для отопления, горячего водоснабжения и электроснабжения активно распространяется в мире. Причиной является рост стоимости углеводородов, превышающий эффект от внедрения энергосберегающих мероприятий. В нашей республике более 50 % территории находится в горной зоне и в ней проживает около 10 тыс. человек. В этой связи использование местных возобновляемых энергоресурсов позволит экономить существенные количества жидкого и твердого топлива, электрической энергии, которые необходимо туда доставлять для жизнеобеспечения. На сегодняшний день актуальной является задача электроэнергоснабжения территориально разрозненных, небольших и имеющих достаточно небольшой уровень потребления электроэнергии объектов. В большинстве случаев это касается сельскохозяйственных объектов, которые расположены в труднодоступных местностях с уровнем плотности энергетической нагрузки от 0,5 до 70 кВт на кв. км. Осуществление строительства для обеспечения электроэнергией воздушных ЛЭП-10 – 6/0,4 кВ учитывая, перманентный рост стоимости на строительные услуги и материалы, оказывается экономически нецелесообразным. Хотя данные территории, как правило, располагают достаточно значимым потенциалом возобновляемых источников энергии (первичной экологически чистой энергией водных потоков, солнца, ветра, геотермальных вод).

Данные, приведенные в таблице 5.3, свидетельствуют о достаточно высоком потенциале возобновляемых ресурсов РСО-Алания, использование которого позволит практически полностью обеспечить экологически чистой электрической энергией потребителей РСО-Алания, а также стать экспортером энергоресурса. Потребление электрической энергии на территории горных зон РСО-Алания составляет 160–190 млн кВт·ч, а по РСО-Алания в целом 1,5–1,6 млрд. кВт·ч. Фактически, опираясь на величину потенциала экологически чистых возобновляемых источников энергии, можно сказать, что РСО-Алания, используя эти ресурсы, может не только обеспечивать электрической энергией внутренних потребителей, но и экспортировать электроэнергоресурсы на соседние территории.

Таблица 1

**Годовой потенциал возобновляемых источников энергии
на территории горных зон РСО-Алания**

№ п\п	Источник энергии	Энергетический потенциал, млн. кВт·ч в год
1	Гидроэнергетические ресурсы из них:	22723,4
1.1	основные реки	20892,6
1.2	мельчайшие реки	1830,8
2	ветровая энергия	1,666
3	Геотермальные ресурсы из них:	1092
3.1.	участки развития неинтрузий («сухие горячие породы») – 6 скважин глубиной 2000–2500 м	300
3.2	термальные воды Черногорской моноклинали (19 скважин глубиной 2000 – 3000 м) и Верхне Кармадонский участок (1 скважина глубиной 200–300 м)	792
Всего		23817,07
	<i>Солнечная энергия*</i>	<i>114231000</i>

* в данном случае потенциал солнечной энергетики не может быть суммирован и паритетно сопоставлен с потенциалами прочих приведенных возобновляемых энергоресурсов, так как общая величина потенциала солнечного излучения рассчитана с учетом всей площади горных зон РСО-Алания, но его конкретное использование априори не может быть настолько масштабным и должно рассматриваться для каждого индивидуального случая.

Все изложенные факты по наличию экономически обоснованного потенциала экологически чистых возобновляемых источников энергии, существующих на территории горных зон РСО-Алания, требуют поиска подходов к разработке и реализации нестандартных решений для освоения и использования описанных ресурсов в народно-хозяйственном комплексе РСО-Алания и страны в целом.

УДК 911.51

**ГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ: ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО ОСВОЕНИЯ****Гагаева З. Ш.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова
Российской Академии наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Чеченский государственный университет»
Грозный, Российская Федерация
e-mail: zsh_gagaeva@mail.ru

Показано, что горные ландшафты представляют собой часть сложной глобальной экосистемы. Показано, что современные проблемы окружающей среды и рационального природопользования носят междисциплинарный характер и требуют совместных усилий для их решения.

Ключевые слова: горные ландшафты, экосистемы, рациональное природопользование, устойчивое развитие, системный подход, антропогенное воздействие

**MOUNTAIN LANDSCAPES: PROBLEMS OF MODERN USE
AND PROSPECTS FOR FURTHER DEVELOPMENT****Gagaeva Z. Sh.**

It is shown that the mountain landscapes are the part of the global ecosystem. It is shown that modern environmental problems and environmental and nature use have multidisciplinary character. So it is necessary to use joint efforts for their solution.

Key words: mountain landscapes, ecosystems, environmental management, sustainable development, system approach, anthropogenic influence

Проблемы, связанные с последствиями ландшафтопользования, сопровождают человечество со времени его осознанного воздействия на земную поверхность. В настоящее время эти последствия приобрели глобальные масштабы. В первую очередь они отражаются на социальной и политической составляющей теперь уже не какого-либо отдельного государства, а всего мирового сообщества.

От ресурсов горных экосистем зависит определённая часть населения планеты. Активные преобразовательные процессы, связанные с освоением и использованием ресурсов горных территорий, нарушают их экологические каркасы. Любые вмешательства, нарушающие экологическое равновесие горных экосистем и превышающие предельно допустимые нагрузки, вызывают соответствующую ответную реакцию (оползни, уничтожение редких видов растений и животных, деградация почвенного покрова и пр.).

Следует отметить также, что горы – это родина традиционных культур различных народов Земли. Современные исследования должны рассматривать проблемы горных тер-

риторий с системной точки зрения. И эти проблемы должны рассматриваться не в отдельности, а комплексно. Вопросы устойчивого развития горных территорий представляют собой чрезвычайно важную часть глобальной проблемы взаимоотношения человечества с окружающей средой.

В рамках концепции устойчивого развития важной задачей является сохранение функциональных свойств ландшафтов. Особая роль в этом отводится разработке методов и режимов регулирования антропогенного давления на ландшафты и поддержанию их устойчивого развития [4]. Это в настоящее время актуально не только для горных территорий, но и для всей земной поверхности.

В настоящее время «центр тяжести» освоения дополнительных пространств Земли в хозяйственных целях постепенно перемещается от равнинных территорий к горным. Это далеко небезопасно для самих горных экосистем, так как принцип воздействия не изменился: общество в целом не обладает культурой (экологической) взаимодействия с окружающей средой.

Для сохранения существующего потенциала горно-лесных ландшафтов необходимо руководствоваться концепцией сохранения природно-ресурсного потенциала, – концепцией устойчивого развития. В рамках этой концепции важной задачей является сохранение функциональных свойств ландшафтов.

Горы отмечались в Повестке дня XX в. как важный источник воды, энергии, биологического разнообразия, минеральных ресурсов, лесных и сельскохозяйственных продуктов, область рекреации [10]. Горы включают в себе значительную часть экосистем, необходимых для поддержания экосистем глобального уровня, а также для поддержания ландшафтного разнообразия.

Негативные последствия антропогенного воздействия (сокращение площади лесов, деградация земель, разрастание населенных пунктов в горных районах, возникновение и развитие оползневых процессов и т. п.) требуют соответствующей реакции со стороны человека, а именно, грамотного и рационального использования ресурсов ландшафтов, что невозможно без соответствующих знаний и информации о них.

Для многих горных территорий можно выделить следующие наиболее актуальные проблемы: зависимость населения от ограниченных горных ресурсов, обезлесение, уязвимость горных ландшафтов.

Отсутствие реальных механизмов управления природопользованием вызывает тревогу за будущее экологического состояния горных территорий. Ландшафтно-экологические проблемы во многом предопределены отсутствием регулируемых и налаженных хозяйственно-экономических механизмов, отражающих законы ландшафтно-территориального планирования [5]. Кроме того, с ними связаны не менее сложные проблемы социального, экологического содержания, которые в свою очередь еще более обостряют и без того сложную ситуацию.

Все это неоднократно указывает на то, что проблемные ситуации необходимо исследовать с точки зрения системного подхода и рассматривать ландшафт как сложную систему, представляющую собой интеграцию некоторого множества географически значимых элементов и связей в пространстве и времени [6, 8, 13].

Идеи И. Пригожина (1986) и Г. Хакена (1991) о новом диалоге человека с природой и макроскопическим подходе к сложным системам, позволяют оценить масштабную необходимость осмысления взглядов на объекты исследования в науке. Это также содержательно отражено в «заветах» В. Эбелинга [1]:

Первый завет: каждый человек обязан придерживаться экологически допустимого среднего уровня потребления ценной энергии и производства энтропии. Превышение экологически допустимого среднего уровня является "смертным грехом". Он должен быть обложен обществом прогрессивно увеличивающимися высокими штрафными выплатами.

Второй завет: каждый человек обязан сохранять и защищать окружающую среду. Всякая экологически неприемлемая нагрузка на окружающую среду является угрожающим человеческому существованию "смертным грехом" и равным образом должна быть обложена обществом высокими сборами и штрафами.

Третий завет: каждый человек обязан в качестве высочайшего приоритета рассматривать обеспечение качества жизни будущих поколений. Рост народонаселения мира и производимого им оборота энергии и сырья должны быть ограничены на добровольной основе до энергетически и экономически возможного и экологически допустимого.

Четвертый завет: каждый человек обязан, осознавая ограниченность термодинамических потоков, содействовать поддержанию разнообразия во всех отношениях, начиная с разнообразия биологических видов и заканчивая разнообразием в этнической, языковой, социальной, духовной и культурной областях. Эгоистическая экспансия и ограничение разнообразия должно подвергаться штрафам со стороны общества.

Пятый завет: каждый человек обязан способствовать проявлению креативности, стремлению к инновациям и поиску новых решений во всех отношениях. Отсутствие толерантности, которое ограничивает креативность других, является "грехом". Общественные правила и экономические механизмы, которые ограничивают стремление к инновациям в обществе, должны быть заменены позитивными механизмами.

Содержание этих заветов Эбелинга В. достаточно чётко определяет актуальность современных проблем, имеющих отношение к вопросам рационального природопользования, которое в свою очередь тесно связано с устойчивым развитием [10].

Однако становится все более очевидным, что возможности Земли ограничены [14]. Возник целый ряд геоэкологических проблем (на Северном Кавказе эти проблемы нередко связаны с добычей и переработкой полезных ископаемых) [7]. Проблемы окружающей среды давно приняли глобальные масштабы. Современные проблемы окружающей среды и рационального природопользования носят междисциплинарный характер [3, 5] и требуют совместных усилий для их решения, что отражено в идеях В. И. Вернадского [2].

В практике природопользования в настоящее время широко используются методы моделирования, позволяющие исследовать ландшафтную структуру, экологическую ситуацию и др. [11, 12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Эбелинг В. URL: <http://spkurdyumov.narod.ru/Ebeling21.htm>.
2. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера / Предисловие Р. К. Баландина. М.: Айрис-пресс, 2004. 576 с. (Библиотека истории и культуры).
3. Гагаева З. Ш., Абумуслимов А. А. Разумный подход к преобразовательным процессам ландшафтного пространства // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2014. № 4(25). С. 96–98.
4. Гагаева З. Ш., Абумуслимов А. А., Банкурова Л. Горно-лесные ландшафты и ландшафтное разнообразие (статья) // Материалы Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа». Назрань: Пилигрим, 2008. С. 416–417.
5. Гагаева З. Ш., Гацаева Л. С., Абумуслимов А. А., Ирисханов И. В. Ландшафтно-экологические проблемы и устойчивое развитие / Устойчивое развитие горных районов Северного Кавказа в условиях глобальных изменений: исследования и практика // Материалы Международной научно-практической конференции. Грозный, 12–14 октября 2014. Грозный: Издательство Чеченского госуниверситета, 2014. С. 145–147.
6. Гохман В. М., Минц А. А., Преображенский В. С. Системный подход в географии // Теоретическая география. М.: Мысль. 1971. С. 65–75.

7. Даукаев А. А., Гацаева Л. С., Гагаева З. Ш., Собисевич А. В. Добыча полезных ископаемых и геоэкологические проблемы XX столетия // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-15337>(дата обращения: 12. 11. 2014).

8. Исаченко А. Г. Развитие географических идей. М.: Мысль. 1971. 416 с.

9. Исследование состояний геосистем дистанционными методами // Сб. тр. М.: АН СССР. Институт географии. 1987. 192 с.

10. Повестка дня на XXI век

(URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml).

11. Пузаченко Ю. Г., Дьяконов К. Н., Алещенко Г. М. Разнообразие ландшафта и методы его изучения // В сб. «География и мониторинг биоразнообразия». М: НУМЦ. 2002. 432 с.

12. Сайханов М. Б., Гагаева З. Ш. Второе начало термодинамики и моделирование экосистем // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4; URL: <http://www.science-education.ru/118-14069>.

13. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука. 1975. 320 с.

14. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers, William W. Behrens III. The Limits to Growth. A Report For The Club Of Rome's Project On The Predicament Of Mankind. UniverseBooks. NewYork. 1972.

УДК 621.315.592.08

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ГРАНИЧНЫХ СОСТОЯНИЙ МДП-СТРУКТУР*Гусалов А. И.*, студент*Датиев М. К.*, аспирант*Датиев К. М.*, д-р техн. наук, профессор

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

Одной из принципиальных особенностей, характеризующих поверхность полупроводников или границу раздела полупроводника с каким-либо веществом, является изменение энергетического спектра для электронов на поверхности по сравнению с объемом полупроводника. Это различие обусловлено наличием на поверхности полупроводников поверхностных состояний (ПС).

Ключевые слова: МДП-структура, поверхностные состояния, энергетический спектр.

THE STUDY OF THE SPECTRUM OF BOUNDARY STATES MIS-STRUCTURES

One of the principal features that characterize the surface of a semiconductor or the boundary between semiconductor and any substance is the change in the energy spectrum for electrons on the surface compared with the semiconductor's scope. This difference is explained by the presence of the semiconductor surface states (SS) on the surface.

Наиболее распространённым методом изучения свойств МДП-структуры является метод, основанный на анализе зависимости емкости МДП-структуры C от напряжения на затворе V_G [1].

Исследование плотности поверхностных состояний проводилось на основе МДП-транзистора с изолированным затвором КП301Б.

Для исследования плотности поверхностных состояний на границе раздела полупроводник–диэлектрик воспользуемся высокочастотной C - V характеристикой МДП-структуры, приведенной на рис. 1. Экспериментальные исследования были проведены на установке для измерения вольт – фарадных характеристик p - n переходов [2].

Плотность поверхностных состояний рассчитывалась из соотношения:

$$N_{ss} = \frac{C_{ox}}{q} \frac{\Delta V_G}{d\Psi_s}, \quad (1)$$

где ΔV_G – сдвиг экспериментальной C - V характеристики относительно теоретической $\Delta V_G = \Delta V_{теор} + \Delta V_{эксп}$, C_{ox} – емкость подзатворного диэлектрика, Ψ_s – поверхностный потенциал, q – заряд электрона.

Проведя на графике горизонтальное сечение, соответствующее емкости плоских зон $C = C_{FB} = const$, можно на пересечении сечения с теоретической кривой получить напряжение, соответствующее $\Psi_s = 0$, т. е. экспериментальное напряжение плоских зон V_{FB} .

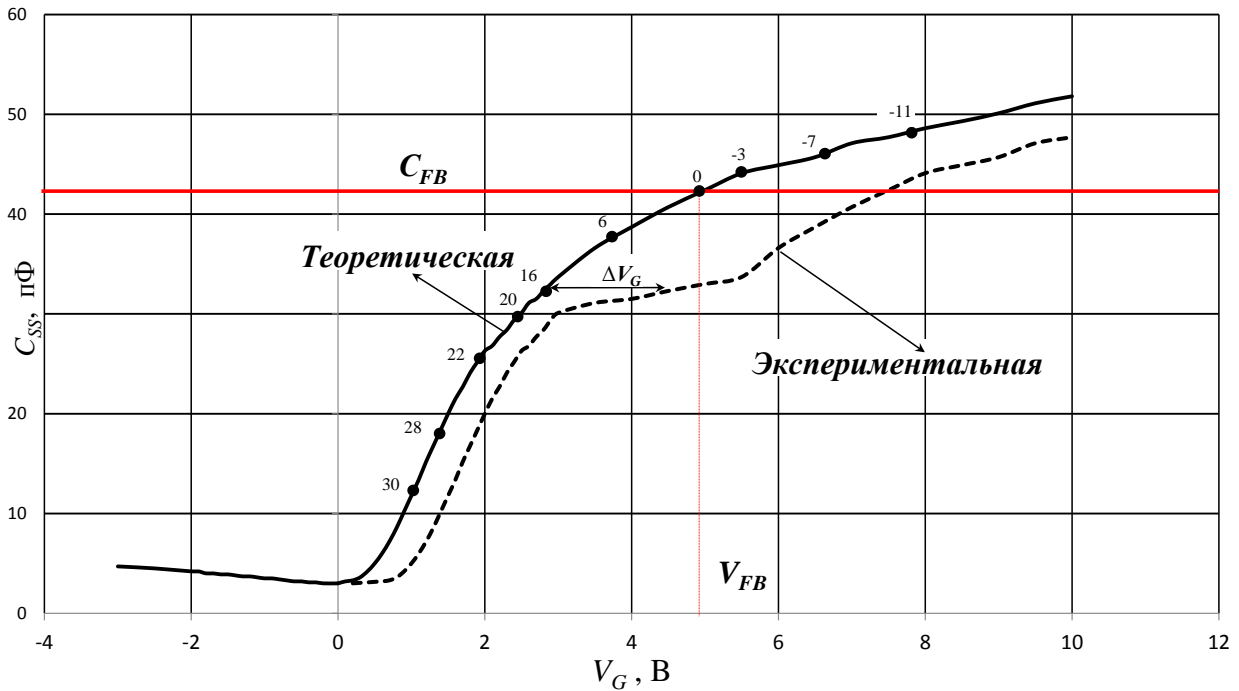


Рис. 1. Экспериментальная и теоретическая C - V характеристики МДП-транзистора

На рис. 2 приведена зависимость сдвига напряжения ΔV_G от поверхностного потенциала Ψ_s , полученная из сечения постоянной емкости МДП-структуры $C = \text{const}$.

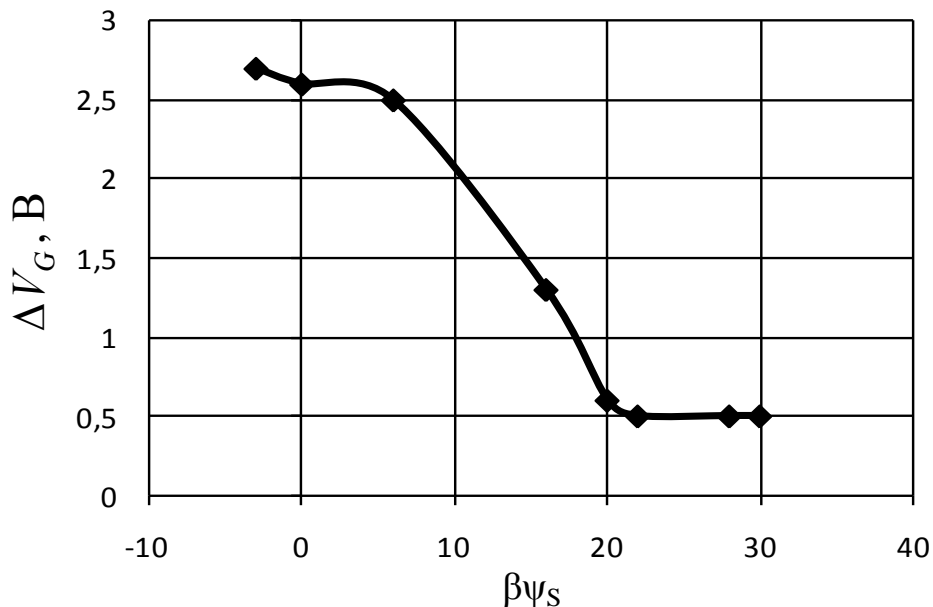


Рис. 2. Зависимость сдвига напряжения ΔV_G от поверхностного потенциала Ψ_s

Графическим дифференцированием кривой $\Delta V_G(\Psi_s)$ по уравнению (1) рассчитали распределение плотности поверхностных состояний в зависимости от энергий (рис. 3).

Для исследованного образца плотность поверхностных состояний на границе раздела металл – диэлектрик в области плоских зон составляет $N_{ss} = 2,4 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \text{ эВ}^{-1}$

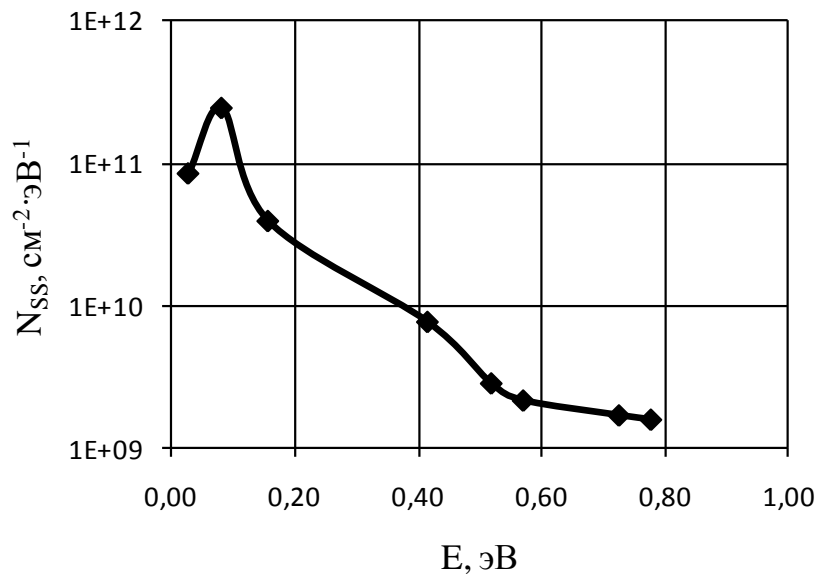


Рис. 3. Спектр плотности поверхностных состояний в запрещённой зоне

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуртов В. А. Твердотельная электроника: Учебное пособие. 3-е изд., доп. Москва: Техносфера. 2008.
2. Мурадян Э. Э., Датиев К. М. Прибор для измерения вольт-фарадных характеристик p - n -переходов различных полупроводниковых приборов // Труды молодых ученых ВЦРАН и Правительства РСО-Алания. 2013. № 1.

УДК 621.31+519.2

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ МАЛОЙ ВЫБОРКИ ДАННЫХ ПОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Дзгоев А. Э., канд. техн. наук, доцент
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет)
Владикавказ, Российская Федерация
e-mail: Dzgoev_Alan@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы аппроксимации экспериментальных данных по потреблению электроэнергии на основе малой выборки данных. Разработана математическая модель и проведено прогнозирование электропотребления. Доказана адекватность модели.

The paper deals with the approximation of the experimental data for the consumption of electricity on the basis of a small sample of data. Mathematical model is developed and conducted forecasting electricity. We prove the adequacy of the model.

Поведение энергетических систем сопровождается случайными явлениями и подвержено влиянию различных случайных факторов. Для уменьшения негативного воздействия таких факторов проводится мониторинг и выявляются закономерности наблюдаемых явлений и факторов. Наиболее яркое проявление случайностей при краткосрочном прогнозировании электропотребления преподносит погода [1].

На рис. 1 показаны графики фактических данных потребления электроэнергии и фактической температуры окружающей среды за определенный период.



Рис. 1. График потребления электроэнергии и температуры воздуха

Температура окружающей среды влияет на потребление электроэнергии, что связано со следующими обстоятельствами:

1. Чем выше температура окружающей среды, тем больше сопротивление проводника прохождению электрического тока. Расчет показал, что увеличение температуры на 10 % вызывает увеличение удельного сопротивления в среднем на 4 % [2, 3].

2. Использование населением бытовых кондиционеров.

Прогнозирование электропотребления в данной научной работе осуществлено малой выборкой данных.

Выборка представляет собой совокупность реализаций случайной величины, полученных в процессе наблюдений (опытов). Разделение выборок на большие и малые (ограниченные) несколько условно и зависит от решаемых задач.

Некоторые авторы относят к ограниченным выборки объемом от 50 до 200 элементов. Очень малыми считаются выборки объемом менее 5. В настоящей статье под малой выборкой будем понимать выборку объемом от 10 до 30 элементов. Именно с такими выборками часто приходится иметь дело специалистам [1].

Наличие в распоряжении исследователя только малой и притом динамичной выборки значительно усложняет решение статистических задач.

При обработке и анализе малой выборки данных о потреблении электроэнергии был использован метод скользящей матрицы [4, 5], отличающийся постоянством размера матрицы независимых переменных путём непрерывного удаления из неё старого информационного "груза" и ввода новой строки с данными в прогнозной точке. В качестве регрессионной модели был использован неполный полином второй степени, в котором независимыми переменными были время и температура. Зависимая переменная представляла собой расход энергии.

Проведена аппроксимация экспериментальных данных о потреблении электроэнергии. На рис. 2 показаны исходные матрицы (малая выборка данных), где N: = 20 – число опытов; k: = 2 – число коэффициентов регрессии; X0 – фиктивная переменная; X1 – время, сут. X2 – время, сут² X3 – температура (средняя), C; X4 = X1 · X3; Y – зависимая переменная, кВт. ч. потребление электроэнергии.

X :=	1	1	1	21.5	21.5	Y :=	2357.85
	1	2	4	21.2	42.4		2669.7
	1	3	9	22.1	66.3		2669.7
	1	4	16	25.1	100.4		2998.05
	1	5	25	26.4	132		3512.85
	1	6	36	22.6	135.6		3542.55
	1	7	49	17.7	123.9		3248.85
	1	8	64	18.5	148		3341.25
	1	9	81	21.2	190.8		3453.45
	1	10	100	20.3	203		3598.65
	1	11	121	17	187		3413.85
	1	12	144	19.2	230.4		4271.85
	1	13	169	19.4	252.2		4393.95
	1	14	196	21.9	306.6		3686.1
	1	15	225	25.5	382.5		3682.8
	1	16	256	26.3	420.8		3550.8
	1	17	289	26.3	447.1		4719
	1	18	324	24.7	444.6		3979.35
	1	19	361	21.4	406.6		4131.6
	1	20	400	21.04	420.8		4141.5

Рис. 2. Матрица независимых переменных X и матрица Y

Проведен расчет по методу скользящей матрицы [4, 5, 6].

$$Z := (1 \ 21 \ 441 \ 21.3 \ 447.3)$$

$$Z1 := (4027.65)$$

$$L := \text{rows}(X) \quad L = 20$$

$$L1 := \text{rows}(Y) \quad L1 = 20$$

$$m := \text{cols}(Z) \quad m = 5$$

$$m1 := \text{cols}(Z1) \quad m1 = 1$$

$$i := 1..L - 1 \quad j := 0..m - 1$$

$$i1 := 1..L1 - 1 \quad j1 := 0..m1 - 1$$

$$X_{i-1,j} := X_{i,j}$$

$$Y_{i1-1,j1} := Y_{i1,j1}$$

$$X =$$

	0	1	2	3	4
0	1	2	4	21.2	42.4
1	1	3	9	22.1	66.3
2	1	4	16	25.1	100.4
3	1	5	25	26.4	132
4	1	6	36	22.6	135.6
5	1	7	49	17.7	123.9
6	1	8	64	18.5	148
7	1	9	81	21.2	190.8
8	1	10	100	20.3	203
9	1	11	121	17	187
10	1	12	144	19.2	230.4
11	1	13	169	19.4	252.2
12	1	14	196	21.9	306.6
13	1	15	225	25.5	382.5
14	1	16	256	26.3	420.8
15	1	17	289	26.3	...

$$Y =$$

	0
0	$2.67 \cdot 10^3$
1	$2.67 \cdot 10^3$
2	$2.998 \cdot 10^3$
3	$3.513 \cdot 10^3$
4	$3.543 \cdot 10^3$
5	$3.249 \cdot 10^3$
6	$3.341 \cdot 10^3$
7	$3.453 \cdot 10^3$
8	$3.599 \cdot 10^3$
9	$3.414 \cdot 10^3$
10	$4.272 \cdot 10^3$
11	$4.394 \cdot 10^3$
12	$3.686 \cdot 10^3$
13	$3.683 \cdot 10^3$
14	$3.551 \cdot 10^3$
15	...

$$X_{L-1,j} := \left| Z^T \right|_j$$

$$Y_{L1-1,j1} := \left| Z1^T \right|_{j1}$$

$$X =$$

	0	1	2	3	4
0	1	2	4	21.2	42.4
1	1	3	9	22.1	66.3
2	1	4	16	25.1	100.4
3	1	5	25	26.4	132
4	1	6	36	22.6	135.6
5	1	7	49	17.7	123.9
6	1	8	64	18.5	148
7	1	9	81	21.2	190.8
8	1	10	100	20.3	203
9	1	11	121	17	187
10	1	12	144	19.2	230.4
11	1	13	169	19.4	252.2
12	1	14	196	21.9	306.6
13	1	15	225	25.5	382.5
14	1	16	256	26.3	420.8
15	1	17	289	26.3	447.1
16	1	18	324	24.7	444.6
17	1	19	361	21.4	406.6
18	1	20	400	21.04	420.8
19	1	21	441	21.3	447.3

$$Y =$$

	0
0	$2.67 \cdot 10^3$
1	$2.67 \cdot 10^3$
2	$2.998 \cdot 10^3$
3	$3.513 \cdot 10^3$
4	$3.543 \cdot 10^3$
5	$3.249 \cdot 10^3$
6	$3.341 \cdot 10^3$
7	$3.453 \cdot 10^3$
8	$3.599 \cdot 10^3$
9	$3.414 \cdot 10^3$
10	$4.272 \cdot 10^3$
11	$4.394 \cdot 10^3$
12	$3.686 \cdot 10^3$
13	$3.683 \cdot 10^3$
14	$3.551 \cdot 10^3$
15	$4.719 \cdot 10^3$
16	$3.979 \cdot 10^3$
17	$4.132 \cdot 10^3$
18	$4.141 \cdot 10^3$
19	$4.028 \cdot 10^3$

$$B := (X^T X)^{-1} X^T Y$$

$$B = \begin{pmatrix} 405.117 \\ 340.655 \\ -5.363 \\ 84.569 \\ -6.447 \end{pmatrix}$$

Коэффициенты регрессии

$$YR := X \cdot B$$

Расчетные значения зависимой переменной

$$Dad := \frac{\sum (Y - YR)^2}{N - k}$$

$$Dad = 1.06 \times 10^5$$

Дисперсия адекватности

$$YSR := \frac{\sum Y}{N}$$

$$YSR = 3.652 \times 10^3$$

Среднее значение зависимой переменной

$$DY := \frac{\sum (Y - YSR)^2}{N - 1}$$

$$DY = 2.921 \times 10^5$$

Дисперсия зависимой переменной

$$FR := \frac{DY}{Dad}$$

$$FR = 2.757$$

Расчетное значение F-статистики

$$F_{\alpha, k, N-k} := qF(0.95, N - 1, N - k)$$

$$F = 2.34$$

Табличное значение F-статистики

Вывод

В связи с тем, что $FR > F$ – уравнение регрессии признано адекватным экспериментальным данным потребления электроэнергии на уровне значимости 0,05, что соответствует доверительной вероятности $p = (1 - 0,05) \cdot 100 = 95,0 \%$.

	0		0
0	$2.67 \cdot 10^3$	0	$2.584 \cdot 10^3$
1	$2.67 \cdot 10^3$	1	$2.82 \cdot 10^3$
2	$2.998 \cdot 10^3$	2	$3.157 \cdot 10^3$
3	$3.513 \cdot 10^3$	3	$3.356 \cdot 10^3$
4	$3.543 \cdot 10^3$	4	$3.293 \cdot 10^3$
5	$3.249 \cdot 10^3$	5	$3.225 \cdot 10^3$
6	$3.341 \cdot 10^3$	6	$3.397 \cdot 10^3$
7	$3.453 \cdot 10^3$	7	$3.599 \cdot 10^3$
8	$3.599 \cdot 10^3$	8	$3.683 \cdot 10^3$
9	$3.414 \cdot 10^3$	9	$3.735 \cdot 10^3$
10	$4.272 \cdot 10^3$	10	$3.859 \cdot 10^3$
11	$4.394 \cdot 10^3$	11	$3.942 \cdot 10^3$
12	$3.686 \cdot 10^3$	12	$3.998 \cdot 10^3$
13	$3.683 \cdot 10^3$	13	$3.999 \cdot 10^3$
14	$3.551 \cdot 10^3$	14	$3.994 \cdot 10^3$
15	...	15	...

$\text{corr}(Y, YR) = 0.845$

Значимость коэффициентов регрессии

$$\underline{\underline{G}} := (X^T X)^{-1}$$

Матрица обратная матрице нормальных уравнений

$$G = \begin{pmatrix} 28.604 & -2.507 & 0.02 & -1.184 & 0.09 \\ -2.507 & 0.25 & -2.411 \times 10^{-3} & 0.101 & -8.56 \times 10^{-3} \\ 0.02 & -2.411 \times 10^{-3} & 6.534 \times 10^{-5} & -6.15 \times 10^{-4} & 4.063 \times 10^{-5} \\ -1.184 & 0.101 & -6.15 \times 10^{-4} & 0.05 & -3.849 \times 10^{-3} \\ 0.09 & -8.56 \times 10^{-3} & 4.063 \times 10^{-5} & -3.849 \times 10^{-3} & 3.379 \times 10^{-4} \end{pmatrix}$$

$$t := \text{qt}(0.975, N - k)$$

$$t = 2.131$$

Табличное значение критерия Стьюдента

$$\Delta_0 := t \cdot \sqrt{\text{Dad} \cdot G_{0,0}}$$

$$\Delta_0 = 3.711 \times 10^3$$

Δ_i – доверительные интервалы коэффициентов регрессии

$$\Delta_1 := t \cdot \sqrt{\text{Dad} \cdot G_{1,1}}$$

$$\Delta_1 = 346.904$$

$$\Delta_2 := t \cdot \sqrt{\text{Dad} \cdot G_{2,2}}$$

$$\Delta_2 = 5.608$$

$$\Delta_3 := t \cdot \sqrt{\text{Dad} \cdot G_{3,3}}$$

$$\Delta_3 = 155.881$$

$$\Delta_4 := t \cdot \sqrt{\text{Dad} \cdot G_{4,4}}$$

$$\Delta_4 = 12.754$$

Вывод

Отдельные коэффициенты регрессии оказались незначимыми при уровне значимости 0,05, но так как уравнение регрессии в целом оказалось адекватным экспериментальным данным, все коэффициенты решено было оставить в уравнении. В итоге было получено следующее адекватное уравнение регрессии:

$$Y := 405.117 + 340.655\tau - 5.363\tau^2 + 84.569A - 6.447\tau \cdot A$$

Из уравнения регрессии следует, что суммарное влияние двух последних членов при любом сочетании времени и температуры ведёт к увеличению потребления электроэнергии.

Прогнозирование потребления электроэнергии на основе математической модели

$$D := X \cdot (X^T X)^{-1} \cdot X^T$$

Ошибка прогноза

$$i := 0..19$$

$$S_{i,i} := t \cdot \sqrt{Dad \cdot (1 + D_{i,i})}$$

Доверительный интервал коридора ошибок

$$\tau := 22 \quad A := 23$$

$$XP := \begin{bmatrix} 1 & \tau & \tau^2 & A & \tau \cdot A \end{bmatrix}$$

Вектор независимых переменных в прогнозной точке

$$XP^T = \begin{pmatrix} 1 \\ 22 \\ 484 \\ 23 \\ 506 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 405.117 \\ 340.655 \\ -5.363 \\ 84.569 \\ -6.447 \end{pmatrix}$$

$$YP := B_1 + B_2 \cdot \tau + B_3 \cdot \tau^2 + B_4 A + B_5 \cdot \tau \cdot A$$

Математическая модель

$$YP = 3.987 \times 10^3$$

Значение зависимой переменной в прогнозной точке

$$S_{20,20} = 829.715$$

Коридор ошибок в прогнозной точке

$$Y_{max} := YP + S_{20,20}$$

$$Y_{max} = 4.816 \times 10^3$$

$$YP = 3.987 \times 10^3$$

$$Y_{min} := YP - S_{20,20}$$

$$Y_{min} = 3.157 \times 10^3$$

Проведена обработка и дан анализ малой выборки экспериментальных данных по потреблению электроэнергии и получена адекватная регрессионная модель, которая была использована при прогнозировании электропотребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сухорученков Б. И.* Анализ малой выборки. Прикладные статистические методы / Б. И. Сухорученков. М.: Вузовская книга, 2010. 384 с.: ил.
2. *Иванов А. А.* Справочник по электротехнике. Киев: Вища школа, 1972. С. 224.
3. *Кухлинг Х.* Справочник по физике: пер. с нем. М.: Мир, 1982. 520 с., ил.
4. *Алкацев М. И., Дзгоев А. Э.* К вопросу об оценке качества регрессионных моделей металлургических процессов / Сборник научных статей пятого международного конгресса «Цветные металлы – 2013». Красноярск: Версо, 2013. 692 с.
5. *Алкацев М. И., Дзгоев А. Э., Бетрозов М. С.* Исследование и разработка метода прогнозирования потребления электроэнергии в системе управления электроснабжением региона // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Казань, 2012. № 5–6.
6. *Кумаритов А. М., Дзгоев А. Э., Бетрозов М. С., Бочкор Е. Н.* Анализ малой выборки экспериментальных данных при управлении энергоснабжением и энергосбережением региона // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Казань, 2013. № 9–10.

УДК 621.311–19

О НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Дубинин В. Н., аспирант

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

e-mail: *dubinin_vn@mail.ru*

В статье рассматривается вопрос оценки эффективности электроснабжения и принятия решений по энергосбережению с целью снижения энергоёмкости экономики Российской Федерации – для обеспечения её устойчивого развития. Особенно это касается промышленных предприятий, образующих энергоёмкий сектор экономики. Сделаны выводы о необходимости комплексной оценки эффективности электроснабжения с учётом его надёжности. Отдельным фактором надёжности электроснабжения промышленных предприятий, расположенных на горных территориях, является бесперебойность. Для её обеспечения предложена установка гидроэлектростанции. В качестве примера энергосберегающего мероприятия, влияющего на бесперебойность и устойчивость электроснабжения, рассмотрен вариант компенсации реактивной мощности – внедрение БСК. В итоге сделаны выводы об эффективном электроснабжении как об экономичном и бесперебойном, обеспечивающем устойчивое развитие страны.

Ключевые слова: *устойчивое развитие, энергоёмкость, электроснабжение, энергосбережение, эффективность, комплексная оценка, надёжность, бесперебойность, резервирование, возобновляемые источники электроэнергии, батарея статических конденсаторов, несинусоидальность.*

ABOUT THE RELIABILITY OF POWER INDUSTRIAL ENTERPRISES IN MOUNTAIN AREAS

Dubinin V. N.

North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)

Vladikavkaz, the Russian Federation

e-mail: *dubinin_vn@mail.ru*

The article discusses the evaluation of the efficiency of power and decision-making on energy efficiency in order to reduce the energy intensity of the economy of the Russian Federation to ensure its sustainable development. This is particularly true of industrial enterprises forming the energy-intensive sector of the economy. The conclusions about the need for a comprehensive assessment of the efficiency of power supply in view of its reliability. A separate factor of reliability of power supply of industrial enterprises located in mountainous areas, represented continuity. To ensure of it is proposed installatio of hydroelectric power stantion. As an example of energy saving measures affecting the continuity and stability of the power supply, is considered reactive power compensation – the introduction of BCK. As a result, the conclusions of the effective electric power – as an economical and trouble-free for the sustainable development of the country.

Key words: *sustainable development, energy consumption, electric power supply, energy saving, efficiency, comprehensive assessment, reliability, continuity, redundancy, renewable energy sources, the battery of static capacitors, nonsinusoidality.*

Одной из важных целей устойчивого развития Российской Федерации является снижение энергоёмкости экономики. Достижение этой цели возможно при обеспечении устойчивого развития отдельных регионов и разных секторов экономики страны. Поэтому в настоящее время снижение энергоёмкости производства является основной задачей промышленности. Это связано с тем, что большую часть себестоимости промышленной продукции составляют затраты на энергоресурсы, особенно на электроэнергию (ЭЭ). Основным решением этой задачи является энергосбережение, так как при этом снижается необходимость ввода дополнительных генерирующих мощностей, увеличивается энергетическая и экологическая безопасность. В связи с этим утверждена государственная программа Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года" [1], которая включает и подпрограмму "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в промышленности". Здесь перечислены мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности, которые можно условно разделить на организационные и технические.

Однако возникает серьёзный вопрос оценки эффективности электроснабжения (ЭС) и корректности выбора энергосберегающих мероприятий. Оценка в виде экономического фактора эффективности (ЭС) не совсем правильна, так как у разных промышленных предприятий (ПП) свои приоритеты и особенности. К примеру, для предприятий, расположенных на горных территориях, помимо экономического фактора, актуален и вопрос надёжности ЭС, т. е. обеспечения бесперебойного ЭС. Это достигается следующими способами:

- 1) резервированием – как необходимым условием бесперебойности ЭС;
- 2) максимально возможной близостью источников питания (ИП) к ПП – для снижения количества звеньев сети и ступеней трансформации.

Само резервирование повышает надёжность ЭС, снижая при этом его эффективность в целом, ввиду больших затрат на построение и эксплуатацию. Экономический показатель резервирования оценивается по формуле:

$$Z_i = pK_i + I_i + U_i, \quad (1)$$

где Z_i – приведённые затраты в вариантах без резервирования и с резервированием элементов;

p – нормативный коэффициент стоимости капитальных вложений;

K_i – капитальные затраты в соответствующем варианте;

I_i – эксплуатационные расходы варианта;

U_i – ожидаемый ущерб от перерывов и ограничения в ЭС в рассматриваемом варианте» [2].

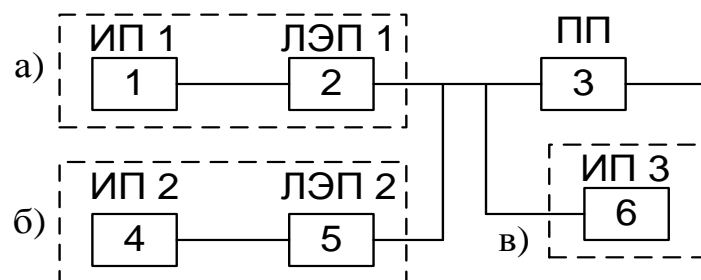


Рис. 1. Варианты резервирования ЭС

Для ПП на горных территориях, при рассмотрении системы ЭС и линии электропередачи (ЛЭП), особенно актуален вариант резервирования с последовательно соединёнными элементами сети (рис. 1 а). Вероятность безотказной работы сети определяется как произведение вероятностей безотказной работы всех элементов:

$$P_c = p_1 p_2 p_3 \dots p_n, \quad (2)$$

где p_n – вероятность безотказной работы n -го элемента [3].

В итоге вероятность состояния отказа сети определяется как вероятность отказа хотя бы одного её элемента.

Таблица 1

Показатели надёжности и плановых ремонтов трансформаторов и ЛЭП [3]

Элемент и номинальное напряжение, кВ	Параметр потока отказов ω , 1/год	Время восстановления $T_{ср.в}$, ч	Частота плановых ремонтов π , 1/год	Продолжительность планового ремонта, $T_{пл}$, ч
Трансформаторы				
220	0,02	250	1,0	40
110	0,015	200	1,0	30
35–20	0,020	150	1,0	30
Кабельная сеть: 6–10	0,005	100	0,5	10
Воздушная сеть: 6–10	0,05	100	0,5	10
Воздушные линии на 100 км с АПВ на металлических или железобетонных опорах:				
220	0,7	16	6	8
110	1,0	14	5	8
35	2,0	12	5	8
10	2,0	5	4	8
Кабели на 100 км:				
в траншее: 6–10	8,0	60	1	8
в туннеле: 6–10	1,3	35	1	8
в блоках: 6–10	10,0	100	1	8

Согласно табл. 1, определяющая вероятность отказа диктуется ЛЭП. Поэтому возникает необходимость резервирования ЛЭП по варианту параллельного соединения элементов (рис. 1а и 1б), при котором вероятность состояния отказа работы всей сети определяется как произведение вероятностей отказа работы всех элементов:

$$q_c = q_1 q_2 q_3 \dots q_n, \quad (3)$$

где q_n – вероятность отказа работы n -го элемента [3].

Однако постройка резервной ЛЭП несёт большие затраты. Сама ЛЭП также имеет значительную вероятность отказа, ввиду её протяжённости в условиях горных территорий, а также ввиду того, что она представляет собой сеть из последовательно соединённых элементов. Поэтому эффективность резервирования снижается (1, 2).

Другим выходом из такой ситуации является внедрение возобновляемых источников ЭЭ (ВИЭ). При этом ВИЭ в виде солнечных батарей и ветровых генераторов не могут обеспечивать высокую бесперебойность ЭС ввиду непостоянства их работы во времени [4]. Кроме того, они отличаются дороговизной строительства из-за больших капитальных затрат.

Отдельным решением является строительство гидроэлектростанции (ГЭС), которое вполне быстро можно реализовать без значительных затрат. Кроме того, ГЭС обладают значительным потенциалом и стабильностью работы в сравнении с другими ВИЭ (см. табл. 2).

Таблица 2

Сводные данные по годовому энергетическому потенциалу РСО-А [5]

Ресурс	Потенциал, млн. кВт·ч/год
Гидроэнергетический	22 723,4
Ветроэнергетический	1,666
Солнечное излучение	16 000
Геотермальные источники энергии и твёрдые углеводороды	2 103

Соответственно именно ГЭС (рис. 1, элемент 6) может обеспечить (3) должную бесперебойность ЭС ввиду постоянства её работы во времени и возможности близкого расположения к ПП (рис. 1а), что исключит (2) «хрупкие» протяжённые ЛЭП (рис.1, элемент 2 или 5) и снизит потери ЭЭ при передаче.

Кроме того, надёжность ЭС необходимо учитывать и при выборе энергосберегающих мероприятий. К примеру, внедрение батареи статических конденсаторов (БСК) приводит к изменению спектра n -ой гармонической составляющей фазных напряжений (рис. 2), а также к нарушению устойчивости работы блока «Асинхронный двигатель АД–БСК» [6].

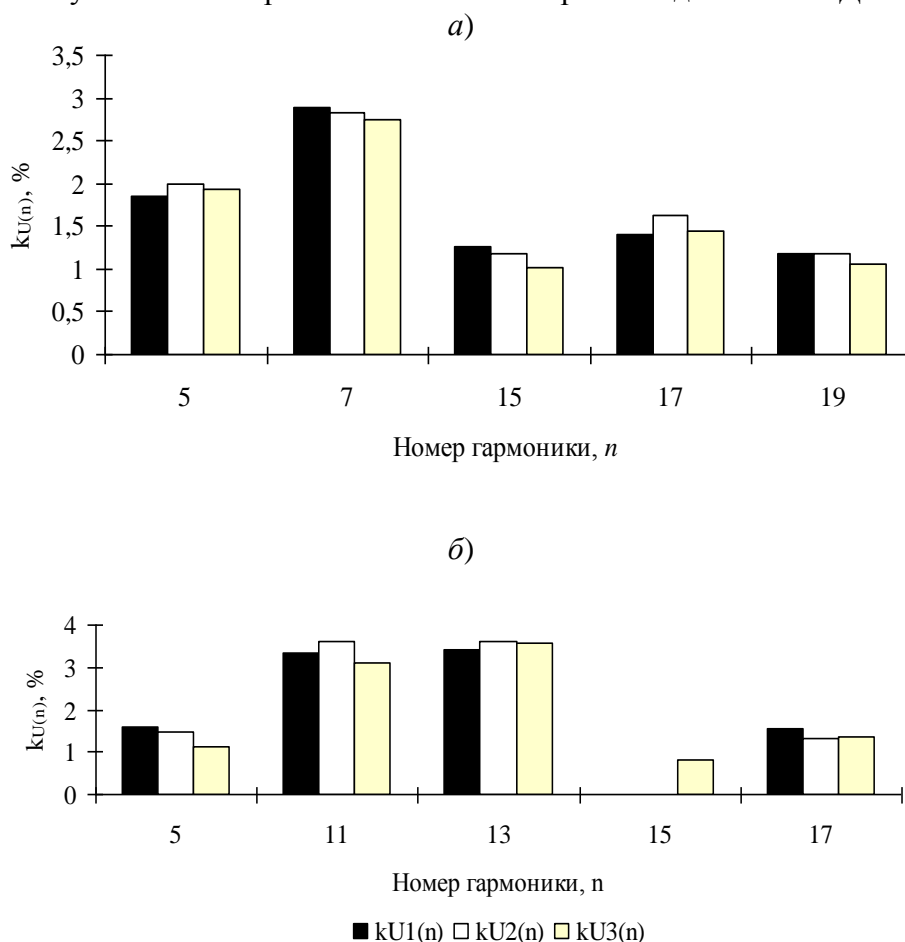


Рис. 2. Гистограмма изменения коэффициентов n -й гармонической составляющей фазных напряжений в системе ЭС АД газодувки:
а) при отключенных БСК, б) при включенных БСК

Само изменение спектра может повлечь за собой возникновение аварийной ситуации в виде резонанса [7], что приведёт к срабатыванию релейной защиты и соответственно – к нарушению бесперебойности ЭС. В результате исследований на ОАО «Электроцинк» выявлено, что при схеме подключения БСК и АД через общий выключатель возможна вероятность аварийного отключения привода газодувки, при срабатывании защиты БСК от высших гармоник, имеющих в сети 6 кВ, из-за вентильных преобразователей высокой мощности для электролиза цинка. Результирующие значения сопротивлений в точке общего присоединения (ТОП) представлены на рис. 3.

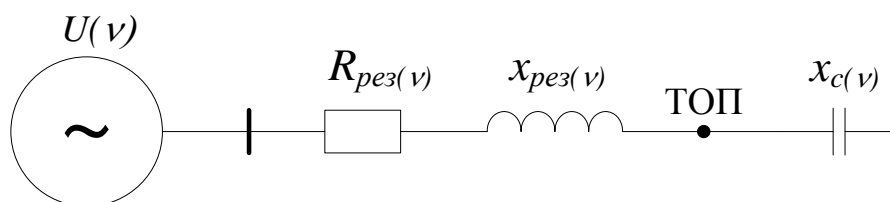


Рис. 3. Результирующие значения сопротивлений на основной частоте $\nu = 1$

По данным расчёта резонанс наступит при гармонике:

$$\nu_{рез.рас} = \sqrt{\frac{x_{c(\nu)}}{x_{рез(\nu)}}} = \sqrt{\frac{22,046}{0,198}} = 10,55, \quad (4)$$

где $x_{c(\nu)}$ – емкостное сопротивление БСК;

$x_{рез(\nu)}$, – результирующее индуктивное сопротивление сети.

Согласно расчёту резонансных режимов БСК установлено, что резонанс возможен при 11-й гармонике (4) в определённом схемном режиме. При этом общая перегрузка БСК почти на треть превысит допустимую, что может привести к тяжелым аварийным последствиям.

В связи с этим, и внедрение частотно-регулируемого привода тоже не всегда эффективно, так как приводит к увеличению несинусоидальности напряжения, что влечёт за собой увеличение потерь ЭЭ, износ оборудования и штатное срабатывание релейной защиты [8].

Выводы

1. Для обеспечения устойчивого развития Российской Федерации необходимо снижение общей энергоёмкости. Основным решением этой задачи является энергосбережение путём повышения эффективности ЭС и внедрения ВИЭ [9], что особенно актуально для ПП на горных территориях.

2. Для оценки эффективности ЭС необходим комплексный подход, учитывающий разные факторы с привязкой к конкретным условиям. При этом необходимо комплексно учитывать не только экономичность, но и надёжность ЭС в виде его бесперебойности.

3. Сама надёжность ЭС комплексно зависит от схемного и конструктивного построения системы ЭС, оптимального объёма резервов и надёжности основного электрооборудования.

4. Надёжность ЭС также должна обеспечиваться самим поставщиком ЭЭ, ответственность которого ужесточает новый стандарт качества ЭЭ – ГОСТ Р 54149 [10], введённый в действие 1 января 2013 года на смену ГОСТ 13109-97.

5. Необходимо провести комплексный анализ эффективности ЭС для выбора и оценки мероприятий по повышению эффективности ЭС, итогом внедрения которых станет экономичное и бесперебойное ЭС потребителей с нормативными величинами потерь ЭЭ при её передаче, распределении и потреблении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»: Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2010 № 2446-р.

2. Александров Д. С., Щербаков Е. Ф. Надёжность и качество электроснабжения предприятий: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2010. 155 с.

3. Конюхова Е. А., Киреева Э. А. Надёжность электроснабжения промышленных предприятий. М.: НТФ "Энергопрогресс", 2001. 92 с

4. Крежевский Ю. С. Общая энергетика: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 124 с.

5. Хузмиев И. К. Концепция развития электроэнергетики Республики Северная Осетия-Алания. Владикавказ: СКГМИ (ГТУ), 2007. 64 с.

6. Васильев И. Е., Ключев Р. В., Котова О. А. Системный анализ устойчивости работы блока «АД-БСК» в системе электроснабжения предприятий цветной металлургии // Устойчивое развитие горных территорий. 2012. № 3 (13). С. 14–20.

7. Ердэмбеков М. К., Мышкин В. Ф., Хан В. А. Современные проблемы электроэнергетики. Электрический ток и резонансные явления. Томск: Изд-во НТЛ, 2013. 280 с.

8. Качество электрической энергии на предприятии – бороться или смириться? / Публикации – Elec.ru. URL: <http://www.elec.ru/articles/kachestvo-elektricheskoy-energii-na-predpriyatii-b/> (дата обращения: 24.05.2014).

9. Хузмиев И. К., Караев Ю. И., Гассиева О. И. Новая электроэнергетика – основа «зеленой экономики» России // Устойчивое развитие горных территорий. 2013. № 4 (18). С. 106–109.

10. ГОСТ Р 54149. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

УДК 621.13

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ РСО-А

Заалишвили В. Б., д-р физ.-мат. наук, профессор
Геофизический институт ВНЦ РАН и РСО-А
Владикавказ, Российская Федерация
e-mail: vzaal@mail.ru

Территория Северной Осетии подвержена воздействию опасных природно-техногенных процессов, наиболее разрушительным из которых по масштабу возможных последствий является сейсмическая опасность.

В связи с этим, а также учитывая активизацию других опасных природных процессов на Кавказе, в том числе, неожиданный сход ледника Колка 20 сентября 2002 года, в конце 2003 года существующая Республиканская сейсмическая сеть наблюдений Института была преобразована в сеть комплексных наблюдений «Кармадонский параметрический полигон».

Целью создания сети «Кармадонский параметрический полигон» является разработка концепции безопасности населения горных регионов и создание эталонных сценариев опасных геологических процессов. Комплексная система наблюдений включает в себя сейсмологические, геодинамические и гравиметрические наблюдения.

Сейсмологические наблюдения с 2006 года реализуются на территории Северной Осетии отечественными регистраторами «Дельта-Геон»-2М со службой точного времени за счет использования GPS и необходимой продолжительностью регистрации записей движений. В 2012 году непосредственно в районе ледника Колка была организована соответствующая станция. Станция работает в непрерывном режиме и полностью зафиксировала процесс движения лавинообразного потока 17 мая 2014 г., основные этапы движения которого во многом схожи с Кармадонской катастрофой 2002 г.

С целью развития Северо-Кавказской региональной сети стационарных станций наблюдения спутников GPS/ГЛОНАСС и получения площадных данных в здании Института в 2008 г. была заложена первая стационарная GPS-станция «Владикавказ».

В здании Института также задействован первый гравиметрический пункт «Владикавказ», оснащенный современным гравиметром Scintrex CG-5. Для повышения качества измерений были проведены дополнительные относительные гравиметрические измерения на абсолютных гравиметрических пунктах.

Таким образом, на территории РСО-А сформирована современная система наблюдений, позволяющая достаточно полноценно решать прогностические проблемы опасных природно-техногенных процессов и смягчения рисков различной природы.

УДК 622.7+669

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТБОРА И ДОСТАВКИ НА АНАЛИЗ ПРОБ ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Лобоцкий Ю. Г., канд. техн. наук, ген. директор ООО «ЦИТО»

Москва, Российская Федерация

Хмара В. В., д-р техн. наук, профессор

Владикавказ, Российская Федерация

Дедегкаев А. Г., д-р техн. наук, профессор

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

В докладе рассматриваются актуальные вопросы автоматизации систем отбора представительных разовых проб обогатительного производства и пневматической доставки на анализ усредненных проб. Полученная после инструментального анализа этих проб аналитическая информация является основной частью информационного обеспечения АСУ ТП, предназначенных для оптимального управления технологическими процессами и обеспечения экологической безопасности в зоне действия обогатительных фабрик, так как позволяет в режиме реального времени осуществлять непрерывный мониторинг техногенных выбросов в близлежащие водоемы и атмосферу. Так как технологические продукты обогащения полезных ископаемых представлены в основном пульповыми продуктами, то для автоматической доставки проб продуктов обогащения на анализ используется без контейнерная пневматическая доставка проб. В докладе рассмотрены конструктивные особенности основных устройств системы без контейнерной доставки проб на анализ.

Ключевые слова: *система автоматического адаптера, анализ проб обогатительно-го производства, экологическая безопасность*

Системы автоматического отбора и доставки на анализ проб обогатительного производства создаются как часть информационной системы управления с целью обеспечения автоматизированных систем управления (АСУ) объективной аналитической информацией в необходимом объеме и с необходимой дискретностью [1–3]. Кроме того, эти системы являются частью систем экологической безопасности в зоне действия обогатительных фабрик, так как позволяют в режиме реального времени осуществлять непрерывный мониторинг техногенных выбросов в атмосферу и в близлежащие реки и озера, а также используют экологически безопасные энергетические ресурсы и исполнительные механизмы и устройства.

Как правило, на обогатительных фабриках используется бесконтейнерная доставка на инструментальный анализ усредненных проб технологических продуктов, представленных в основном пульповыми продуктами обогащения.

Рассматриваемая система включает в себя:

– блок устройств, обеспечивающих автоматический отбор представительных первичных разовых проб технологических продуктов обогащения и их пропорциональное сокращение перед передачей каждой разовой пробы на составление усредненной пробы;

– составление в течение определенного времени усредненных проб и автоматическое дозирование составленной усредненной пробы;

– блок устройств, обеспечивающих автоматическую доставку на анализ дозированного объема усредненной пробы, включающий в себя блок отправки пробы на анализ, транспортный трубопровод и блок приема доставленной усредненной пробы;

– установку для предварительной подготовки доставленных усредненных проб к инструментальному анализу, обеспечивающую:

а) при использовании для автоматического аналитического контроля проточных рентгено-спектральных анализаторов – циркуляцию через соответствующую проточную кювету доставленной усредненной пробы в течение заданного времени и последующий сброс в технологический процесс проанализированной усредненной пробы;

б) при использовании порошковых рентгено-спектральных анализаторов – предварительное обезвоживание (фильтрование) доставленной усредненной пробы в одну или две стадии и сушку твердой фазы доставленной усредненной пробы в специальных сушильных шкафах.

Масса пробы для последующего инструментального анализа должна быть достаточной не только для проведения основных и контрольных анализов, но и для составления объединенных проб и хранения остатков проб (дубликатов) для арбитражного анализа.

Конструктивно система автоматического отбора и бесконтейнерной доставки усредненных проб на анализ представляет собой [4] три комплекса устройств, соединенных между собой транспортным трубопроводом и управляемых по единому последовательностному алгоритму функционирования системы:

– комплекс устройств для отбора представительных разовых проб и их пропорционального сокращения;

– комплекс устройств для составления усредненной пробы и отправки её дозированного объема на анализ;

– комплекс устройств для приема и предварительной подготовки к инструментальному анализу доставленных на анализ усредненных проб.

Для примера рассмотрим вариант автоматического отбора представительных первичных разовых проб из транспортных трубопроводов на их нисходящих участках и пропорционального сокращения отобранных разовых проб (см. рис. 1), обеспечивающего передачу отбираемого продукта из одного агрегата в другой и сброс остатков первичной разовой пробы и излишка усредненной пробы в технологический процесс самотеком. В данном автоматическом пробоотборнике представительность отобранной разовой пробы обеспечивается равномерным перемещением пробоотборным щелевидным ножом с помощью двух бесштоковых пневматических цилиндров (1) и (2) фирмы Камоцци всего опробуемого технологического потока. При прямом и обратном пересечении пробоотборным ножом опробуемого потока отбирается разовая проба, которая через патрубок (3) выводится в сборник разовой пробы.

На рис. 2 показан комплекс устройств для составления усредненной пробы и отправки её на анализ, в который входят: устройство для управления потоком отобранных разовых проб (1), устройство для усреднения ряда последовательно отобранных за определенный интервал времени разовых проб, дозирования усредненной пробы и сброса избытка усредненной пробы в технологический процесс или в дренаж при её дозировании (2) и устройство для отправки дозированного объема усредненной пробы на анализ в химическую лабораторию (3), которые размещаются в специальном шкафу напольного исполнения.

Конструктивно автоматический распределитель разовых проб (1) выполнен в виде двух универсальных клапанов, соединенных входными патрубками между собой через стандартный тройник. Через свободный вход этого тройника отобранная автоматическим пробоотборником разовая проба, после её пропорционального сокращения, поступает в автоматический распределитель разовых проб. Управление положением автоматического распределителя разовых проб осуществляется от одного электропневматического распределителя ЭПР 4.

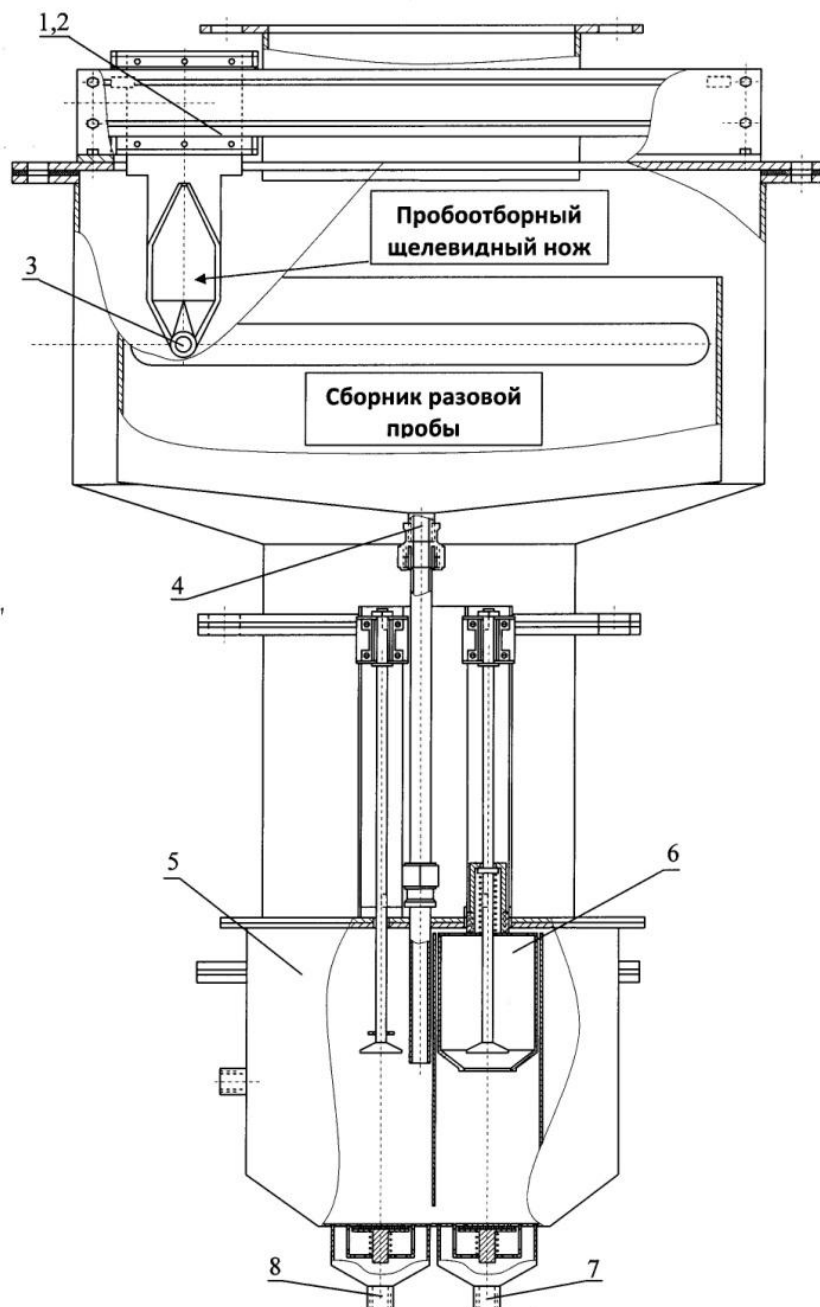


Рис. 1. Комплекс устройств для автоматического отбора представительных разовых проб и их пропорционального сокращения. Вид спереди

Из автоматического распределителя разовых проб (1) сокращенные разовые пробы в течение заданного времени поступают в автоматический смеситель последовательно отобранных разовых проб с функцией дозирования объема усредненной пробы, отправляемо-

го на анализ (2). Вследствие того, что мотор – редуктор автоматического смесителя разовых проб – постоянно подключен к электрическому питанию, происходит постоянное смешивание вновь поступившей в смеситель разовой пробы с уже находящейся в полости смесителя усредненной пробой. При завершении усреднения разовых проб избыток усредненной пробы через сливной клапан (3) сбрасывает в дренаж, а дозированный объем усредненной пробы через выходной клапан (4) направляется в блок отправки усредненной пробы на анализ (5), полость которого предварительно заполняется технологической водой.

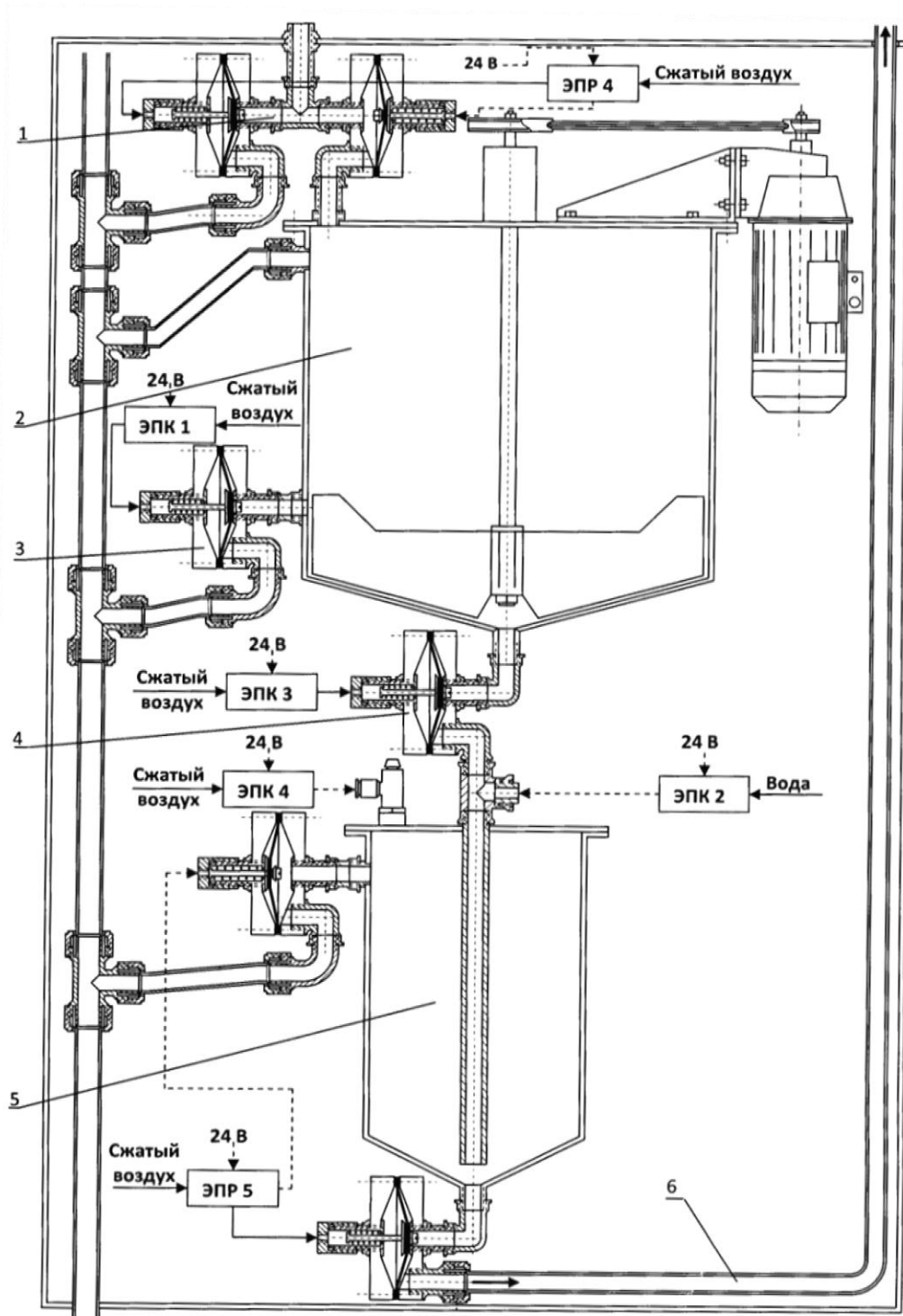


Рис. 2. Шкаф подготовки и отправки проб на анализ

Доставка усредненной пробы на анализ осуществляется по транспортному трубопроводу (6) сжатым воздухом, подаваемым через дроссельное устройство, с помощью которого осуществляется регулирование скорости доставки пробы на анализ в последовательности – пульпа – промышленная вода. Это обеспечивает непрерывный смыв водой осевшей на стенках транспортного трубопровода пульпы. Таким образом, отпадает необходимость дополнительной промывки транспортного трубопровода.

Доставленная на анализ по транспортному трубопроводу проба поступает в статический блок приема проб (рис. 3), в котором транспортирующий сжатый воздух по лабиринту сбрасывается в атмосферу, а транспортируемая проба самотеком передается в устройство обезвоживания доставленной усредненной пробы.

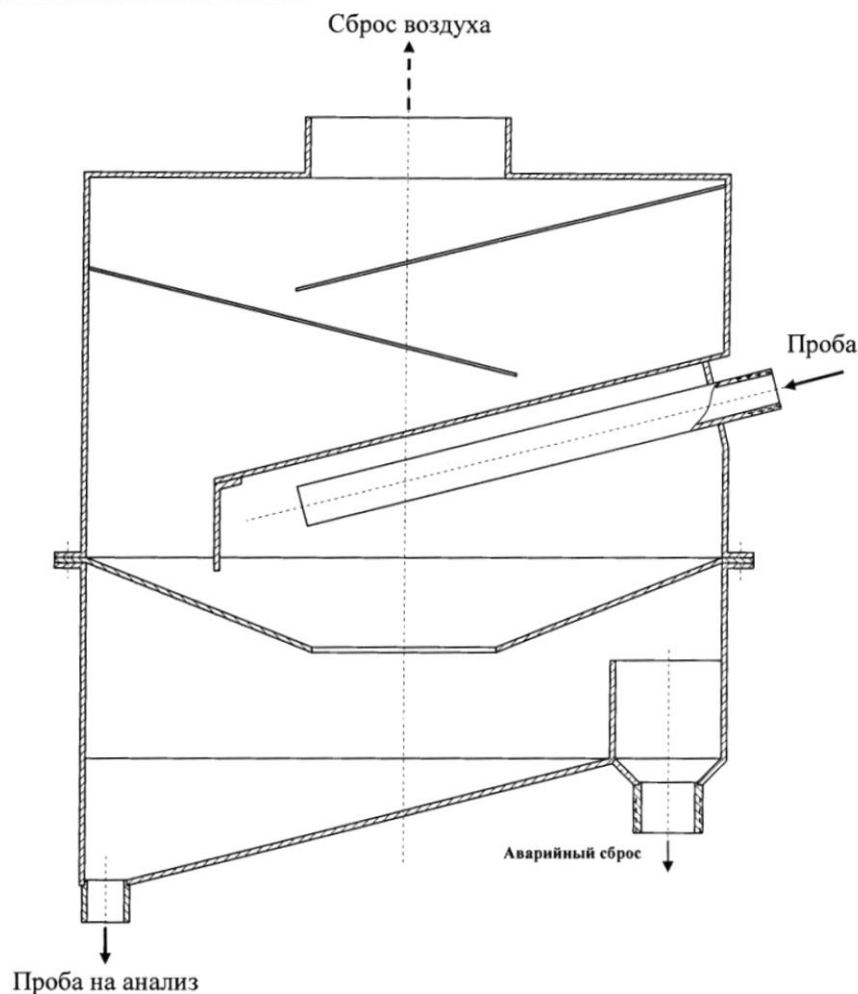


Рис. 3. Блок приема проб

Блок приема доставленных проб устанавливается на каждом транспортном трубопроводе, по которым доставляются на анализ пробы конкретного технологического продукта.

Так как доставка всех усредненных проб осуществляется в одно помещение (отделение подготовки проб к анализу ЦХЛ, ОТК и др.), то блоки приема доставленных усредненных проб монтируют объединенными в группы. Поэтому места установки таких групп блоков приема доставленных усредненных проб должны быть удобными для их технического обслуживания и, кроме того, здесь же должно быть предусмотрено достаточное свободное пространство для монтажа и технического обслуживания устройств предварительного обезвоживания доставленных усредненных проб.

Точность результатов опробования, как указывалось выше, в основном зависит от правильности отбора первичных разовых проб. Однако не меньшее влияние на конечный результат опробования может оказать используемый метод дальнейшей подготовки доставленных усредненных проб к инструментальному анализу.

Доставленная на анализ усредненная проба направляется для предварительной подготовки, включающей несколько стадий обработки, состоящей из следующих операций:

- предварительное обезвоживание (фильтрование) доставленной усредненной пробы в одну или две стадии;
- сушка твердой фазы доставленной усредненной пробы в специальных сушильных шкафах;
- измельчение и истирание до необходимой крупности твердой фазы доставленной усредненной пробы в специальных устройствах;
- сокращение усредненной пробы с доведением массы пробы до минимально необходимой;
- приготовление по утвержденной методике излучателя.

Последние две технологические операции выполняются лаборантом-аналитиком с использованием специальных приспособлений.

С учетом того, что время, затрачиваемое на предварительное обезвоживание доставленных проб, не превышает пяти минут, то в течение одного часа на одной станции обезвоживания доставленных проб можно последовательно обработать (с учетом времени доставки проб на анализ, которое также обычно не превышает пяти минут) шесть усредненных проб различных технологических продуктов. Исходя из этих соображений, станции обезвоживания доставленных проб конструируют на обработку усредненных проб шести технологических продуктов.

Установка для обезвоживания доставленных усредненных проб (см. рис. 4) включает в себя (рассматривается вариант снабжения системы вакуумом с помощью вакуумных эжекторов): рабочий стол (1) – (может быть выполнен в виде жестко соединенных между собой 2-х или 3-х столов), на котором с помощью стоек (2) установлены блоки приема доставленных на анализ усредненных проб (3).

По вертикальной оси под штуцерами сброса из блока приема проб доставленных усредненных проб установлены устройства фильтрации усредненных проб (4).

Под столешницей рабочего стола на штуцере для отвода фильтрата из каждого устройства фильтрации усредненных проб устанавливается универсальный клапан (5). Здесь же, в доступном месте для оператора (лаборанта), установлена панель управления (6) с установленным на ней нормально закрытым распределителем подачи сжатого воздуха с возможностью ручного управления (7) и вакуумный эжектор (8). К выходу распределителя (7) через стандартный фитинг (9) выходящий из распределителя сжатый воздух направляется в универсальный клапан (5) и в вакуумный эжектор (8).

Устройство фильтрации усредненных проб обслуживается лаборантом отделения подготовки проб к инструментальному анализу.

Таким образом, разработанная авторами система автоматического отбора и доставки проб позволяет:

- снизить количество отходов при проведении анализа проб и, соответственно, повысить экологические показатели обогатительного производства;
- сократить время на подготовку проб к анализу, что ведет к повышению эффективности обогатительного производства;
- улучшить экологические показатели обогатительного производства за счет осуществления контроля техногенных выбросов в реальном масштабе времени.

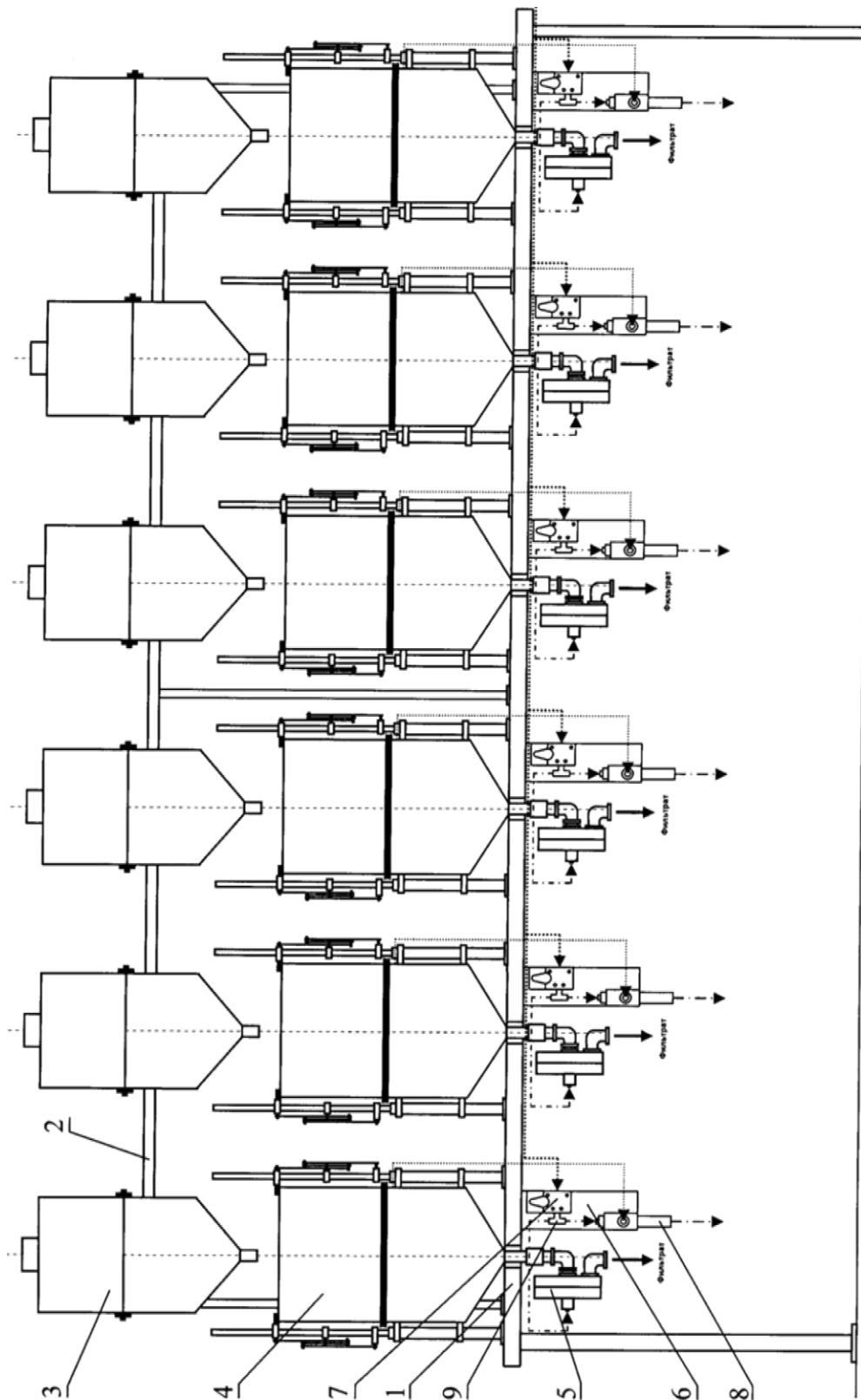


Рис. 4. Установка обезвоживания доставленных усредненных проб.

Условные обозначения:

.... – магистральный сжатый воздух;

- - - - - сжатый воздух после распределителя;

..... – вакуумная линия

ЛИТЕРАТУРА

1. Система бесконтейнерной доставки проб на анализ. Основы, принципы построения, конструкция, алгоритм функционирования: Монография / Валерий Хмара (ред.), Юрий Лобоцкий. Lambert Academic Publishing. 2013 г. ISBN: 978 – 3 – 659 – 39689 – 2. С. 104.
2. Лобоцкий Ю. Г., Хмара В. В. Автоматизированные системы аналитического контроля как основа управления технологическим процессом.: Сборник «VII Международная научно-практическая конференция «Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований», РИНЦ. Новосибирск, 13.11.2013. С. 146–151.
3. Лобоцкий Ю. Г., Хмара В. В. О проблемах автоматического отбора и доставки на анализ проб продуктов обогащительного и металлургического производства // Устойчивое развитие горных территорий», 2013, № 4. С. 44–49.
4. Хмара В. В., Лобоцкий Ю. Г. Оптимизация процессов автоматического отбора разовых проб и подготовки к отправке на анализ усредненной пробы // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. № 1. С. 42–50.
5. Дедегкаев А. Г., Кабышев А. М., Лобоцкий Ю. Г., Хмара В. В. Оптимизация структуры и организации функционирования универсальной системы последовательностного управления позиционными устройствами // Международная научно-практическая конференция «Технические науки: теория, методология и практика», Москва. 17 июня 2014. С. 45–67.
6. The Principle of the Complex Systems of Container Pneumatic Transport Using Multi – Purpose Switch Throwers.
7. Lobotskiy Yu. G., Khmara V. V., Kabyshev A. M., Dedegkaev A. G. Modern Applied Science; Vol. 9 No. 5; 2015. P. 228–245. ISSN 1913 – 1844, E – ISSN 1913 – 1852.

UDC 622.7÷669

**DEVELOPMENT OF A SISTEM FOR AUTOMATIC COLLECTION
AND DELIVERI OF PROCESSING PLANT SAMPLES FOR ANALYSIS
IN COMPLIANSE WITE ENVIRONMENTAL SAVETY REQUIREMENTS**

Lobotskiy Yu. G., C. Eng. Sc., General Director of CITO LLC
Moscow, the Russian Federation

Khmara V. V., D. Eng. Sc., professor of North-Caucasus Mining and
Metallurgy Institute (State University of Technology)
Vladikavkaz, the Russian Federation

Dedegkaev A. G., D. Eng. Sc., Chairman of the Industrial Electronics
Department of North-Caucasus Mining and Metallurgy Institute
(State University of Technology)
Vladikavkaz, the Russian Federation

Systems for automatic collection and delivery of processing plant samples for analysis are created as a part of the information management system in order to provide automated control systems (ACS) with reliable analytical information in the necessary volume and with the necessary discreteness [1–3]. Furthermore, these systems are a part of the environmental safety systems in the processing plant coverage, since they allow real-time continuous monitoring of industrial emissions discharged into the atmosphere and the nearest rivers and lakes, and use environmentally friendly energy resources and actuating units/devices.

Processing plants normally use bulk delivery of averaged process samples represented mostly by pulp concentrates for instrumental analysis.

The system in question includes:

– a set of devices for automatic collection of primary representative random samples of technological concentrates and their proportionate reduction before transfer of each random sample for preparing an averaged sample;

– preparation of averaged samples during a specified period of time and automatic dosing of the prepared averaged sample;

– a unit of devices for automatic delivery for analysis of a dosed amount of the averaged sample including a unit for sending samples for analysis, a conveying pipeline and a receiving unit for the delivered averaged sample;

– a unit for preliminary treatment of delivered averaged samples before instrumental analysis, to enable as follows:

a) – when using flow X-ray analyzers for automatic analytical control – circulation of the delivered averaged sample via the relevant flow-through cell during a specified period of time and subsequent discharge of the analyzed averaged sample into the technological process;

b) – when using powder X-ray analyzers – preliminary dehydrating (filtration) of the delivered averaged sample in one or two stages and drying of the solid phase of the delivered averaged sample in special drying chambers.

The sample weight for further instrumental analysis should be sufficient not only for main and checkup analyses, but also to prepare combined samples and store residual samples (duplicates) for arbitration analysis.

Structurally, the system for automatic collection and bulk delivery of averaged samples for analysis consists of [4] three sets of devices connected by a conveying pipeline and controlled via a common sequential algorithm of system operation:

- a set of devices for collection of representative random samples and their proportionate reduction;
- a set of devices for preparation of an averaged sample and sending of its dosed amount for analysis;
- a set of devices for receipt and preliminary preparation of delivered averaged samples for instrumental analysis.

Let's take as an example the case of automatic collection of primary representative random samples from conveying pipelines downstream and proportionate reduction of collected random samples (see fig. 1), which enables the transfer of collected product from one unit to another and discharge of the primary random sample residues and averaged sample excess into the technological process by gravity flow. This automatic sampler ensures representativeness of a collected random sample by uniform movement of a sampling slotted knife using two Camozzi rodless pneumatic cylinders (1) and (2) of the entire tested process flow. Direct and reverse crossing of the tested flow with the sampling knife allows collection of a random sample which is discharged to the random sample collector via the nozzle (3).

The discharge nozzle (4) of the random sample collector is connected with the inlet nozzle of the device for proportionate reduction of a random sample (5). The geometry and design of the dosing vessel are selected so that the collected amount of a random sample could be reduced with a constant coefficient no matter how much the interior of the device for proportionate reduction of random sample is filled up.

Automatic control of the device for proportionate reduction of random sample makes it possible to [5]: dose and deliver a proportionate amount of a random sample to the random sample mixer, and then discharge the collected random sample residue into the technological process.

Fig. 2 shows a set of devices to prepare and send an averaged sample for analysis. The device components are random sample flow controller (1), a balance tank to average random samples collected successively during a specified period of time, dose the averaged sample and discharge the excessive amount of the averaged sample into the technological process or drainage system during its dosing (2) and a device for sending of the dosed amount of averaged sample to the chemical laboratory for analysis (3), which are installed in a special floor-standing cabinet.

Structurally, the automatic distributor of random samples (1) is made in terms of two general-purpose valves interconnected with inlet nozzles via a standard T-piece. Through the free inlet of this T-piece the random sample collected with the automatic sampler is sent after its proportionate reduction to the automatic distributor of random samples. The position of the automatic distributor of random samples is controlled from one electro-pneumatic distribution unit EPR 4.

From the automatic distributor of random samples (1) reduced random samples, during a specified period of time, go to the automatic mixer of successively collected random samples with the function of dosing of the averaged sample to be sent for analysis (2). Since the gear motor of the automatic mixer for random samples is constantly connected to power supply, new random samples entering the mixer are continuously mixed with the averaged sample which is already inside the mixer. Once the random samples are averaged, the excessive amount of the averaged sample is discharged via the drain valve (3) to the drainage system and the dosed amount of the averaged sample is sent via the discharge valve (4) to the unit of sending the averaged sample for analysis (5), the interior of which is preliminarily filled with process water.

The averaged sample for analysis is delivered via the conveying pipeline (6) by compressed air supplied through the throttling device used for adjustment of the speed at which the sample is delivered for analysis in the sequence – pulp – industrial water. This ensures continuous washing-

off of the pulp deposited on the conveying pipeline walls with water. So, further flushing of the conveying pipeline is not required.

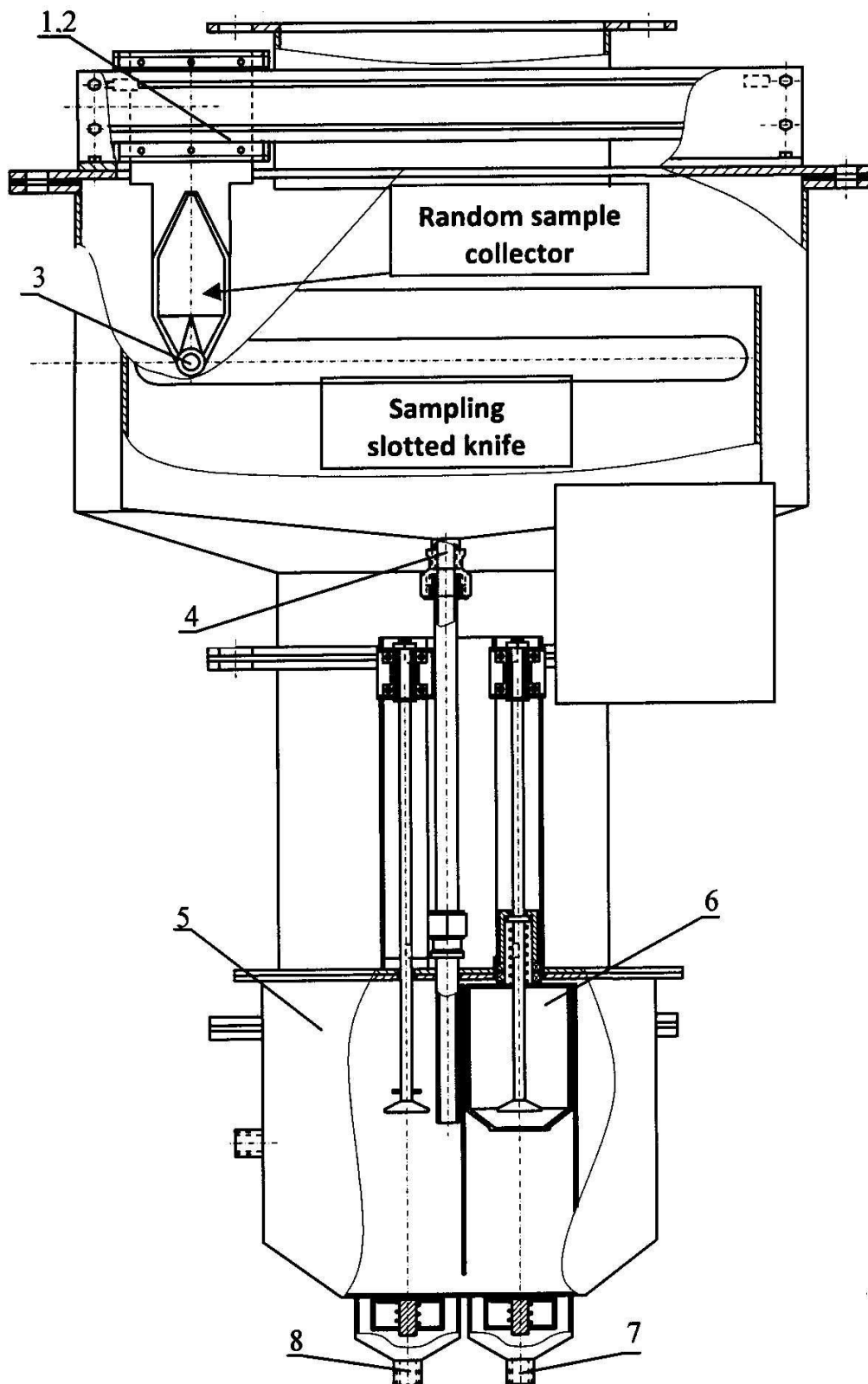


Fig. 1. Automatic sampler. Front view

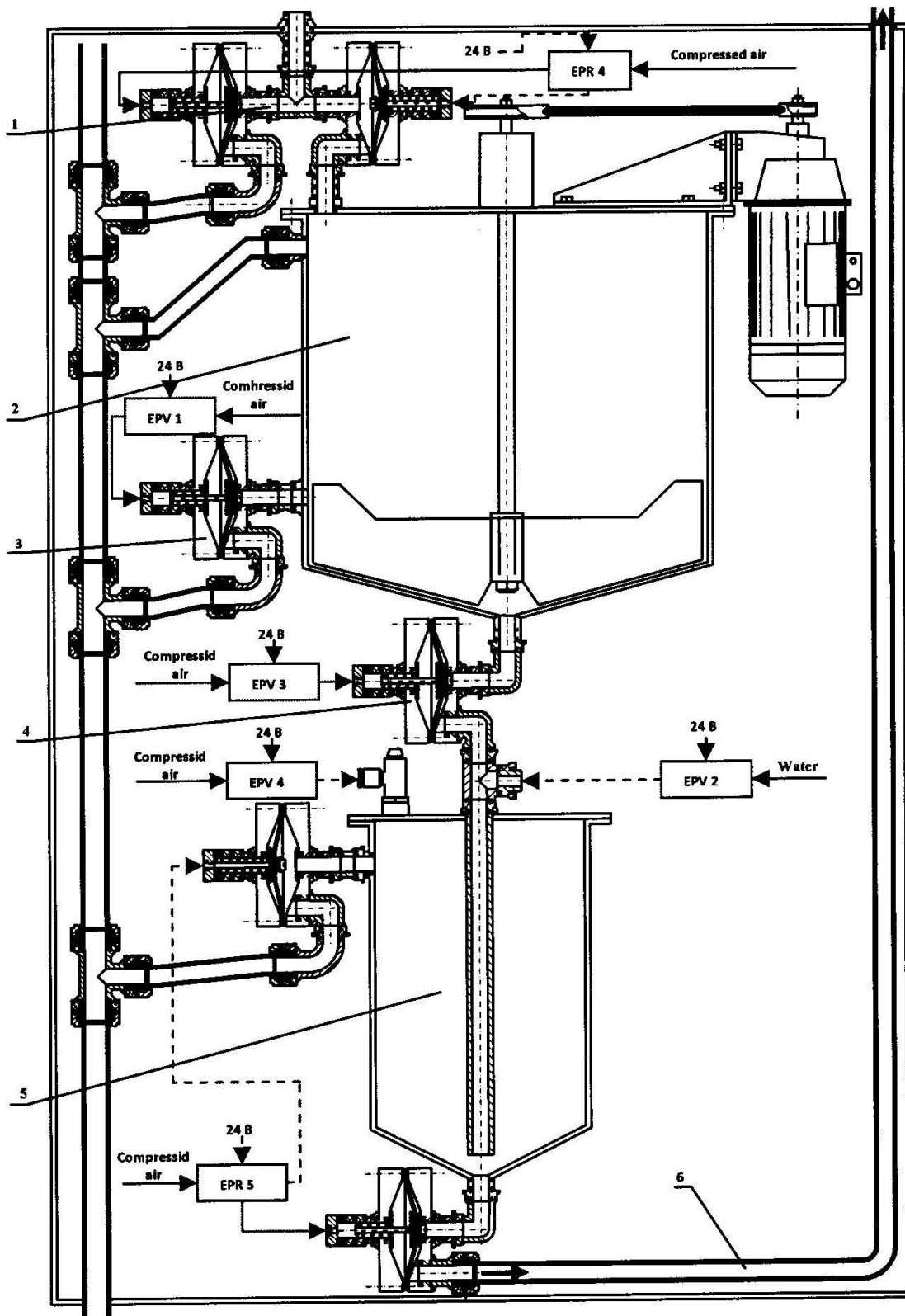


Fig. 2. Device for the preparation and sending of samples for analysis

The sample delivered for analysis by the conveying pipeline enters the static sample receiving unit (fig. 3), where the conveying compressed air is discharged into the atmosphere via the labyrinth and the conveyed sample is transferred by gravity flow to the delivered averaged sample dehydrator.

A receiving unit for delivered samples is installed on each conveying pipeline used for delivery of samples of specific technological product for analysis.

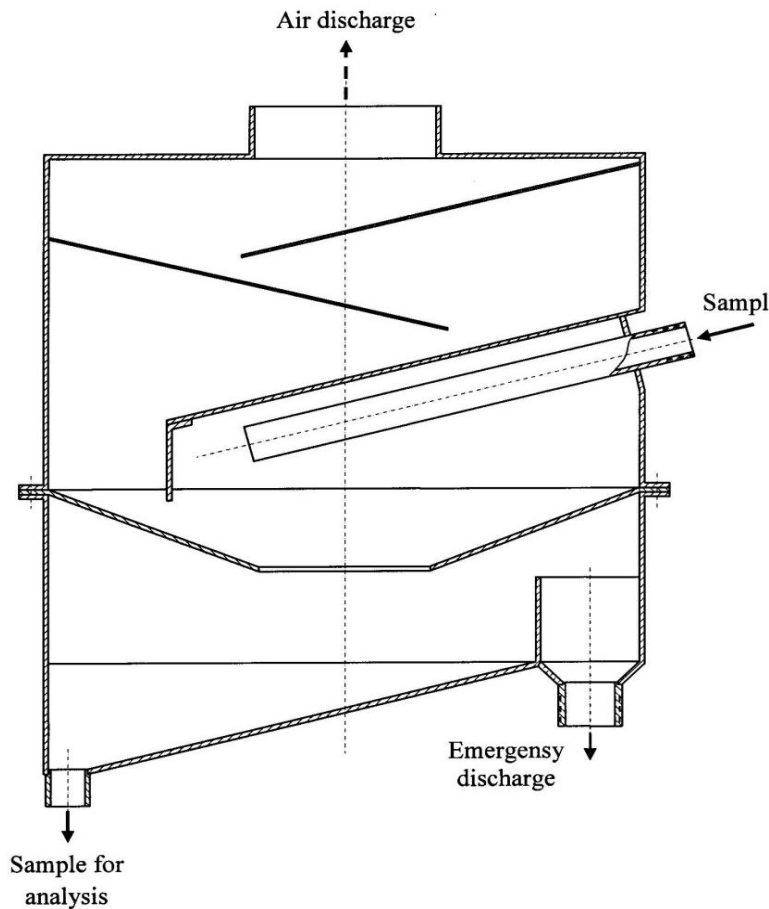


Fig. 3. Sample receiving unit

Since all averaged samples are delivered to one room (section for preparing samples for analysis by the central chemical laboratory, quality department etc.), the receiving units for delivered averaged samples are combined in groups for installation. Therefore, the places of installation of such groups of units for receipt of delivered averaged samples should be convenient for maintenance and, in addition, they should have enough free space for assembly and maintenance of devices for preliminary dehydrating of delivered averaged samples.

As mentioned above, the accuracy of sampling results mostly depends on the correctness of primary random sample collection. However, the method of further preparation of delivered averaged samples for instrumental analysis may have an equal effect on the final sampling result.

The averaged sample delivered for analysis is sent for preliminary treatment including several stages of processing and consisting of the following operations:

- preliminary dehydrating (filtration) of the delivered averaged sample in one or two stages;
- drying of the solid phase of the delivered averaged sample in special drying chambers;
- grinding and crushing up to the necessary solid phase grain size of the delivered averaged sample in special devices;
- reduction of the averaged sample to bring the sample weight to the minimum required one;
- treatment according to the approved procedure of the emitter.

The two latter technological operations are performed by a laboratory technician – analyst using special tools.

Since the time spent on preliminary dehydrating of delivered samples does not exceed five minutes, six averaged samples of different technological products can be treated during one hour at one dehydrating station for delivered samples (including the time for delivery of the samples for analysis, which is usually not more than five minutes). Based on these considerations, the dehydrating stations for delivered samples are designed for treatment of averaged samples of six technological products.

A dehydrator for delivered averaged samples (see fig. 4) includes (we consider the option in which vacuum is supply to the system using vacuum ejectors): work table (1) – (it can be made as two or three tables rigidly interconnected), on which the receiving units for averaged samples delivered for analysis (3) are installed with using stands (2).

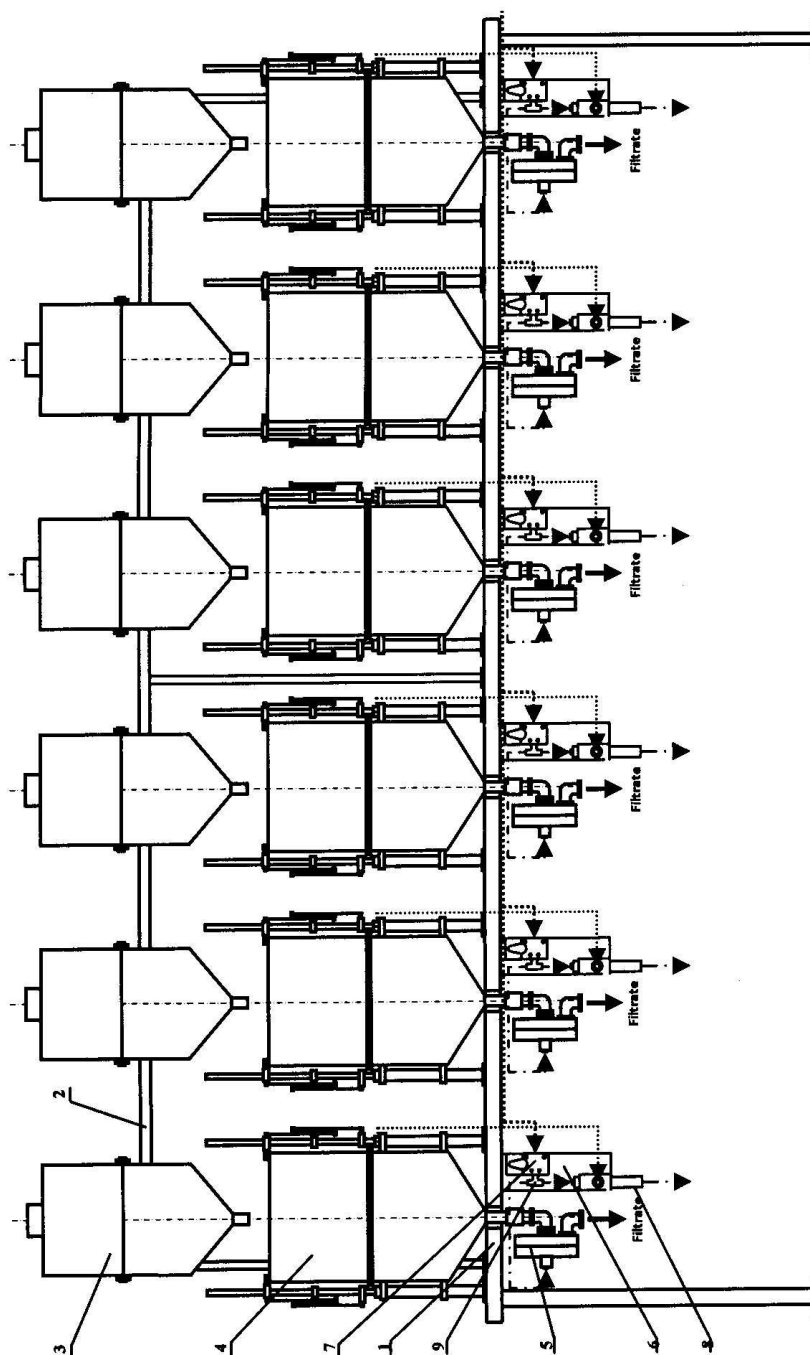


Fig. 4. Dehydrator for delivered averaged samples

There are averaged sample filtration units (4) installed along the vertical axis under the discharge nozzles of the receiving unit for delivered averaged samples.

A general-purpose valve (5) is installed under the top board of the work table on the nozzle for discharge of filtrate from each unit for filtration of averaged samples. A control panel (6) equipped with a normally closed compressed air supply distributor with a manual control option (7) and a vacuum ejector (8) are installed here, in a place easily accessible to the operator (laboratory technician). Compressed air leaving the distributor goes to the general-purpose valve (5) and vacuum ejector (8) via a standard fitting (9) towards the distributor exit (7).

The averaged sample filtration unit is serviced by a laboratory technician of the department responsible for preparing samples for instrumental analysis.

Thus, the system for automatic collection and delivery of samples developed by the authors can:

- reduce the waste resulting from sample analysis and improve the environmental performance of the processing plant, accordingly;
- reduce the time for preparing samples for analysis enhancing the processing plant efficiency;
- improve environmental performance of the processing plant due to real-time monitoring of industrial emissions.

REFERENCES

1. Monography. “The system for bulk delivery of samples for analysis. Fundamentals, construction principles, configuration, algorithm of functioning”. Valery Khmara (editor), Yuriy Lobotsky. Lambert Academic Publishing. 2013. ISBN: 978 – 3 - 659 – 39689 – 2. P. 104.
2. “Automated analytical control systems as a basis of technological process management” – authors: Y. G. Lobotsky, V. V. Khmara. Collection of works “The 7th international research and training conference “A new word in science and practice: hypotheses and approbation of research results»”, RSCI, Novosibirsk, 13.11.2013 P. 146–151.
3. “Problems of automatic collection and delivery of product samples of processing and metallurgical plants for analysis” – authors: Y. G. Lobotsky, V. V. Khmara. “Sustainable development of mining areas”, 2013, No. 4, P. 44–49.
4. “Optimization of processes of automatic collection of random samples and preparation for sending of averaged samples for analysis” Authors: V. V. Khmara, Y. G. Lobotsky. International scientific review “Sustainable development of mining areas”, 2014, No. 1. P. 42–50.
5. “Optimization of the structure and operation of the comprehensive system for sequential control of positioning devices”. Authors: Dedegkaev A. G., Kabyshev A. M., Lobotskiy Y. G., Khmara V. V. International research and training conference “Engineering sciences: theory, methodology and practice”, Moscow, the 17th of June 2014. P. 45–67.
6. The Principle of the Complex Systems of Container Pneumatic Transport Using Multi – Purpose Switch Throwers.
7. *Lobotskiy Yu. G., Khmara V. V., Kabyshev A. M., Dedegkaev A. G.* Modern Applied Science; Vol. 9 No. 5; 2015. P. 228–245.
ISSN 1913 – 1844, E – ISSN 1913 – 1852.

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Мажиев Х. Н., Батаев Д. К.-С.

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный; Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН
Грозный, Российская Федерация

Предлагаемая конструкция ветроэнергетической установки относится к области устройств возобновляющихся источников энергии, а именно к ветроэнергетическим установкам для горных территорий [1–4].

Ветроэнергетическая установка для горных территорий имеет принципиально новую конструкцию, которая содержит ветроколесо с вертикальным валом, нижний конец которого снабжен конической парой шестерен, ведомая из которых установлена на входном валу мультипликатора, сообщенного с гидронасосом, выход которого подключен к гидромотору, приводящему во вращение электрогенератор, при этом ветроколесо выполнено в виде жесткого каркаса, образованного из N -го количества веерообразных горизонтальных ребер, установленных эквидистантно в N -е количество ярусов, периферийные концы ребер соединены друг с другом соответствующими вертикальными ребрами, а на каждом горизонтальном ребре, кроме нижнего яруса, шарнирно установлены плоские лопасти с возможностью свободного поворота на 90 градусов и прижатия к соответствующим нижним горизонтальным ребрам. На валу гидронасоса установлены маховик и ступица обгонной муфты, обойма которой взаимодействует с выходным валом мультипликатора. Кроме того, горизонтальные ребра выполнены полыми и наполовину заполнены жидкостью.

На рис. 1 представлен вид сбоку конструкции ветроэнергетической установки, где:

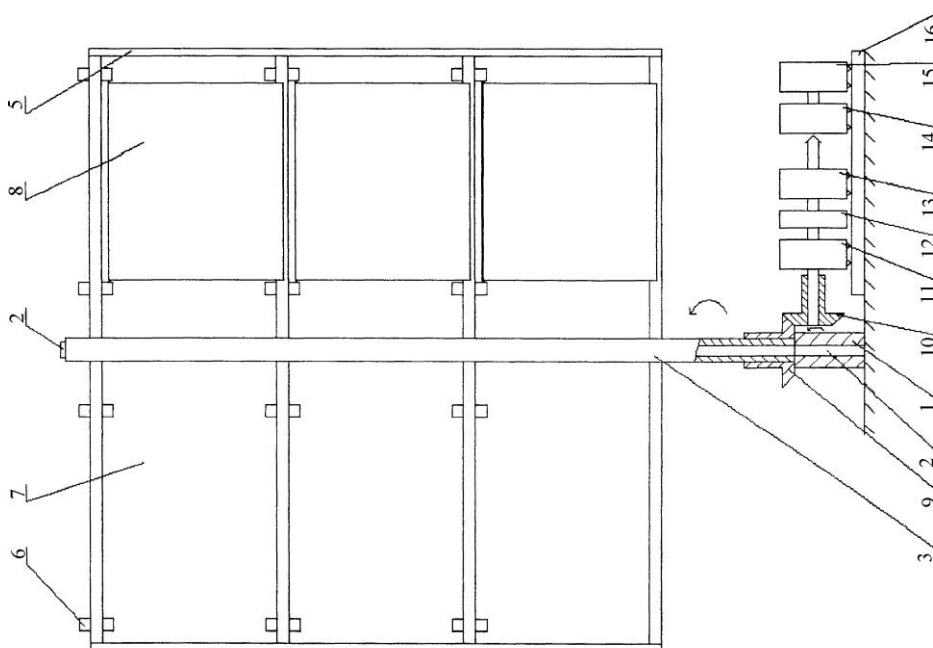


Рис. 1. Вид сбоку конструкции ветроэнергетической установки

- 1 – упорная втулка;
- 2 – ось вращения;
- 3 – вертикальный вал;
- 4 – горизонтальные ребра;
- 5 – вертикальные ребра;
- 6 – шарниры;
- 7 – лопасти левые;
- 8 – лопасти правые;
- 9 – ведущая и ведомая конические шестерни;
- 10 – мультипликатор;
- 11 – маховик;
- 12 – гидронасос;
- 13 – гидромотор;
- 14 – электрогенератор;
- 15 – подставка.

На рис. 2 представлен вид сверху конструкции ветроколеса, где позиции 2–8 те же, что на рис. 1.

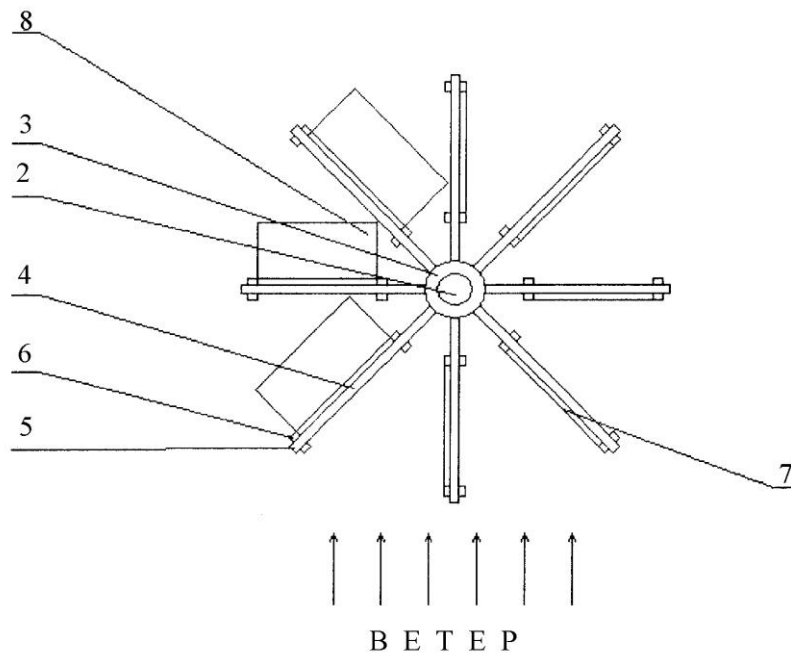


Рис. 2. Конструкции ветроколеса. Вид сверху

Принцип работы ветроэнергетической установки заключается в следующем: ветроколесо, вращается вокруг вертикальной оси 2, установленной на опорной втулке 1. Каркас ветроколеса состоит из вертикальной стойки 3, к которой через равные промежутки веерообразно приварены N -е количество горизонтальных ребер 4. В данной конструкции $N = 6$ (см. рис. 2). Периферийные концы горизонтальных ребер связаны друг с другом вертикальными ребрами 5. Горизонтальные ребра 4 установлены по одной вертикали в N -е количество ярусов. На рис. 2 количество ярусов равно четырем. Таким образом, неподвижно связанные со стойкой 3 горизонтальные 4 и вертикальные 5 ребра образуют жесткий каркас ветроколеса, подобный «беличьему колесу». Ветроколесо установлено на вертикальной оси 2 с возможностью свободного вращения. Это возможно обеспечить с помощью радиально-упорных подшипников, установленных на оси вращения 2.

К каждому горизонтальному ребру 4, кроме нижнего яруса, на шарнирах 6 подвешены плоские прямоугольные лопасти 7 и 8. Лопасти должны иметь возможность свободного поворота на 90 градусов вокруг соответствующих горизонтальных ребер. Лопасти должны быть достаточно легкими, чтобы под воздействием ветра на правой половине их траектории вращения принимали горизонтальное положение. При таком положении лопасти не создают отрицательный момент при их движении против ветра (см. рис. 2). На левой половине траектории движения лопасти 7 опускаются вниз и прижимаются к соответствующим нижним горизонтальным ребрам. Вертикально ориентированные левые лопасти 7 под воздействием ветра создают положительный момент вращения вала 3 ветроколеса. Этот момент равен:

$$M = S \cdot P \cdot R \cdot \cos \alpha.$$

где P – сила давления ветра,

S – площадь лопасти,

R – расстояние от центра лопасти до оси вращения ветроколеса, α – угол между направлением ветра и рычагом R (прямая, соединяющая центр лопасти с осью вращения), а меняется от 0 до 180 градусов. Средний момент за полупериод вращения лопасти равен:

$$M = 0,6 \cdot S \cdot P \cdot R.$$

В отличие от прототипа в данной конструкции отпадает необходимость во флюгере. Граница раздела активного и пассивного участков траектории движения лопасти в данной конструкции автоматически меняется при изменении направления ветра.

Вертикальный вал 3 каркаса ветроколеса является выходным валом ветроэнергетической установки. На нижнем конце вала неподвижно установлена ведущая коническая шестерня 9. Ведомая коническая шестерня 10 установлена на входном валу мультипликатора 11, которая повышает скорость вращения вала до номинальной скорости вращения гидронасоса 13. Для повышения синхронности на выходном валу мультипликатора 11 может быть установлен маховик 12. Выходной вал мультипликатора соединен с валом гидронасоса 13. Выход гидронасоса подключен к гидромотору 14, который приводит во вращение электрогенератор 15. Мультипликатор, гидронасос, гидромотор и электрогенератор установлены на подставке 16. Для увеличения выходной мощности установки можно параллельно включить N -е количество ветроэнергетических установок, каждый модуль которых выполнен по конструкции, представленной на рис. 1 и 2. Выходы гидронасосов подключаются к единой гидромагистрали, излишнее давление в которой вытравливается. К стабилизированному давлению масла подключается гидромотор 14, который приводит во вращение электрогенератор 15. Они должны быть рассчитаны на суммарную мощность ветроэнергетической установки.

Для синхронизации скорости вращения ветроколеса горизонтальные ребра должны быть полыми. Полости горизонтальных ребер заполняются наполовину жидкостью, например водой, или круглыми шариками из стекла или металла.

При увеличении скорости вращения ветроколеса под воздействием центробежных сил жидкость или шарики перемещаются к периферии. Это приводит к перемещению центра масс заполняемой среды и увеличению радиуса вращения, что способствует снижению скорости вращения.

Синхронизация скорости вращения ветроколеса основана на законе сохранения момента импульса.

Конструкция ветроэнергетической установки позволяет использовать ее и для преобразования энергии реки, а также энергии потока газа и нефти в магистральных газопрово-

дах и нефтепроводах в электрическую энергию. Для установки в реке позиции 3–8 должны быть погружены в реку, а позиции 9–16 должны быть в надводном положении. Для этого установка должна быть установлена на понтонах, обеспечивающих ее положительную плавучесть, или она должна быть подвешена над рекой.

При использовании установки в магистральных газопроводах и нефтепроводах позиции 3–8 должны быть установлены внутри герметичной камеры, через которую пропускается ответвленный поток газа или нефти. Вал 3 пропускается наружу через сальник. Позиции 9–16 устанавливаются вне магистральной трубы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мажиев Х. Н., Батаев Д. К-С., Газиев М. А., Мажиев К. Х., Мажиева А. Х.* Материалы и конструкции для строительства и восстановления зданий и сооружений в сейсмических районах. Грозный, 2014. 652 с.
2. *Алиев А. С., Челябинов И. М., Чумаков С. А.* Устройство для преобразования энергии текучей среды: Патент RU №4897566, F03D 3/00, 1990.
3. Патент RU №4915384, F03D 3/00. Ветродвижитель / Алиев А. С. 1993.
4. Патент RU №2407916, F03D 3/00 / Алиев А. С., Алиев Р. А., Мажиев Х. Н., Батаев Д. К-С. 2010.

УДК 622.235

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЗРЫВАМИ КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО РАВНОВЕСИЯ ГОРНОГО РЕГИОНА

Масков Ю. П., канд. техн. наук, доцент

Масков С. П., канд. техн. наук, доцент

Саханский Ю. В., канд. техн. наук, доцент

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Владикавказ, Россия

Проведён анализ существующих методов инициирования и определены основные достоинства и недостатки существующих методов замедления. Выявлены параметры взаимосвязи интервала замедления и экологической нагрузки от взрывных работ на экосистемы горного региона.

Ключевые слова: взрывные работы, экология, горный регион, природное равновесие.

EFFECTIVE MANAGEMENT OF INDUSTRIAL EXPLOSIONS AS A WAY TO PRESERVE THE NATURAL BALANCE OF THE MOUNTAINOUS REGION

Maskov Y. P.

Maskov S. P.

Sahansky Y. V.

The analysis of existing methods of initiation and the basic advantages and disadvantages of the existing methods of slowing down. The parameters of the relationship of the interval delay and the environmental load of blasting on the mountain ecosystem of the region.

Key words: blasting, ecology, mountainous region, the balance of nature.

С самого начала использования взрывных работ в горной и добывающей промышленности стали актуальными разработка экологически безопасных способов ведения взрывных работ на горных предприятиях, создание методов снижения экологических последствий ведения взрывных работ, а также разработка экологически безопасных взрывчатых составов для горно-добывающей промышленности.

Можно выделить основные составляющие негативного экологического воздействия взрывных работ на окружающую среду: при массовых взрывах нарушается естественное состояние природной среды (горного массива, русла рек, природного ландшафта и т. д.); возникает мощный источник пылеобразования; практически все взрывчатые вещества (ВВ) являются источниками химически опасных элементов и ядовитых газов, что особенно сильно проявляется при возникновении отказов, т. к. при этом наблюдается сильное загрязнение почвы несработавшими зарядами взрывчатых веществ; при проведении взрывных работ всегда отмечается многократное превышение уровня шума над допустимыми нормами.

Рассмотрим подробно все основные источники неблагоприятного воздействия взрывных работ на окружающую среду.

В настоящее время только в Российской Федерации для подготовки горной массы к выемке бурится до 35 млн м скважин, расходуется до 550 тыс. т промышленных взрывчатых веществ [1]. При ежегодной взрывной подготовке около 750 млн м³ вскрышных пород зоны нерегулируемого дробления попадает до 165 млн м² территории. Несмотря на постоянную тенденцию к увеличению удельного расхода ВВ выход негабарита составляет 600–950 тыс. м в год. Это обстоятельство требует до 20–45 млн рублей дополнительных затрат на вторичное дробление.

Повышается экологическая нагрузка на окружающую среду, поскольку удельный расход ВВ при вторичном дроблении накладными зарядами достигает 2 кг/м².

Опыт применения на рудных карьерах взрывной технологии с использованием в качестве забойки твердых пористых материалов (древесных опилок, шлака и пенополистирола) наглядно свидетельствует о повышении качества дробления пород. Однако, несмотря на свои преимущества по повышению качества подготовки пород к экскавации, пористые материалы, применяемые в качестве забойки, как и буровая мелочь, способствуют повышению экологической опасности взрывных работ. Это обстоятельство, в свою очередь, требует проведения дополнительных инженерно-технических мероприятий, связанных с подавлением пылегазовых выбросов. На выполнение этих мероприятий требуются значительные затраты материальных и трудовых ресурсов. При уже существующих объемах взрывных работ на разрезах России ежегодно в атмосферу выбрасывается до 50 тыс. тонн пыли. Этот фактор ощутимо влияет на экологическую обстановку в регионах проведения взрывных работ.

Существенную роль в снижении экологической нагрузки на экосистему горного региона при проведении взрывных работ играет величина замедления инициирования взрывчатого вещества. Изменяя в необходимом диапазоне или задавая конкретной фиксированной величиной значение времени замедления, можно:

- 1) обеспечить отставание взрывания скважинных зарядов от инициирующей взрывной сети и тем самым исключить подбой поверхностной сети кусками породы;
- 2) исключить появление негабаритов при взрыве горных пород и массивов;
- 3) обеспечить минимальный сейсмический эффект;
- 4) снизить число или полностью исключить отказы при инициировании.

В зависимости от способов инициирования, существуют различные методы реализации замедления между отдельными взрывами:

- 1) При огневом инициировании замедление реализуется простым наращиванием длины огнепроводного шнура;
- 2) При использовании детонирующего шнура (ДШ) замедление достигается использованием пиротехнических детонационных реле, которые служат для создания замедлений на магистральных линиях ДШ;
- 3) Замедление при использовании электрических систем инициирования реализуется с помощью применения электродетонаторов (ЭД) с разными степенями замедления: мгновенного действия, короткозамедленных, с большим интервалом замедления.

Применяя ЭД различных серий замедления (содержащих различное количество замедляющего состава), можно реализовать заданную последовательность взрывов с необходимым интервалом между взрывами, т.е. осуществить, в известной степени, управление взрывом, варьировать замедление электровзрывных цепей. К достоинствам данного метода можно отнести возможность изменения времени замедления в широком диапазоне, к недостаткам – наличие отказов и несработавших ЭД;

- 4) Следует отдельно рассмотреть неэлектрические системы инициирования (НСИ).

Замедление в НСИ обеспечивается скважинным детонатором в комплекте с ударно-волновой трубкой [1]. Достоинством данной системы в области реализации замедлений является высокий уровень управляемости массовыми взрывами за счет возможности индивидуального замедления каждого скважинного заряда, широкого выбора времени замедления и реализации самых разнообразных схем взрывания, а недостатком – большое число промежуточных скважинных детонаторов в соединительных блоках, что снижает надёжность системы, поскольку увеличивает число ее элементов и удорожает систему по сравнению с электровзрывной сетью;

5) Достаточно перспективными являются системы электронного замедления. В этих системах каждому электронному ЭД присваивается индивидуальный цифровой номер, что позволяет программировать время замедления каждого ЭД непосредственно перед взрывом, выбранное из широкого интервала (от 1 до 10 000 мс).

В СКГМИ (ГТУ) в настоящее время под руководством проф. Петрова Ю. С. ведутся работы по созданию системы параметрического замедления.

Была разработана теория параметрического замедления и способы его реализации. Основу теории составляет анализ энергетических процессов в электровзрывной цепи (ЭВЦ).

ЭВЦ рассматривается как цепь с переменными во времени параметрами, причём изменение структуры цепи, а, следовательно, и перераспределение энергии между её элементами рассматривается как случайный процесс с применением соответствующих методов исследования. Результаты теоретических и предварительных экспериментальных исследований легли в основу разрабатываемых систем параметрического замедления.

Для иллюстрации метода приведём результаты расчётов, основных параметров инициирования для ЭВЦ, содержащей четыре параллельные ветви, содержащие разное количество ЭД в ветвях. При расчётах не учитывался разброс параметров ЭД, имеющий место в действительности.

Результаты расчёта приведены в таблице.

γ_k	1	2	5	10
I_k, A	5	2,5	1	0,5
$t_b, мс$	0,12	0,48	3	12
$t_{cp}, мс$	0,72	1,08	3,6	12,6
$K_{факт.}$ $A^2, мс$	18	4,5	0,72	0,18
$K_k (1 мс)$ $t = 1 мс$	25	6,25	0,7	0,25

В таблице: коэффициент $\gamma_k = \frac{N_k}{N_{min}}$,

где N_k – число ЭД в рассматриваемой ветви,

N_{min} – наименьшее число ЭД в ветви рассматриваемой ЭВЦ,

I_k – ток в “k”-ой ветви,

t_b – время воспламенения,

t_{cp} – время срабатывания,

$K_{факт.}$ – импульс, полученный в данной ветви за время t_{cp} ,

$K_k (1 мс)$ – импульс, полученный ЭД, в “k”-ой ветви за время $t = 1 мс$.

Полученные результаты позволяют количественно оценить распределение токов и импульсов токов в электровзрывной цепи, они позволяют также проанализировать изменения очень важной в теории безотказного инициирования величины – времени воспламенения мостиков накаливания ЭД, находящихся в данной ветви, т. е. исследовать зависимость $t_B(\gamma)$.

Это время, как видно из полученных результатов, для принятых в расчете исходных данных (достаточно вероятных в практике электровзрывания) изменяется от десятков мкс до нескольких мс, что является очень существенным фактором, определяющим безотказность срабатывания ЭД в цепи, т. е. время воспламенения t_B непосредственно участвует (является составляющей) во времени задержки срабатывания соответствующего ЭД и существенно влияет на его время передачи.

Основным достоинством разрабатываемой системы параметрического замедления является простота реализации заданных замедлений (реализуемое простым изменением структуры ЭВЦ) и минимальная стоимость (нет необходимости применения дополнительных источников энергии, приборов и устройств).

Недостатком является малая точность из-за разброса параметров ЭД, (сопротивления и импульсов воспламенения). Однако со стабилизацией параметров ЭД этот недостаток будет существенно уменьшаться.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Граевский М. М.* Справочник по электрическому взрыванию зарядов взрывчатых веществ. Изд. 2-е, перераб. и доб. М.: Рандеву-АМ. 2000. 448 с.
2. *Лурье А. И.* Электрическое взрывание зарядов. М.: Недра 1973. 273 с.
3. *Петров Ю. С.* Основы теории электровзрывания. Владикавказ: СКГМИ (ГТУ). 1998. С. 167.
4. *Петров Ю. С., Саханский Ю. В., Кодкудаков С. Е.* Энергетический баланс в электровзрывной цепи с конденсаторным прибором взрывания // Труды молодых учёных ВНЦ РАН и РСО-А. 2007. № 4.

УДК 628.349.094.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОКОВ КОМБИНИРОВАННЫМИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Матафонова Г. Г., канд. биолог. наук, ст. научн. сотрудник
Гаркушева Н. М., канд. биолог. наук, научн. сотрудник
Сизых М. Р., канд. техн. наук, ст. научн. сотр. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской Академии наук
Улан-Удэ, Российская Федерация
e-mail: marisyz1@binm.bscnet.ru

This study evaluates the effect of water matrix in degrading atrazine (ATZ) and inactivating E. coli simultaneously present in deionized water (DW) and the diluted municipal wastewater (WW) using persulfate activated by Fe^{2+} and simulated solar radiation. The results revealed the detrimental effect of bacteria on the ATZ degradation both in DW and WW. The same trend was observed for bacterial inactivation in the presence of ATZ in DW. In contrast, the inactivation rate in WW containing simultaneously ATZ and E. coli was approximately threefold higher than that found in WW without ATZ.

Дальнейшее развитие России неразрывно связано с ростом добычи и переработки полезных ископаемых. Новые горно-добывающие предприятия всё чаще располагаются в отдаленных и труднодоступных районах, где достаточно остро стоит проблема энергообеспечения. В связи с этим изучение возможности использования солнечной энергии на предприятиях по добыче и переработке минерального сырья для решения проблем рационального природопользования, в частности, для очистки производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, является актуальным и перспективным.

В настоящее время широко исследуется возможность применения для глубокой очистки сточных вод и инактивации патогенных микроорганизмов комбинированных окислительных методов (АОР, Advanced Oxidation Processes) [1, 2]. Как правило, основным окисляющими агентами при их реализации являются гидроксильные радикалы. Одна из причин задержки широкого применения АОР – высокая чувствительность к компонентам водной матрицы природных и сточных вод (карбонаты, гидрокарбонаты, хлориды, гуминовые и т. п.), что связано с высокой неселективностью гидроксильных радикалов. Вместе с этим выявлено, что сульфатные анион-радикалы в меньшей степени подвержены влиянию компонентов водной матрицы [3], поэтому их использование при реализации комбинированных окислительных методов является весьма перспективным. Кроме того, источники образования сульфатных анион-радикалов – персульфаты отличаются технологичностью использования, так как являются твердыми веществами, практически не теряют своей активности в течение времени и легко дозируются.

Интересные результаты получены при использовании для активации персульфатов комбинированных методов, в частности, металлов переходной валентности и фотоизлучения. Учитывая, что на горных территориях, как правило, большая инсоляция в течение всего года, использование энергии Солнца для активации персульфатов, с целью очистки сточных вод, представляет большой практический интерес.

Нередко сточные воды загрязнены как трудноокисляемыми химическими соединениями, так и патогенными микроорганизмами, что вызывает определенные трудности при их обезвреживании. Работы, в которых одновременно проводится деградация загрязняющих веществ и обеззараживание, немногочисленны, а с использованием персульфатов и солнечного излучения практически отсутствуют. Вместе с тем исследование данной проблемы представляет как научный, так и практический интерес.

В данной работе изучено влияние водной матрицы на процесс обезвреживания воды персульфатом, активированным ионами железа и солнечным излучением (т. е. в системе $\text{Fe}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{UV-VIS}$), при совместном присутствии в ней микрополлютантов (на примере гербицида атразина) и микроорганизмов (на примере кишечной палочки *E. coli*).

Для имитации реального солнечного излучения применяли искусственные источники оптического излучения с квазисолнечным спектром – ксеноновые лампы (MaxLight, South Korea). Водный раствор, содержащий клетки *E. coli* (10^5 КОЕ/мл) и атразин (4 мг/л), облучали в статическом фотореакторе при комнатной температуре и перемешивании на магнитной мешалке. В качестве водных матриц использовали деионизированную воду (ДВ, 18.2 МОм·см) и разбавленную очищенную хозяйственно-бытовую сточную воду (СВ) с городских очистных сооружений. Контрольные эксперименты включали обработку ДВ и СВ, содержащие отдельно клетки или микрополлютант.

Установлено, что после введения персульфата и Fe^{2+} в обеих водных матрицах около 40 % атразина разлагается за счет «темновой» реакции (без светового воздействия). Дополнительное фотоиницирование позволило добиться 90 % конверсии атразина в ДВ без клеток при часовой обработке, тогда как в присутствии бактерий эффективность разложения составила 60 %. Снижение степени деструкции атразина в присутствии клеток, вероятно, обусловлено уменьшением эффективной концентрации генерированных ОН- и сульфатных анион-радикалов, окисляющих конкурирующие субстраты – бактериальную клетку и молекулу органического микрополлютанта. Аналогичный результат был получен при обработке разбавленной СВ: константы скорости окисления атразина в СВ составили 0,007 и 0,04 мин⁻¹ без и в присутствии *E. coli*, соответственно (рис. 1).

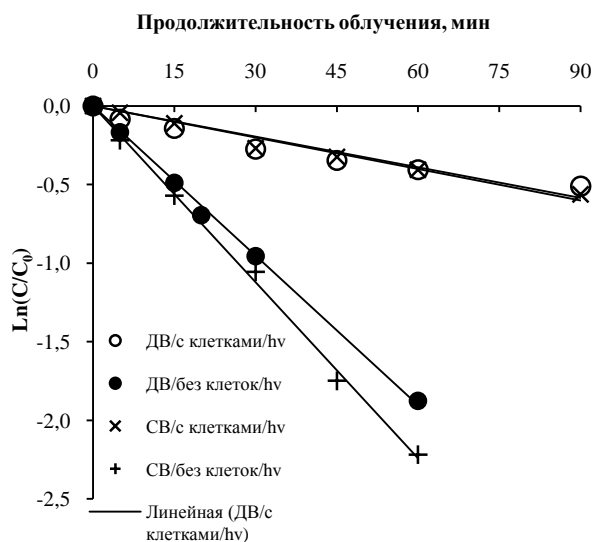


Рис. 1. Конверсия атразина в системе $\{\text{Fe}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{UV-VIS}\}$ без и в присутствии *E. coli* в деионизированной воде (ДВ) и сточной воде (СВ). $C_0 = 4$ мг/л, $\text{Fe}^{2+} = 5$ мг/л, $\text{PS} = 150$ мг/л

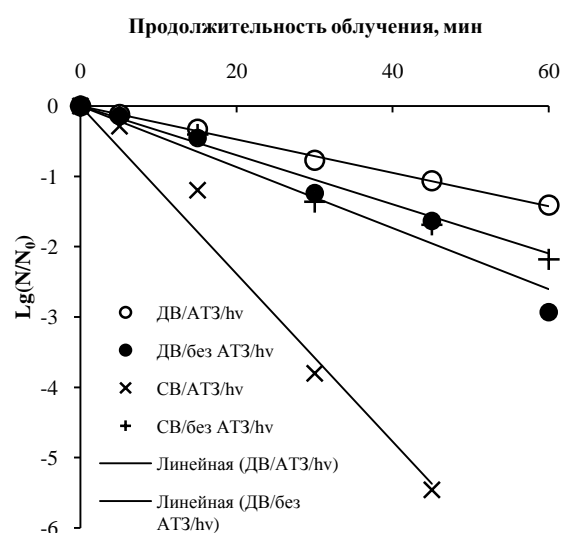


Рис. 2. Инактивация *E. coli* в системе $\{\text{Fe}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{UV-VIS}\}$ без и в присутствии атразина (АТЗ) в ДВ и СВ, $N_0 = 10^5$ КОЕ/мл

После часовой обработки ДВ без и в присутствии атразина достигнуто снижение исходной численности клеток на 3 и 1.4 порядка, соответственно (рис. 2). Обратная закономерность наблюдалась при обработке СВ. За 45 мин облучения СВ, содержащей микрополлютант и бактерии, наблюдалась полная инактивация клеток, тогда как без атразина достигнуто снижение на 2 порядка. Возможно, при инактивации клеток в сточной воде, за счет присутствия в ней анионов и органических веществ, происходит образование дополнительных высокорекреационноспособных частиц или накопление продуктов неполного окисления атразина (например 2-гидроксиатразина), обладающих большей токсичностью по отношению к микроорганизмам [4, 5.]

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 14-14-00279).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Munter R. et al.* Advanced oxidation processes (AOPs): Water treatment technology for the twenty-first century // *Kemia-Kemi/Finnish Chemical Journal*. 2001. V. 28, № 5, P. 354–362.
2. *Torrades F. et. al.* Experimental design of Fenton and photo-Fenton reactions for the treatment of cellulose bleaching effluents // *Chemosphere*. 2003. V. 53. P. 1211–1220.
3. *Сизых М. Р., Батоева А. А.* Окислительная деструкция микрополлютантов различной химической природы персульфатами: достижения и перспективы // *Научное обозрение*. 2015. № 15. С. 231–246.
4. *Choi et al.* Photochemical degradation of atrazine in UV and UV/H process: pathways and toxic effects of products // *Journal of Environmental Science and Health. Part B*. 2013. V. 48. P. 927–934.
5. *Jimenez et al.* Solar photo-Fenton degradation of herbicides partially dissolved in water // *Catalysis Today* 2011. V.161. P. 214–220.

УДК 620.92

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНОВ

Петров Ю. С., д-р техн. наук, профессор, академик МАНЭБ

e-mail: profpetrof@mail.ru

Берко И. А., ст. преподаватель

e-mail: bia-1995@mail.ru

Зорина И. Ю., аспирантка, магистр МАНЭБ

e-mail: zorina_irina85@mail.ru

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет) – СКГМИ (ГТУ)
Владикавказ, Российская Федерация

Рассмотрена возможность повышения надежности энергоснабжения высокогорных районов путем использования многофункциональных энергетических комплексов на возобновляемых источниках энергии. Предложена комплексная ветроэнергоустановка, сочетающая в себе ветрогенератор и солнечную батарею, предназначенная для автономного использования индивидуальными потребителями. Проанализирован энергетический баланс, количественно описывающий генерирование и потребление выработанной электроэнергии. Даны рекомендации по практическому использованию автономных энергетических комплексов.

Ключевые слова: *энергоснабжение, автономные комплексы, высокогорный район, возобновляемые источники энергии, преобразование, баланс мощности, устойчивое развитие.*

The possibility of increasing the reliability of power supply of mountainous areas using multi-functional energy systems based on renewable energy sources. A windmill complex that combines a wind generator and solar panels designed for standalone use by individual consumers. The energy balance is analyzed quantitatively describing the generation and consumption of electricity generated. The recommendations for the practical use of autonomous energy systems.

Населенные пункты горных районов в ряде случаев могут располагаться высоко в горах, на достаточно большом расстоянии от линий электропередач. Электроснабжение таких населенных пунктов является весьма затруднительным и затратным, т. к. требует строительства специальных электрических сетей, или прокладки кабеля в сложных горно-геологических условиях. Кроме того, нередко встречающиеся в горных условиях природные аномалии приводят к частым нарушениям электроснабжения потребителей. Проблему можно полностью, или в большей степени решить, если использовать автономные многофункциональные устройства преобразования возобновляемой энергии [1, 2, 3] в электрическую (и другие виды, напр., тепловую).

Горные территории обладают огромным естественным энергетическим потенциалом [4, 5]. Необходимо только научиться эффективно использовать этот потенциал, в частности для энергоснабжения высокогорных районов. На рис. 1 показана схема использования источников возобновляемой энергии для ее преобразования в электрическую и дальнейшего потребления.

Обозначения на рис. 1: 1, 2, 3 – естественные энергетические потоки (солнечное излучение, движение воздуха, воды и другие); 4, 5, 6 – первичные преобразователи (генераторы, преобразующие возобновляемую природную энергию в электрическую, т. е. солнечные батареи, ветро- и гидрогенераторы и т. п.); 7, 8, 9 – вторичные преобразователи, например, полученного переменного напряжения в постоянное; 10 – общее накопительное устройство (аккумуляторы); 11 – преобразование накопленной энергии для ее передачи и дальнейшего использования потребителями; 12, 13, 14 – потребители (жилые дома, социальные учреждения и др.).

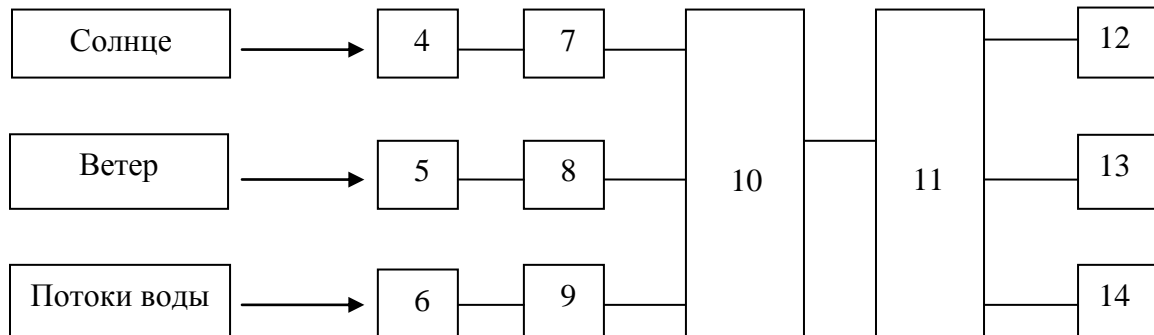


Рис. 1. Схема преобразования и потребления возобновляемой энергии

Если генераторы различных типов будут расположены географически в разных местах, то для их связи и использования необходимо создавать единую электрическую систему. Последнее обусловлено тем, что, во-первых, мощность каждого отдельного генератора может быть недостаточна для покрытия нужд всех потребителей и, во-вторых, в условиях реальной возможности выхода из строя одного из генераторов, другие должны компенсировать недостающую мощность.

Идеальным решением проблемы было бы сочетание в одной энергоустановке генераторов различных возможных типов, например, солнечные батареи, ветрогенераторы, гидрогенераторы и т. д. Такие комплексные энергетические установки будут обладать большей мощностью, надежностью; они будут более удобными для преобразования энергии в единую систему и для доставки ее потребителю. Автономную энергетическую установку следует по возможности располагать в непосредственной близости от потребителей (например, конкретного жилого дома), что существенно снизит потери на передачу электроэнергии.

В СКГМИ (ГТУ) ведутся работы по созданию и внедрению комплексных автономных энергетических установок с возможностью их многофункционального использования в высокогорных условиях. Такие энергоустановки могут преобразовывать естественную энергию возобновляемых источников не только в электрическую, но и в тепловую, которая в дальнейшем может использоваться для отопления жилых домов или для непосредственного употребления горячей воды. Таким образом комплексные многофункциональные энергоустановки будут включать в себя, например, как солнечные батареи, так и солнечные коллекторы.

Разрабатываемая в СКГМИ (ГТУ) автономная многофункциональная энергоустановка использует в одном устройстве три типа первичных преобразователей: солнечные батареи, солнечные коллекторы и ветрогенераторы. Частным случаем комплексной установки является устройство, защищенное патентом РФ, одновременного преобразования солнечной энергии и энергии ветра в электрическую [6]. Конструктивно эта установка представляет собой закрепленные на горизонтальных вращающихся опорах лопасти, с нанесенным на них с обеих сторон фотоэлектрическим покрытием. Под воздействием ветра лопасти

вращаются и передают вращающий момент генератору электрической энергии. Под влиянием солнечных лучей в фотоэлектрических слоях лопастей возникает э.д.с, которая является второй составляющей энергетического потока, преобразуемого комплексной энергоустановкой. Таким образом, происходит одновременное преобразование солнечной энергии и энергии ветра в электрическую.

Описанный способ получения электрической энергии из возобновляемых источников повышает общую мощность энергоустановки, надежность электроснабжения потребителя (т. к. используются одновременно два независимых источника энергии) и упрощает инфраструктуру автономной энергосистемы. Рабочий макет устройства был испытан в лабораториях СКГМИ (ГТУ); испытания дали положительные результаты.

Разрабатываемые устройства предполагается использовать для непосредственного электроснабжения потребителя без передачи выработанной энергии в общую энергосистему. При этом электрическая схема подключения потребителя предусматривает две возможности: питание потребителя от общей энергосистемы или непосредственное питание потребителя от автономной энергоустановки, использующей источники возобновляемой энергии. Одновременное использование того и другого источников энергии (т. е. обеих возможностей) исключается, что должно быть обеспечено необходимыми коммутациями и блокировками в электрической схеме питания потребителя.

Совместно с разрабатываемой установкой предполагается использовать усовершенствованные солнечные коллекторы [7]. Таким образом, общая многофункциональная энергоустановка будет обеспечивать потребителя не только электроэнергией, но и непосредственно теплом.

Основой расчета многофункциональной комплексной автономной энергоустановки является энергетический баланс между суммарной вырабатываемой энергией и энергией, необходимой для нормального функционирования потребителя:

$$P_1 \Delta t_1 + P_2 \Delta t_2 + \dots + P_n \Delta t_n = \Pi_1 \Delta t_{\Pi 1} + \Pi_2 \Delta t_{\Pi 2} + \dots + \Pi_n \Delta t_{\Pi n}, \quad (1)$$

где $P_1, P_2, \dots, P_n, \Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$ – мощность и длительность (промежутки времени) работы генераторов соответственно;

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n, \Delta t_{\Pi 1}, \Delta t_{\Pi 2}, \dots, \Delta t_{\Pi n}$ – мощности и промежутки времени работы потребителей.

Уравнение (1) описывает идеальный (гипотетический) случай, когда в заданный промежуток времени Δt выполняется строгое соответствие между генерируемой и потребляемой энергией. Однако в действительности многие составляющие левой и правой частей равенства (1) являются случайными величинами и, следовательно, равенство (1) представляет собой не детерминированную, а вероятностную модель энергетического баланса. Для описания реальной ситуации модель должна быть скорректирована с учетом возможности случайных изменений определяющих параметров.

Равенство (1) может быть записано для математических ожиданий (средних значений) входящих в равенство величин, что в наиболее общем виде можно представить уравнением, записанным за определенный промежуток времени (напр., за одни сутки):

$$W_g = W_{\Pi} \pm \Delta W, \quad (2)$$

где W_g – среднесуточная выработка энергии генераторами;

W_{Π} – среднесуточное потребление энергии.

Важным параметром является разность между вырабатываемой и потребляемой энергией: $\Delta W = W_g - W_{\Pi}$. Если $\Delta W = 0$ (идеальный случай), то имеет место среднесуточ-

ный баланс между генерируемой и потребляемой энергией. Если $\Delta W > 0$, то генераторы выработали избыток энергии; избыточную энергию следует направить в накопительное устройство. Если $\Delta W < 0$, то потребители недополучили энергию, необходимую для их нормальной работы. В этом случае часть потребителей следует отключить или использовать дополнительную энергию из накопительного устройства. Т. о., для нормальной работы потребителей следует иметь накопительное устройство достаточной емкости.

Применение автономных многофункциональных комплексных энергоустановок на возобновляемых источниках энергии является достаточно перспективным направлением развития энергетики горных регионов. Во-первых, потому что использование возобновляемой энергии является наиболее экологичным способом получения энергии. Во-вторых, автономные многофункциональные энергетические комплексы позволят обеспечить энергией любые труднодоступные пункты, т. к. могут быть выполнены в непосредственной близости от потребителя (солнце, ветер, горные реки есть в любой точке горного региона). В-третьих, разработка и внедрение таких комплексов находятся в соответствии с общей тенденцией современного развития энергетики, основой которой, как считают многие специалисты [3], в ближайшем будущем станет энергия естественных возобновляемых источников.

Развитие энергетики на возобновляемых источниках уже сейчас является необходимым условием нормального функционирования многих объектов инфраструктуры горного региона, особенно высокогорья. Можно предположить, что в ближайшее время широкое использование возобновляемой энергии будет одним из основных факторов, определяющих устойчивое развитие горных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воронин С. М., Оськин С. В., Головкин А. Н.* Возобновляемые источники энергии и энергоснабжение. Краснодар, 2006. 267 с.
2. *Лукутин Б. В.* Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие – Томск. Издательство Томского политехнического университета, 2008. 187 с.
3. *Твайделл Дж., Уэйр А.* Возобновляемые источники энергии. Москва, Энергоатомиздат, 1990 г. 390 с.
4. *Хузмиев И. К.* Энергетические ресурсы РСО-Алания // Труды вольного экономического общества России, Т. 153. Москва – Владикавказ, 2011. С. 87–98.
5. *Никитенко Г. В., Коноплев Е. В.* Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения. Монография. Ставрополь: «АРГУС», 2008. 150 с.
6. Патент № 148781, опубликован 20.12.14, бюллетень № 5. Ветроэнергетическая установка / Петров Ю. С., Саханский Ю. В., Зорина И. Ю., Иликоев Г. В.
7. *Харченко Н. В.* Индивидуальные солнечные установки. Москва, Энергоатомиздат, 1991. 208 с.

УДК 622.7

**МЕТОД КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОГО В ХВОСТАХ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК***Рамонова К. С.*, аспирант*e-mail: 79888333793@yandex.ru**Рутковский А. Л.*, д-р техн. наук, профессор*e-mail: rutkowski@mail.ru*

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

В статье описывается разработка методов контроля содержания твердого в трубах большого диаметра, частично заполненных пульпой на Норильской обогатительной фабрике. Выполненные расчеты включали в себя влияние расхода пульпы, плотности пульпы, уровень незаполненного пространства в трубе и плотность твердого продукта на расход твердого, выносимого с пульпой. Анализируя полученные результаты основным параметром, который должен измеряться при автоматическом контроле расхода твердого в пульпе является плотность пульпы. Кроме того необходимо контролировать расход пульпы.

Ключевые слова: *хвостохранилище, хвосты, пульпопровод, частично заполненные трубопровод, расход твердого продукта, масса отвальных хвостов, расход пульпы, плотность пульпы.*

The paper describes the development of methods for monitoring the content of solids in pipes of large diameter, partially filled with slurry on the Norilsk concentrator. In the calculations included the effect of mass pull of tailings, flow rate of the pulp, the level of unfilled space in the pipe and the density of the solid on the consumption of solid, exported with the pulp. Analyzing the results the basic parameter that must be measured with automatic control flow of solids in the pulp is a pulp density. Furthermore necessary to control the pulp flow.

Key words: *t ailing pit (tailing dump), tailing, sludge line, partially filled tubing, flow rate of the solid product, mass pull of tailings, flow rate of the pulp.*

Необходимость разработки методов контроля содержания твердого в трубах большого диаметра, частично заполненных пульпой, возникла на обогатительных фабриках, металлургических заводах, везде, где в результате технологического процесса получают жидкие отходы – «хвосты», которые либо перерабатываются, либо складываются в хвостохранилищах с целью их дальнейшего использования.

Исследование метода контроля содержания твердого на данный момент проводится на устаревших датчиках, с учетом полностью заполненной трубы [1]. Следовательно, данная разработка будет актуальна для многих фабрик, сбрасывающих «хвосты».

Среда пульпопровода представляет собой сложную, условно-трехфазную систему (твердое, жидкое, газообразное), характеристики каждой из которых и объемные соотношения между собой постоянно меняются. В настоящее время отсутствует корректная сис-

тема и технические средства контроля параметров хвостовой пульпы. Масса отвальных хвостов от обогащения всех типов сырья определяется расчетным методом по разнице объемов рудной массы и полученного концентрата. Такой метод позволяет получить только интегральные оценки количества хвостов за длительный период времени – декада, месяц, квартал и т. д. Точность расчета при этом определяется точностью используемых инструментальных средств контроля количеств рудной массы и концентрата, учета влажности руды и полученного концентрата за период измерения и др. факторов, таких как время запаздывания, текущие запасы промпродуктов в буферных емкостях и др. Следовательно, используемая методика расчета принципиально не позволяет получить текущие оценки количества хвостов, поступающих в магистральный пульпопровод. Точная информация может быть получена только путем установки на магистральных пульпопроводах, выходящих с фабрики, систем контроля расхода твердого в пульпе.

Измеряемыми параметрами являются расход пульпы, плотность пульпы, уровень незаполненного пространства в трубе и плотность твердого продукта в пульпе. Конечным параметром измерения является комплексный показатель – расход твердого продукта, выносимого с пульпой, полученный косвенным измерением.

Для составления точного материально баланса флотации, используемого при разработке систем управления данным процессом, необходимо знать расход твердого в пульпе (G_m)

$$G_m = k \cdot Q \cdot (\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{ж}}), \quad (1)$$

где $k = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}}}$,

Q – объемный расход пульпы;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости;

$\rho_{\text{т}}$ – плотность твердого.

Следовательно, для выбора и обоснования методики определения массы хвостов необходимо исследовать влияние этих параметров на точность измерения расхода твердого.

Исследование влияния плотности пульпы на расход твердого:

$d_p = 1.22$ – плотность пульпы, т/м³;

$d_t = 3.3$ – плотность твердого, т/м³;

$d_g = 1$ – плотность жидкости, т/м³.

Формулу (1) представим в более удобном для расчетов виде:

$$g = \frac{dp-dg}{dt-dg} dt, \quad (2)$$

тогда $g = 0,316$ – содержание твердого в пульпе, т/м³,

$G_p = 3200$ м³/ч расход пульпы.

Зависимость расхода твердого от плотности пульпы

При прочих равных условиях изменение плотности пульпы в рабочем диапазоне приводит к изменению расхода твердого в пульпе:

$$D = \left(\frac{Gt_{25} - Gt_0}{Gt_{25}} \right) 100 \text{ и } D = 62,5.$$

Исследование влияния плотности твердого на расход твердого

В соответствии с формулой (2) найдена зависимость расхода твердого от плотности твердого:

$dt_0 = 3,2$, $i = 0..25$, $dt_{i+1} = dt_i + 0,01$ (плотность изменяем через 0,01), тогда

$$g_i = \frac{dp - dg}{dt_i - dg} dt_i$$

и расход твердого $Gt_i = Gp \cdot g_i$ т/ч.

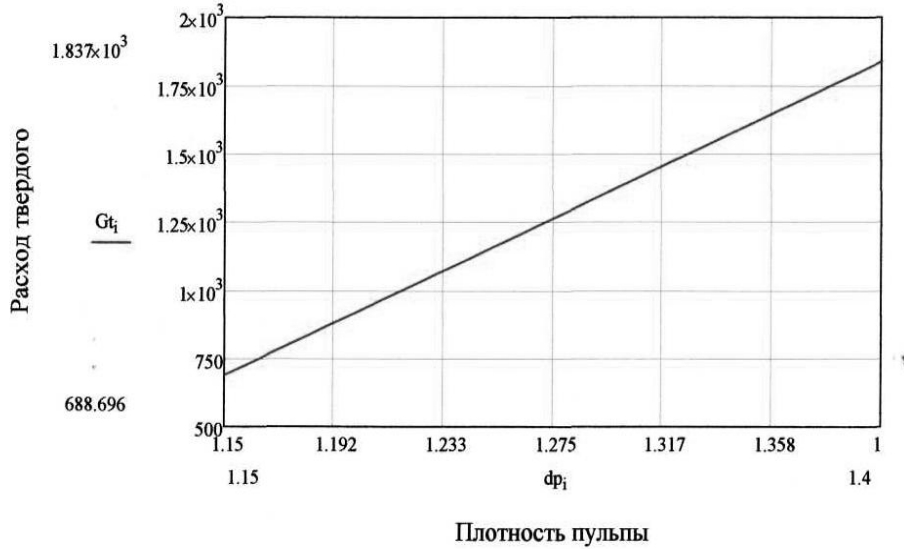


Рис. 1. Влияние плотности пульпы на расход твердого

Результаты расчета представлены на рис. 2.

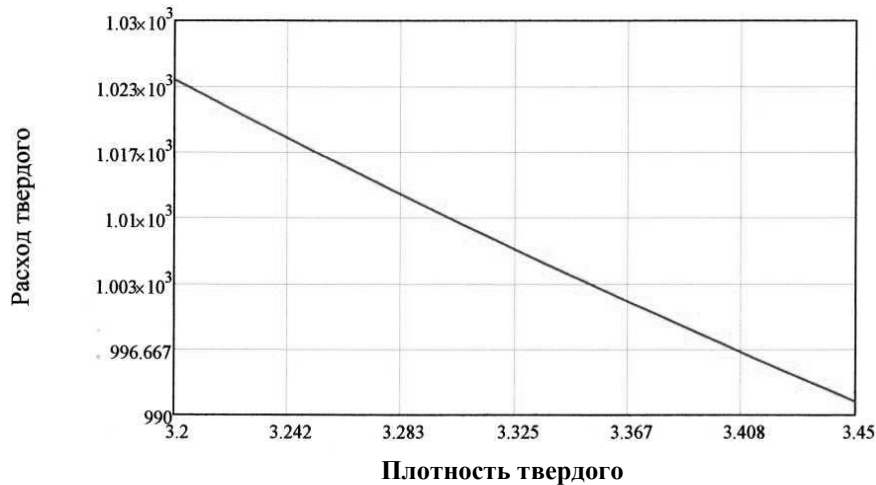


Рис. 2. Влияние плотности твердого на расход твердого

Из графика следует, что при прочих равных условиях изменение плотности твердого в рабочем диапазоне приводит к изменению расхода твердого в пульпе на:

$$D = \left(\frac{Gt_0 - Gt_{25}}{Gt_0} \right) 100 \text{ и } D = 3,189 \%$$

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что наиболее сильное влияние на расход твердого, выносимого с пульпой, оказывает изменение плотности пульпы (т. е. содержание твердого в пульпе). Это влияние практически в 20 раз сильнее, чем изменение плотности твердого.

Следовательно, основным параметром, который должен измеряться при автоматическом контроле расхода твердого в пульпе, является плотность пульпы. Кроме того, необходимо контролировать расход пульпы.

Плотность твердого можно считать постоянной величиной и учитывать в процессе автоматизированного контроля путем периодического ручного ввода по данным лабораторного анализа.

Измерения технологических параметров пульпы в самотечном, частично заполненном пульпой, хвостопроводе (трубопроводе) осуществляются с применением измерительных систем.

Рекомендуемые структурные схемы измерительных систем с применением различных средств измерений (СИ) приведены на рисунках 3–4.

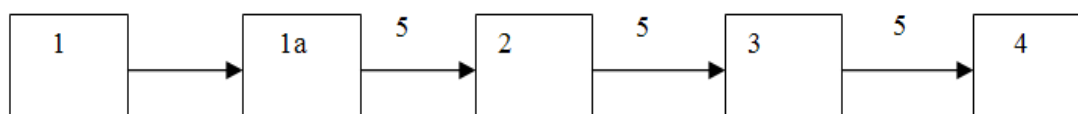


Рис. 3. Структурная схема измерительной системы плотности пульпы бесконтактным радиоизотопным измерителем: 1 — излучатель; 1а — первичный измерительный преобразователь плотности; 2 — вторичный измерительный прибор плотности пульпы; 3 — микроконтроллер; 4 — ИИС; 5 — линия связи

Измерительная система уровня пульпы в трубопроводе выполнена аналогично (рис. 4).

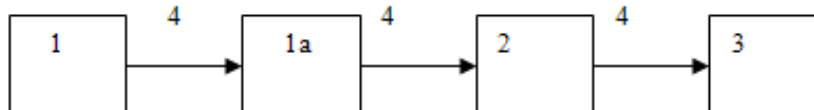


Рис. 4. Структурная схема измерительной системы расхода пульпы: 1 — бесконтактный первичный измерительный преобразователь расхода; 1а — вторичный измерительный прибор расхода пульпы; 2 — микроконтроллер; 3 — ИИС; 4 — линии связи

Плотность твердого в пульпе определяется периодически лабораторным анализом с погрешностью, не превышающей 1 %.

Процедура обработки и вычисления результатов измерений состоит из вычисления действительного значения текущего расхода твердого в пульпе, его среднесуточного расхода и количества (массы) твердого за сутки и месяц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубков Г. А., Забелин В. В. Автоматизация процессов обогащения руд цветных металлов. Москва: издательство «Недра», 1967.

УДК 504.064.2

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ РУДНОГО ЗОЛОТА

Сизых М. Р., канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник

Асеев Д. Г., канд. хим. наук, научн. сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской Академии наук

Улан-Удэ, Российская Федерация

e-mail: marisyz1@binm.bscnet.ru

Research was conducted to assess the current state of environmental within the impact zone of a mining and gold ore processing enterprise. The analysis of trends in levels of priority ecotox-icants in surface waters, sediments and soils revealed that pollution by heavy metals has declined significantly during the years following remediation measures. The overall level of pollution can be regarded as permissible.

В концепции устойчивого развития, сформулированной в заключительной декларации конференции ООН в Рио-де-Жанейро, особое внимание уделялось рациональному использованию уязвимых экосистем, а именно горных территорий. Вместе с тем, именно горные и предгорные территории, как правило, являются местами добычи и переработки основной массы полезных ископаемых. В связи с этим контроль состояния основных компонентов окружающей среды в зоне влияния горно-рудных предприятий является важной задачей.

Одним из наиболее точных индикаторов состояния водных экосистем, находящихся под прессом горно-добывающих предприятий, являются тяжелые металлы 1 и 2 класса опасности, содержащиеся в природных поверхностных и подземных водах, донных отложениях и прилегающих почвах. Их содержание может характеризовать общий уровень загрязнения района и показывать динамику изменения.

В данной работе дана оценка современного состояния основных компонентов окружающей природной среды в зоне влияния рудника «Ирокинда» и прослежена динамика изменения содержания приоритетных экотоксикантов в природных поверхностных водах, донных отложениях, почвах на базе сравнительного анализа, с использованием результатов проведенных в 1992–1996 гг. исследований.

Рудник «Ирокинда» ОАО «Бурятзолото», производственная деятельность которого связана с добычей и переработкой золотосодержащей руды по гравитационно-флотационной технологии с целью извлечения из них золота и серебра, располагается в мерзлотном гольцовом ландшафте расчлененного среднегорья, на южных отрогах Южно-Муйского хребта. В зоне влияния рудника находятся ручей Юрасовский и река Ирокинда, впадающая в реку Тулдуень (левый приток р. Витим, бассейн р. Лена).

Отбор проб осуществлялся в летний меженный период. Процедуры отбора проб, пробоподготовки и обработки результатов проводились в соответствии с требованиями стандартов и аттестованных методик. Химические исследования состава природных вод, донных отложений и почв были проведены в лабораториях, аккредитованных в системе Росстандарт.

Установлено, что в природных поверхностных водах реки Ирокинда и ручья Юрасовский концентрации цинка и свинца не превышают значения ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения. Концентрации никеля и меди превышают ПДК, но находятся на уровне фоновых концентраций. Вероятно, на данном участке реки наблюдается природная аномалия, обусловленная особенностями Ирокиндинской горно-рудной зоны. Это предположение подтверждается исследованиями по оценке состояния поверхностных вод северных рек Бурятии, где выявлена характерная загрязненность вод тяжелыми металлами среднего уровня, вызванная природным фактором.

Исследование донных отложений является важнейшим аспектом изучения экологического состояния водных объектов, наиболее адекватно отражающим их современное состояние и несущим информацию о загрязнении вследствие инженерно-хозяйственной деятельности на данной территории. Установлено, что в донных отложениях реки Ирокинда концентрация никеля превышает ПДК в 2,6 раза, но находится на уровне фоновых. Концентрация кобальта превышает в 2 раза ПДК и фоновые значения. Содержания марганца, хрома, ванадия, молибдена хрома, свинца и цинка в донных отложениях не превышают предельно-допустимых концентраций.

По индексу геоаккумуляции донные отложения относятся к классам «незагрязненные» и «незагрязненные до умеренно загрязненного». Оценка динамики изменения средней концентрации металлов в донных отложениях реки Ирокинда свидетельствует об уменьшении общего уровня их загрязненности.

Оценка состояния почв, прилегающих к водоему, при организации экологического мониторинга, является также важной составляющей, так как они (почвы), являясь аккумулятором загрязнений, могут выступать источником вторичного загрязнения. Уровень загрязнения почв в обследованном районе можно отнести к категории «допустимый», значение показателя загрязненности (Z_c) находится в интервале от 1,4 – до 3,3. Сравнительный анализ показал, что общий уровень загрязненности почв снизился.

Проведенные работы по оценке современного состояния основных компонентов окружающей природной среды в зоне влияния рудника «Ирокинда» и анализу динамики изменения содержания приоритетных экотоксикантов в природных поверхностных водах, донных отложениях, почвах на базе сравнительного анализа позволили установить, что за прошедшие после рекультивационных мероприятий годы загрязненность территории тяжелыми металлами существенно снизилась. Общий уровень загрязнения характеризуется как допустимый.

УДК 553.9

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗВЕДКИ НЕФТИ И ГАЗА, ОСНОВАННАЯ НА ДЕТЕКТИРОВАНИИ ШУМОВЫХ ПОЛЕЙ

Сиротинский Ю. В., Абатуров М. А., Цивадзе А. Ю.*

ИФХЭ РАН

Москва, Российская Федерация

*e-mail: yusirotd@mail.ru

Известно природное явление микросейсмической эмиссии, характерное для углеводородных залежей. В многокомпонентной системе залежи возникают физико-химические процессы локальных множественных фазовых переходов. Эти процессы сопровождаются формированием специфического шумового поля. Указанное явление позволило нам создать инновационную технологию поиска нефти и газа, основанную на детектировании шумового поля (ДШП). Идентификация залежи производится в результате последующей статистической обработки случайных сигналов микросейсмиков с применением спектрального анализа. Обычно нефте-газовые микросейсмиков проявляются в виде колокообразного максимума в диапазоне 2...4 Гц.

При реализации этого способа необходимо учитывать исключительно малый уровень информационного сигнала, сопровождаемого множественными случайными микросейсмиков. В нашей разработке был применен целый ряд решений, основанных на авторских ноу-хау. Аппаратура и программное обеспечение защищены авторскими правами. Имеется также свидетельство об открытии данного явления. Полевые работы проводились совместно с НТК АНЧАР.

Эффективность ДШП-технологии была подтверждена многочисленными исследованиями на месторождениях различного типа. Способ отличается высокой достоверностью прогноза (80 %), позволяющей во многих случаях предвидеть сухие ловушки и, т. о., исключить их из разведочного бурения. Кроме того, технология позволяет делать подробное картирование как отдельных участков залежи, так и территории нефтегазоносной провинции в целом. Способ отличается исключительной оперативностью, мобильностью, экологической безопасностью, и, в то же время экономически малозатратен.

В условиях повышенной сейсмоактивности Северного Кавказа применение ДШП-технологии представляет определенный методологический интерес. Кроме того, технология может быть востребована для решения чисто практических задач непосредственно в нефтяном промысле Северной Осетии как на осваиваемых месторождениях, так и в доразведке уже эксплуатируемых залежей. Например, в перспективной провинции Ольгинская планируется разведка древней Девонской нефти и закладка глубокой разведочной скважины 5000...7000 м (ООО «Алания-Ойл»). Наша технология позволила бы существенно повысить обоснованность выбора конкретной точки и значительно снизить соответствующие риски. Подробное ДШП-картирование позволит сделать оценку общих запасов провинции.

При проведении этих работ были бы исключительно полезны рекомендации специальных служб, занимающихся фундаментальными исследованиями геологии этого региона, таких как Геофизический институт ВНИЦ РАН и СКГМИ (ГТУ). Данная разработка, несомненно, соответствует концепции устойчивого развития.

Представленная работа поддержана Программой фундаментальных исследований Президиума РАН (№ П.3.П), грантом РФФИ (№ 16-03-00066) и договором ИФХЭ РАН (НИР № 2–12).

УДК 629.3.082.3

ВОДОРОДНЫЕ АВТОМОБИЛЬНО-ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ В АВТОМОБИЛЬНО-ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Соловей В. В., д-р техн. наук, профессор
Внукова Н. В., д-р техн. наук, профессор
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Харьков, Украина
e-mail: ecologyknady@mail.ru

We examine using of hydrogen as an alternative fuel. It was analyzed that the future of hydrogen cars is related to fuel cells. It was revealed that one of the ways to solve energy and environmental problems of road transport is widespread using of renewable energy sources for production of hydrogen and electricity.

Ключевые слова: автомобильно-транспортные системы, автозаправочные комплексы, альтернативные топлива, водородные автомобили, воздушно-электрическая установка.

В рамках инфраструктуры автомобильно-транспортной системы (АТС) особое место принадлежит автозаправочным комплексам. Использование альтернативных топлив, в том числе водорода, требует существенной модернизации этой сферы производственной деятельности. Идеологическим постулатом при переводе сети заправочных станций на водородные должен быть критерий производства экологически чистого энергоносителя – экологически чистым способом. То есть технологии и первичный источник энергии должны быть максимально лояльными к окружающей среде. В первую очередь в качестве первичного источника энергии следует рассматривать возобновляемые виды энергетических ресурсов.

В Германии интенсивно накапливается технический и коммерческий опыт проектирования, строительства и эксплуатации водородных станций для обслуживания водородного автомобильного транспорта. В 1997 г. была создана новая компания по энергетическим технологиям, которая ведет проекты водородных заправок. Сооружаются четыре заправочных станции: в аэропорту Мюнхена, в Гамбурге, Оберсдорфе и в индустриальной зоне Брунтал-Норд близ Мюнхена.

В ноябре 2004 г. в Берлине открыта первая водородная заправочная станция для обслуживания наземного транспорта как жидким водородом, так и сжатым газообразным водородом.

Обеспечение жидким водородом взяла на себя фирма "Linde", для сохранения на станции используется охлаждаемая цистерна объемом 18 м³ и соответствующий трубопровод. Газообразный водород производится в мембранном электролизере высокого давления американской компании "Hogen" и хранится в баллонах при давлении 250 бар. На данном этапе производительность электролизера 1 м³/ч, однако, до 2006 г. она увеличена в 100 раз.

Эта автозаправочная станция является частью проекта, поддерживаемого ЕС, в результате которого все автобусы будут переведены на водород в течение нескольких месяцев сначала в Берлине, а затем в Копенгагене и Лиссабоне. Автобусы для этих линий делает фирма "MAN". Проект был рассмотрен Берлинским Сенатом, что оказывает ему по-

мощь и поддержку. Директор Берлинской транспортной компании (БТК) Х.-Х. Дубенкропп объяснил, почему они не пошли по пути использования природного газа для уменьшения выбросов в атмосферу. При использовании водорода двигатели работают хорошо, а выбросы совсем чистые. Проблемы заключаются в убеждении потребителей и организации заправок. Поэтому на первом этапе было решено улучшить двигатели путем оснащения их досжигателями и использованием десульфурованных топлив. Второй этап – автобусы с водородными баками и электромоторы на топливных элементах. Новая водородная заправочная станция является первым шагом в этом направлении. Представитель "Linde" подчеркнул, что сейчас водород, конечно, дороже бензина, но точка равновесия может быть достигнута, если на транспорте будут потреблять всего 0,1–1 % энергии в виде водорода.

Китайская Народная Республика вошла в группу стран – лидеров в области водородной экономики. Объявлено о принятии большой программы по строительству водородных заправочных станций для автомобилей и автобусов с топливными элементами. Так, в Шанхае будет построено 10 заправочных станций, на строительство которых правительство Шанхая выделяет 1 млрд долларов на 3 года. Компания "Ballard Power Systems" подписала меморандум и договор с Шанхайской компанией "Fuel Cell Vehicle Powertrain Co., Ltd." о кооперации в разработке транспортных средств на топливных элементах. Демонстрация и испытания проведены в 2007 г. [1].

Автомобильные компании разных стран уже давно начали производить автомобили с низким содержанием токсичных выбросов при использовании традиционных топлив, а в последнее время освоили и наращивают производство водородных и электрических автомобилей.

Будущее водородных автомобилей эксперты связывают, прежде всего, с топливными элементами (ТЭ). Их преимущество признают все специалисты, так как ТЭ не содержат каких-либо узлов и деталей, движущихся, а водород и кислород соединяются, вырабатывая электричество и выбрасывая в атмосферу только водяной пар.

Будущее электрических автомобилей эксперты связывают с созданием простых систем зарядки аккумуляторных батарей автомобиля от обычных промышленных до бытовых электрических сетей.

В настоящее время необходимо длительное время зарядки (8–10 часов), что обеспечивает пробег автомобиля до 120–150 км. Для этого ученые работают над созданием беспроводных систем зарядки от специальных кабелей, которые укладываются под автомобильной дорогой. Такие системы позволят заряжать аккумуляторные батареи во время движения автомобиля. На промежуточном периоде будут также использоваться транспортные средства с гибридными силовыми установками на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), а также с традиционными ДВС, конвертированными на водородном топливе.

Безусловно, водородные и электрические автомобили – прекрасное решение экологических проблем городов и горных территорий, но нельзя забывать про то, что для производства водорода и генерирования электрической энергии используются не возобновляемые природные ресурсы (нефть и газ), запасы которых катастрофично уменьшаются, и их сжигание на тепловых электростанциях сопровождается в большинстве случаев загрязнением окружающей среды, что нежелательно в горных территориях с зонами рекреации. Одновременно территории с таким рельефом обладают достаточными ресурсами для развития энергосберегающих технологий.

Одним из путей решения энерго-экологических проблем автомобильного транспорта является повсеместное использование возобновляемых источников энергии для производств водорода и электрической энергии. Однако по своей природе источники возобновляемой энергии непостоянные и поэтому наиболее эффективно могут использоваться в комбинации с сетевой электрической энергией.

Анализ информации показывает, что темпы производства перспективных водородных и электрических автомобилей существенно выше темпов строительства заправочных и зарядных станций, что может стать препятствием для эксплуатации перспективных автомобилей.

Учитывая вышесказанное, предлагается в качестве одного из возможных вариантов применение энергосберегающей воздушно-электрической станции для зарядки электрических и заправки водородных автомобилей [2].

Станция включает в себя следующие функциональные части:

- систему генерирования и распределения электрической энергии, состоящую из воздушно-электрической турбогенераторной установки, шкафа электропитания и управления;
- систему генерирования, накопления модульной заправки водорода и кислорода, состоящую из электролизера высокого давления, опреснительной установки и заправочных модулей генерации водорода;
- боксы для зарядки аккумуляторов автомобилей [3].

Энергосбережение достигается в результате того, что зарядка аккумулятора и заправка водородом автомобилей проводится за счет использования электрической энергии, вырабатываемой воздушно-электрической установкой, когда есть достаточный ветер, а когда нет ветра – используется сетевая электрическая энергия [4].

В предлагаемой станции целесообразно реализовать оригинальные технические решения как для самой станции, так и для ее основных узлов – воздушно-электрической установки и электролизера.

Для станции:

1. Использовать электрическую энергию, производимую воздушно-электрической установкой, когда есть достаточный ветер, и сетевую электрическую энергию, когда ветра нет.
2. Эффективно использовать технические возможности воздушно-электрической турбогенераторной установки и электролизера высокого давления, которые позволят создать энергосберегающие станции в модульном исполнении (3 x 250 кВт).
3. Использовать электрическую энергию с нестандартными параметрами по частоте и напряжению, что производит воздушно-электрическая установка.

Турбогенераторная схема воздушно-электрической установки позволяет работать с максимальным КПД при переменной частоте вращения основного ротора, обеспечивая при этом относительно постоянную частоту вращения индукторных генераторов, и «выдавать» электрическую энергию потребителям (электролизеру и аккумуляторам автомобилей) при различных скоростях ветра.

Отличительной чертой электролизеров, которые были разработаны в Институте проблем машиностроения им. А. М. Подгорного (ИПМаш) НАН Украины совместно с кафедрой экологии ХНАДУ, от известных мембранных электролизеров, является их двухциклового рабочий процесс.

Первый цикл – выделение водорода, количество которого в этом цикле определяется емкостью активного элемента (кислород накапливается в виде химического соединения).

Второй цикл – изменение полярности и разряд активных элементов.

Выделенный кислород накапливается в виде газа в отдельной емкости. Затем повторяется первый цикл. Такой рабочий процесс обеспечит высокую эффективность электролизера.

Эта отличительная черта электролизера высокого давления соответствует концепции создания водородных автомобилей. В настоящее время Япония наладила серийное производство автомобиля Honda FCX на топливных элементах. В качестве топлива используется сжатый водород с давлением 350 кг/см².

Простота конструкции электролизера, его надежность, сниженные требования к качеству потребляемой им электроэнергии, создают предпосылки для создания эффективных воздушно-водородных заправочных станций.

Практическая реализация технических предложений в предлагаемой зарядно-заправочной станции в значительной мере будет определяться состоянием разработки и отработки ее основных узлов, главные из которых – воздушно-водородная установка и электролизер высокого давления.

Создание электролизера высокого давления для крупномасштабного производства водорода – задача достаточно сложная и по финансовым возможностям посильная государственным структурам в рамках национальных программ и, возможно, состоятельным финансовым группам. На пути к этой цели, по нашему мнению, возможно создание электролизера модульного типа, взаимосвязанного с особенностями воздушно-электрической установки. Для созданной установки турбогенераторной схемы – это модуль мощностью 250–300 кВт.

В ИПМаш НАН Украины разработаны оригинальные технологии генерирования водорода и созданы демонстрационные образцы электролизера высокого давления (1,0–5,0 м³/час), отличительная черта которых состоит в использовании химически активных электродов, разделении во времени и в конструкции электрохимических процессов образования и выделения водорода и кислорода при электролизе воды.

Эти достижения позволят не только получать высокое давление газов, но и обеспечить гарантированную надежность работы электролизера и его более высокие энергетические характеристики по сравнению с обычными (мембранными) электролизерами, работающими при давлении (1–25 кг/см²).

Оригинальные технические решения, разработанные и экспериментально проверенные на электролизерах высокого давления и на воздушно-электрической установке турбогенераторной схемы, позволяют создать в Украине перспективные зарядно-заправочные станции для автомобилей.

Одна ПЭУ установленной мощности в 200 кВт, при непрерывной работе на расчетном режиме, может произвести в сутки 100 кг водорода, что по энергетическому эквиваленту соответствует ~ 250 л бензина. Использование этого водорода в качестве топлива обеспечивает сокращение выбросов CO₂ на 500 кг. Интегральный эффект от применения водорода будет существенно выше, так как КПД его использования в топливных элементах составляет 60–70 % при среднеэксплуатационном КПД ДВС на традиционных топливах 17–20 %. Данные технологии могут быть применены как в лесостепных, так и в горных районах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akiba E. Metallic hydrides III: body-centered-cubic solid-solution alloys/ E. Akiba, M. Okada // MRS Bulletin. September 2002. P. 699–703.
2. Тарасов Б. П. О возможности выделения и аккумуляции водорода высокой чистоты с помощью гидридообразующих интерметаллических соединений / Б. П. Тарасов, С. П. Шилкин // Журнал прикладной химии. 1995. Т. 86. № 1. С. 21–26.
3. Metal hydride accumulators of hydrogen on the basis of alloys of magnesium and rare-earth metals with nickel / B. P. Tarasov, S. N. Klyamkin, V. N. Fokin et al. // In: Hydrogen Materials Science and Chemistry of Carbon Nanomaterials' (NATO Science Series II' Mathematics Physics and Chemistry. Eds. T.N. Veziroglu et al.)/ Kluwer Academic Publ. 2004. V.172. P. 143–146.
4. Bowman R. Metallic hydrides I: hydrogen storage and other gas-phase applications / R. Bowman, B. Fultz // MRS Bulletin. September 2002. P. 688–693.

УДК 336.64

СЕКЬЮРИТИЗАЦИЯ АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК МЕХАНИЗМ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Туаева И. К., канд. экон. наук

Датиев К. М., д-р техн. наук, профессор

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

Обоснована необходимость адаптации зарубежного опыта финансовой трансакции – секьюритизации активов в условиях дезинтермедиационных процессов, проявившихся в смещении рынка заимствований от классического банковского кредитования в направлении финансирования на рынке капиталов посредством эмиссии ценных бумаг.

THE ASSET SECURITIZATION TRANSACTION AS A DEPRECIATION MECHANISM OF FINANCING SOURCES ATTRACTION

The necessity of adaptation the asset securitization transaction to the national economy system in the desintermediation processes, revealed in the removal of borrowing market from classical bank landing to capitals market with financing by means of securities emission, is regarded.

Теория финансового посредничества рассматривает финансовую сферу и рынки как единое целое, считая, что выделение относительно обособленных сегментов определяется скорее действующим национальным законодательством, чем объективными закономерностями развития финансовых отношений. Все многообразие участников финансового рынка сводится к трем группам: поставщики финансового капитала, его потребители и финансовые посредники, как институты, выполняющие посредническую функцию между поставщиками и потребителями финансового капитала.

Основной причиной существования финансовых посредников в экономике сторонники теории финансового посредничества считают информационную асимметрию. Преимущества, которые дает экономическим субъектам пользование услугами банка, базируются на его способности правильно интерпретировать сигналы рынка и на возможности многократного использования им однажды полученной информации.

Если рассматривать коммерческий банк как предприятие финансовой сферы, то следует признать, что он может существовать и развиваться лишь тогда, когда производит услуги, которые не могут быть произведены другими, или имеет сравнительные преимущества.

Привилегированный доступ к частной информации о заемщиках всегда выступал одним из основных преимуществ банков перед другими экономическими агентами. Однако под воздействием таких факторов, как технологический прогресс, снижение информационных и операционных издержек, глобализация и стремительное развитие финансовых рынков и инноваций, изменение законодательства в сторону либерализации финансовых операций, банки постепенно теряют ряд своих традиционных сравнительных преимуществ.

ществ, являвшихся основой их монопольного положения в экономике. Степень влияния этих факторов на банковские системы разных стран неодинакова, однако воздействие, оказываемое на современные банки, имеет глобальный характер и доминирует над национальными особенностями развития банковских систем.

С начала 80-х гг. характер международных банковских сделок начал кардинально меняться: наметился отказ от традиционного банковского кредита в пользу обращаемых на рынке ценных бумаг. Банки, действующие в качестве классических посредников на рынках денежного предложения и спроса, перестали выступать кредиторами и нести соответствующие риски, а оказывались промежуточным звеном в прямых отношениях «должник–кредитор», складывающихся на рынке обращаемых долговых обязательств. Это направление развития, предполагающее утрату банковским сектором роли главного финансового посредника, повсеместно обозначается термином «дезинтермедиация». Развитие дезинтермедиационных процессов, проявившееся в потере традиционных клиентских групп и снижении потребности в финансовых средствах со стороны промышленного сектора на приемлемых для банков условиях, привело к совершенно новой конкурентной ситуации. Крупнейшие международные банки начали активно искать индивидуальные финансовые решения, которые, с одной стороны, удовлетворяли желания клиентов по минимизации затрат на привлечение финансирования при максимально возможных объемах получаемых средств и, с другой стороны, открывали для банков принципиально новые источники рефинансирования и получения дохода. Наибольшее распространение получила финансовая инновация – секьюритизация активов, основанная на комбинации и модификации существующих и проверенных практикой элементов, присущих традиционным формам финансирования.

Экономическое содержание секьюритизации активов заключается в следующем. Выделенные активы предприятия-оригинатора, которые дают право на получение денежных выплат, собираются в единый пул, в последующем рефинансируемый путем выпуска ценных бумаг. Денежные платежи, генерируемые данным пулом активов, в дальнейшем служат источником выплат сумм основного долга и процентов по выпущенным ценным бумагам. Сложность состоит в том, чтобы сделать юридически самостоятельным диверсифицированный пул, содержащий однородное имущество, и по возможности отделить процесс рефинансирования от первоначального собственника активов [1]. Для этого активы предприятия-оригинатора продаются специально созданному для этих целей юридическому лицу и, как правило, полностью списываются с баланса. Активы после приобретения юридической самостоятельности не попадают более в сферу полномочий originатора и тем самым освобождаются от всех оперативных рисков, связанных с его деятельностью. А инвестор, принимая решение, может ориентироваться исключительно на качество активов и надежность структуры рассматриваемой сделки.

Увеличение объема и динамики рынка корпоративных облигаций, представляющих собой альтернативный банковскому кредитованию источник финансовых ресурсов российских предприятий, свидетельствует о развитии дезинтермедиационных процессов в экономике РФ [2].

В изменяющихся рыночных условиях российские банки вынуждены искать новые формы и инструменты финансирования, наиболее полно удовлетворяющие запросы предприятий и гарантирующие наилучшие условия и максимальную гибкость. Рынок секьюритизации имеет большой потенциал в России. Во-первых, проведение секьюритизации кредитного портфеля позволит банкам списывать кредиты со своих балансов и тем самым удовлетворять критериям достаточности капитала. Во-вторых, помимо традиционных способов финансирования, кредитные организации получают возможность привлекать дополнительные средства и, как следствие, увеличить объемы кредитования промышленных предприятий [3].

Российские предприятия на протяжении последних лет регулярно сталкиваются со всевозрастающим несоответствием положений российской правовой системы усложняющимся требованиям быстро развивающегося финансового рынка. Результат этой коллизии известен и безрадостен – российский рынок пока не может конкурировать с международным ни по стоимости ресурсов, ни по возможностям применения современных технологий конструирования финансовых инструментов. Таким образом, у предприятий существует гораздо меньше возможностей поиска наиболее эффективных стратегий управления консолидированным долгом, что значительно влияет на их конкурентоспособность.

Возможность эффективного осуществления сделок секьюритизации активов в значительной мере зависит от содержания правового регулирования; от наличия в российском законодательстве положений, позволяющих реализовать ряд ключевых концепций и возможности использования ряда механизмов и инструментов, типичных для таких сделок.

Согласно одной точке зрения, чем больше масштаб такого регулирования, тем лучше (регулятивная концепция). Согласно другой – чем меньше государство вмешивается в общественные отношения, тем благотворнее это сказывается на всех сторонах жизни общества (концепция дерегуляции). Одним из способов обеспечения регулятивного подхода является закрепление принципа «сначала закон – потом отношения». Негативной формой этого принципа является отрицание возможности на появление новых отношений. Например, новые виды юридических лиц могут появиться только после того, как они будут введены гражданским законодательством (ст. 53 ГК РФ). Данный подход еще называют регулированием *ex ante* (с самого начала).

Противоположный подход основывается на том, что общество вправе самостоятельно создавать новые отношения. При этом главное, чтобы эти новые отношения не противоречили базовым принципам, за нарушение которых в законодательстве предусмотрено наказание. Государство вмешивается только после того, как произошло отклонение от желаемого поведения, что принято именовать регулированием *ex post*.

Принципиальное различие в режимах допуска к рынкам капитала существенным образом отражается на секьюритизации. Современное ее развитие началось в конце 70-х гг. XX в. в США, где для осуществления первых сделок не понадобилось принимать каких-либо новых законов. Ценные бумаги были структурированы для целей рефинансирования денежных требований участниками рынка самостоятельно. Напротив, в странах с разрешительным режимом, прежде чем осуществление секьюритизации становилось возможным, всякий раз требовалось вносить специальные изменения в законодательство о рынке ценных бумаг.

К поиску путей создания института секьюритизации российское право толкают экономические потребности, ведь, как верно заметил профессор В. Саймонс, «экономики тех стран, где имеются институты секьюритизации, развиваются значительно динамичнее» [1, 507 стр.]. Выбор отечественного законодателя невелик: либо упорно отстаивать идеи классицизма в российском праве и смотреть, как активами управляют с использованием секьюритизации в иностранных юрисдикциях, либо попытаться имплементировать этот институт в национальную правовую систему.

Несмотря на то, что секьюритизация, как правовой институт, представляющий собой систему норм, направленных на снижение правовых и экономических рисков, возникающих при рефинансировании совокупности денежных требований путем размещения ценных бумаг, уже возможна в рамках существующего правового режима, для развития данного сегмента рынка, упрощения структурирования таких сделок и уменьшения сопутствующих расходов, безусловно, необходима дальнейшая разработка специальной законодательной базы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бэр Х. П.* Секьюритизация активов: секьюритизация финансовых активов – инновационная техника финансирования банков. Пер. с нем. М.: Волтерс Клувер, 2007. С. 28.
2. Рассчитано по данным Федеральной службы государственной статистики (<http://www.gks.ru/>), информационного ресурса Cbonds (<http://www.cbonds.info>).
3. *Датиева И. К.* Дезинтермедиационные процессы как основа имплементации института секьюритизации в систему финансирования промышленного предприятия. // Вестник Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета (Вестник ИНЖЭКОНА). Серия: «Экономика». Выпуск 5. 2010.

УДК [504.056:656 + 656.073] (470.65)

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРНОГО РЕГИОНА

Хадиков М. К., аспирант

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)

Владикавказ, Российская Федерация

e-mail: khadikoff@mail.ru

Анализируется возможность использования наклонного лифта как части смешанной транспортной системы в горном регионе; описаны преимущества такой системы, способы ее реализации. Предложена методика сравнительного анализа экологии транспортных систем различного типа и их влияния на устойчивое развитие горных территорий. Даны конкретные рекомендации по внедрению наклонных лифтов в горных условиях РСО-Алания.

Analyzes the opportunity of using the inclined elevator as a part of mixed system in mountain region; described the benefits of such a system, methods of its realization. Proposed the methodology of comparative analysis of the transport systems ecology in various types and its impact on the sustainable development of mountain areas. Provided specific recommendations for the implementation of the inclined elevators in the mountains of the republic North Ossetia Alania.

Ключевые слова: *наклонный лифт, транспорт, горные условия, экология РСО-Алания, методика, сравнительный анализ, показатель техногенности.*

Сложность горных территорий выражается, в частности, в том, что конечные пункты: промышленные объекты, туристические базы и т. п., часто находятся непосредственно в горах, на различных высотах по отношению к уровню моря.

Сложность транспортирования груза и людей часто тормозит развитие промышленности и рекреационных возможностей горного региона, является препятствием для наиболее полного освоения природных ресурсов. Таким образом, для устойчивого гармоничного развития горного региона необходимо иметь транспортную систему, которая удовлетворяла бы современным требованиям (скорость, экологическая чистота и т. п.) [1].

Одним из способов совершенствования транспортной системы горного региона является использование наклонных грузопассажирских лифтов.

Существует "теория лифта", согласно которой гробница в пирамиде фараона «Хеопса» – один огромный одноразовый лифт, который, возможно, был первым в мире лифтом в принципе. Также, есть предположение, что наклонные грузовые лифты использовались для строительства гигантских пирамид возле Меридова озера в Египте. Лифты эти, впрочем, как и сами пирамиды, до нашего времени не сохранились [2].

Наклонные грузопассажирские лифты с успехом применяются в основном на открытых пространствах для перемещения людей или грузов на большие расстояния и высоты, например, между верхней точкой склона горы (отелем) и нижней точкой (пляжем на берегу моря или реки). Также возможно предусмотреть промежуточные остановки. Приводы и

электрооборудование таких лифтов рассчитано на работу в неблагоприятных погодных условиях, при осадках и колебаниях температуры от -20°C до $+45^{\circ}\text{C}$. В зависимости от сферы применения наклонный лифт может иметь особый уникальный дизайн кабины. Это может быть панорамная (стеклянный куб), полукруглая (сфера) или просто металлическая кабина с небольшими окнами.

Специфика горных условий во многих случаях приводит к необходимости применения интермодальных (смешанных) перевозок, несмотря на сравнительно короткие расстояния (например, сочетание автомобильных и канатных дорог с соответствующими видами транспорта). Рассматривая далее в качестве примера горные территории республики Северная Осетия-Алания (далее по тексту РСО-Алания), можно отметить, что, несмотря на довольно широкое распространение в республике смешанных перевозок, тем не менее существуют большие резервы оптимизации применения различных видов транспорта в конкретных транспортных системах объединенных общим функциональным назначением.

На фоне предстоящего развития в горных регионах рекреационных зон и туристической индустрии возникают задачи эффективного использования современных экологически чистых видов транспорта. Одним из таких видов является наклонный грузопассажирский лифт, который может найти достаточно широкое применение для доставки отдыхающих и грузов в конечный пункт назначения и их дальнейшего перемещения.

В РСО-Алания имеются уникальные природные творения и красивейшие места, например, такие как: Мидаграбинские водопады, Цейский ледник и др. Доступ к этим достопримечательностям не всегда является простым и комфортным. Например, чтобы добраться до базы в Цее (см. рис. 1) необходимо, в частности, преодолеть подъем, ("серпантин" на участке *a-b*), на котором набирается высота приблизительно 650 м [3].

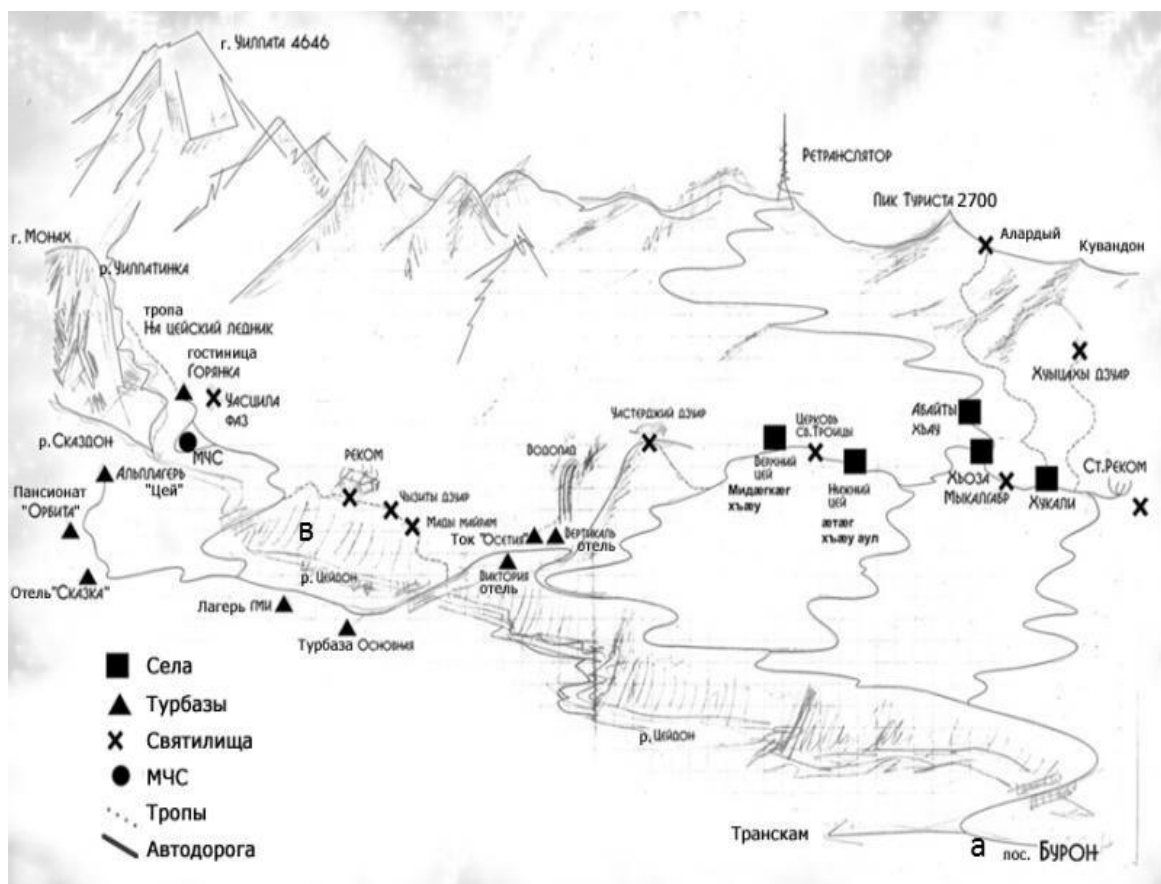


Рис. 1. Карта маршрута Бурон–Цей (РСО-Алания)

Этот участок является наиболее дискомфортным по целому ряду причин. Преодоление этого участка пути на автомобиле сопряжено не только с напряженным состоянием водителя, существенной тратой бензина, опасными поворотами, преодолением нарушенных (например, размытых) участков дороги, но и с интенсивным проявлением всех экологически вредных последствий применения автомобильного транспорта: загрязнением воздуха выхлопными газами, заражением придорожной полосы вредными веществами сгорания бензина, акустическим загрязнением, действующим не только на людей, но и на животный мир и т. п. [4].

Недостаточное развитие туристической индустрии этого района объясняется, в частности, описанными факторами транспортного дискомфорта.

Положение может радикально измениться, если на указанном участке установить наклонный грузопассажирский лифт. На рис. 2 показан вариант наклонного грузопассажирского лифта, который может быть открытым или расположенным в жестком канале прямоугольного (или круглого) сечения, выполненным из прочного прозрачного материала. По каналу двигаются кабины, число которых определяется пропускной способностью лифта.

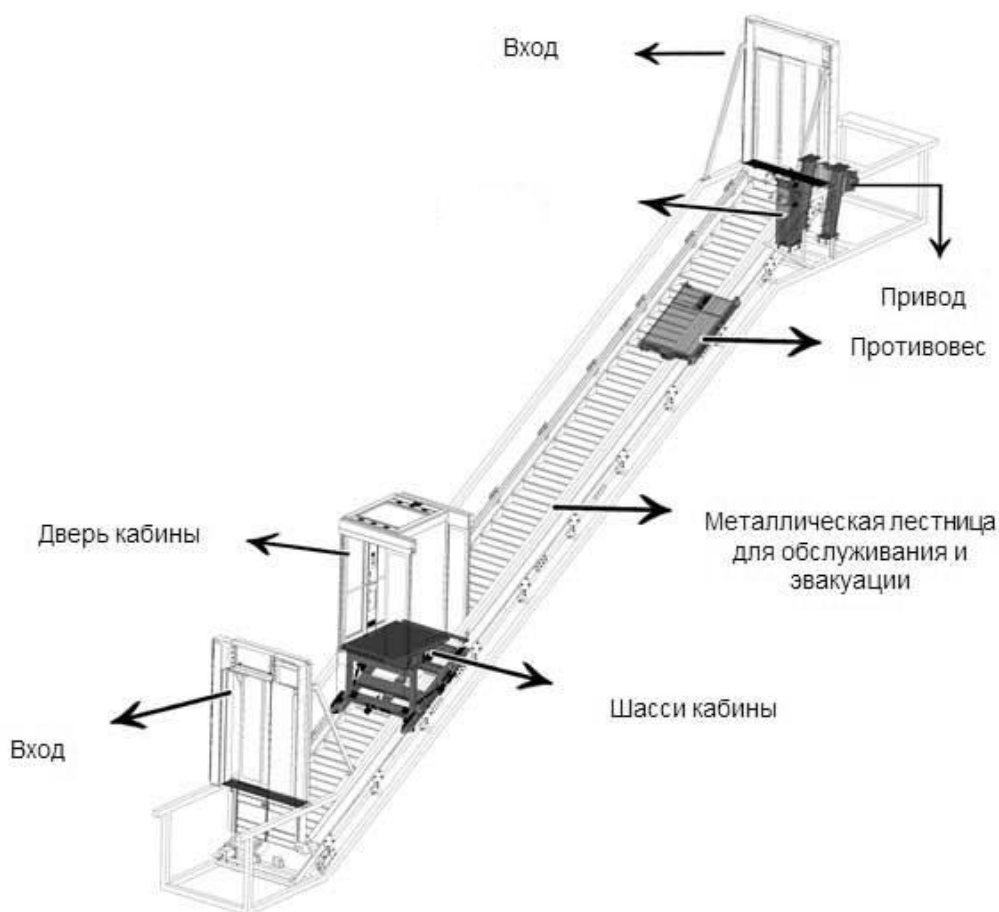


Рис. 2. Схематическое устройство наклонного лифта

Наклонный лифт имеет привод, аналогичный приводу эскалатора, противовес, металлическую лестницу для обслуживания и эвакуации (см. рис. 2). Он снабжается необходимой системой автоматического управления, обеспечивающей бесперебойную и безопасную работу [5]. Электромеханическое оборудование лифта в основном повторяет оборудование эскалаторов и поэтому не нуждается в принципиально новой разработке. Лифт не

загрязняет окружающую среду и поэтому является максимально экологичным. Применяемые в наклонных лифтах двигатели характеризуются бесшумной работой, т. е. работа лифта исключает акустическое загрязнение окружающей среды.

В зависимости от технической возможности лифт может быть непрерывным на всем пути от начальной до конечной точки маршрута или состоять из нескольких, объединенных пересадочными станциями участков.

Наклонный лифт – это оптимальное решение транспортной проблемы для тех областей, где есть склоны и где необходимо осуществлять перевозки между пунктами, находящимися на разных высотах. Наклонный лифт может быть пассажирским, грузовым и грузопассажирским – в зависимости от целей перевозок. Такие лифты можно изготавливать на отечественных предприятиях, выпускающих эскалаторы. В настоящее время наклонные лифты выпускаются такими фирмами как: "Союзлифтмонтаж", "Афонская лифтовая компания" и т. д. Выпускаемые наклонные лифты применимы для склонов от 15 до 75 градусов, грузоподъемность до 2000 кг, скорость до 1,6 м/с, максимальная длина до 1000 м. Лифты можно объединить с помощью пересадочных станций в единую транспортную систему наклонного перемещения грузов и пассажиров.

Наклонные лифты отличаются также более эффективным использованием энергии из-за отсутствия необходимости перемещения приводного устройства (двигателя) вместе с полезным грузом.

Ограниченность размеров горных территорий, специфика природного рельефа и богатство биогеноценоза диктуют повышенные требования к экологии транспортных систем. Для оценки экологической чистоты транспортных систем различных типов предлагается методика, схематически изображенная на рис. 3.

В соответствии с рис. 3 техногенные проявления функционирования ТС разных типов оцениваются по отклонениям техногенных характеристик от нормированных (допустимых) значений, например, загрязнение воздуха, воды, нарушение природного ландшафта и др. Количественной оценкой проявления того или иного $K_{\text{тг}}$ техногенного фактора является отношение:

$$\delta_{AK} = \frac{A_{\text{кд}} - A_{\text{н}}}{A_{\text{н}}} \quad (1)$$

где $A_{\text{кд}}$ и $A_{\text{н}}$ – действительное (измеренное или вычисленное) и нормированное значения техногенного фактора $A_{\text{к}}$, вызываемое функционированием k -ой транспортной системы (транспортным системам различного типа присвоены порядковые номера 1, 2, ..., n) при $\delta_{\text{к}} \geq 0$.

На рис. 3: $A_{\text{кд}}$ и $D_{\text{кд}}$ – действительное (измеренное или вычисленное) значение соответствующих экологических факторов k -ой транспортной системы;

$T_{\text{к}}$ – интегральный (суммарный) показатель техногенности k -ой транспортной системы;

$A_{\text{н}}, \dots, D_{\text{н}}$ – нормированные пределы допустимых значений факторов.

Цель сравнительного анализа экологии транспортных систем различного типа заключается в том, чтобы по вычисленному интегральному (суммарному) показателю техногенности $T_{\text{к}}$, определить степень экологической чистоты соответствующей транспортной системы. Показатель $T_{\text{к}}$ определяется как сумма относительных отклонений $\delta_{\text{к}}$, определенных с учетом весовых коэффициентов (коэффициентов значимости) соответствующих факторов.

Предложенная методика допускает применение приемов нечеткой математики и сравнение факторов на уровне "больше-меньше", например, при оценке комфортности передвижения пассажиров в различных транспортных средствах и системах.

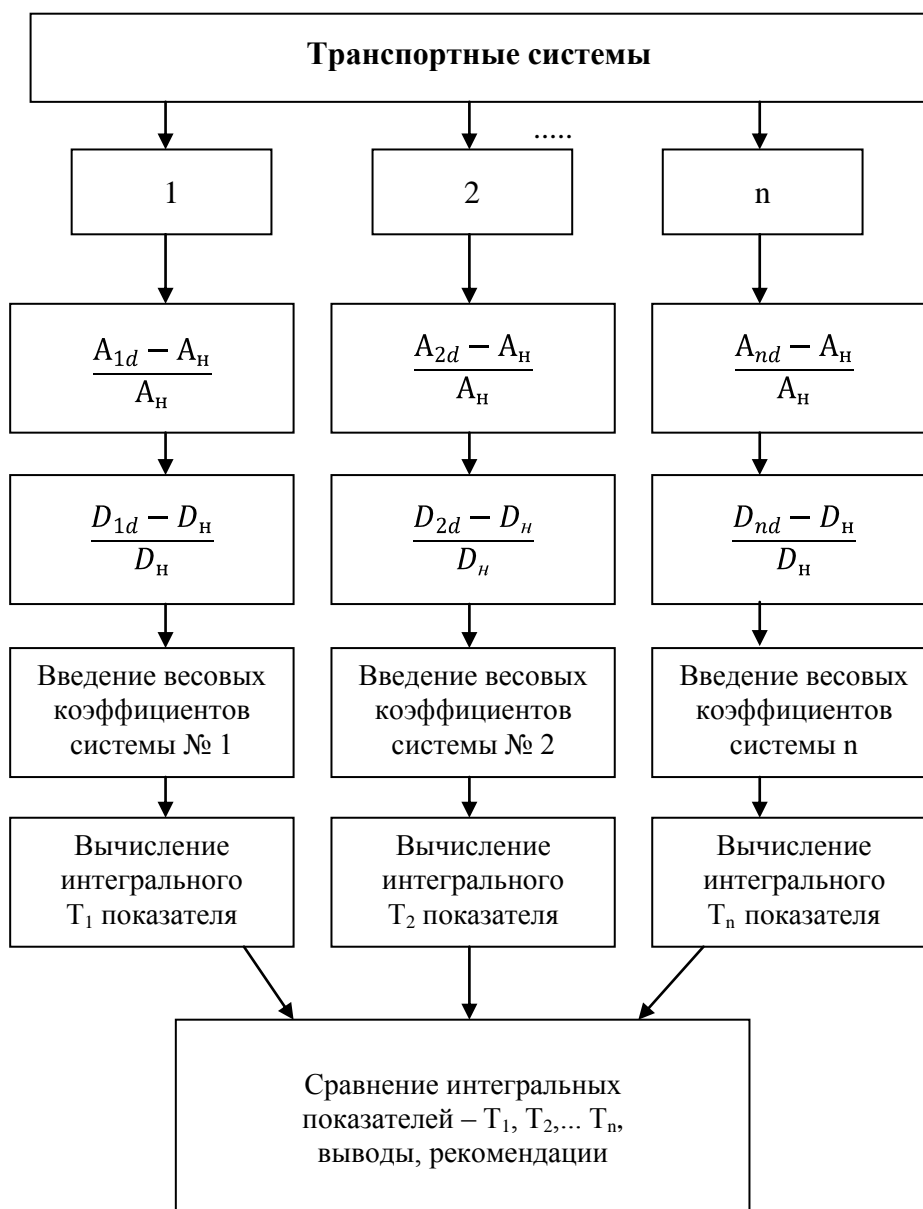


Рис. 3. Методика сравнительного анализа экологии транспортных систем различного типа

Сравнивая по предложенной методике два вида транспорта – автомобильный и с помощью наклонного лифта, в данном конкретном случае можно отметить, что применение наклонного лифта оказывается предпочтительным по всем критериям сравнения. При этом доставка грузов и людей по наклонному лифту оказывается значительно менее затратной, чем при применении автомобильного транспорта. Это наиболее проявляется в том случае, если для энергоснабжения лифта использовать возобновляемые (экологически чистые) источники энергии (ветер, солнце, гидроресурсы). В горной местности всегда существуют естественные энергетические потоки, которые можно использовать для получения и адресного применения энергии, в рассматриваемом случае – для непосредственного электропитания наклонного лифта. Применение наклонного лифта создает большие возможности для эффективного использования источников возобновляемой энергии, которые могут быть расположены вдоль всей протяженности наклонного лифта. При этом получаемая энергия может непосредственно передаваться в систему энергоснабжения лифта.

Об экологическом преимуществе предлагаемого вида транспорта уже говорилось. Стоит также отметить комфортность, возможность любоваться пейзажами, экономию времени и материальных средств для приезжающих.

Затраты на строительство и обслуживание наклонного лифта конкретно для рассматриваемого участка маршрута Владикавказ–Цей, как показывают предварительные расчеты, могут окупиться в течение 3–4 лет эксплуатации. Аналогичные решения транспортных проблем могут быть использованы и для других туристических комплексов РСО-Алания.

При выборе конкретного маршрута расположения наклонного лифта необходимо особое внимание обратить на возможность возникновения опасных природных аномалий и экологических рисков в прилегающей к лифту территории (сели, камнепады, снежные лавины и т. п.). Необходимо провести ретроспективный анализ возникновения таких аномалий, разработать и реализовать мероприятия, обеспечивающие безопасную и надежную эксплуатацию проектируемого сооружения. Кроме того, необходимо уже на стадии проектирования минимизировать и сделать максимально гармоничными по отношению к окружающей природе те неизбежные изменения природного ландшафта, которые будут сопутствовать применению наклонного лифта в данной местности.

Как видно из приведенной карты (рис. 1), описанное предложение по применению наклонного лифта, как части смешанной транспортной системы в горной местности, может быть использовано на многих маршрутах, связанных с преодолением труднодоступных пунктов, находящихся на различных высотах. Наклонные лифты могут найти применение во многих республиках Северного Кавказа.

Устойчивое развитие горных территорий предполагает прежде всего сохранение и приумножение природного потенциала территорий, что существенно зависит от эффективности и экологических параметров транспортной системы региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моураов А. Г., Лолаев А. Э. Организация управления горными территориями // Научные труды вольного экономического общества России (Устойчивое развитие горных территорий). Т. 153, Москва-Владикавказ 2011, С. 201.
2. [Mitol.ru/index.php/ru/novosti/montazh-liftov-v-afrike.html](http://mitol.ru/index.php/ru/novosti/montazh-liftov-v-afrike.html). Монтаж лифтов в Африке.
3. Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания. Т. 7. Климат. Владикавказ: Проект-Пресс, 2002. 224 с.
4. Караев Ю. И. О мониторинге опасных процессов в горной зоне // Научные труды вольного экономического общества России (Устойчивое развитие горных территорий). 2011. Т. 153, Москва-Владикавказ. С. 16.
5. <http://lifts.ru/product/naklonnie-passazhirskie-lifti-imem-ascensores>. Пример конструкции наклонных лифтов.

УДК 628.349.094.3

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ СИМ-ТРИАЗИНОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ НА ПРИМЕРЕ АТРАЗИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Хандархаева М. С., канд. техн. наук

Батоева А. А., д-р. техн. наук, доцент

Асеев Д. Г. канд. хим. наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Байкальский институт природопользования Сибирского отделения

Российской академии наук

Улан-Удэ, Российская Федерация

e-mail: abat@binm.bscnet.ru

This work is aimed at water decontaminating from s-triazine herbicide residues by using sulphate radical based homogeneous advanced oxidation technologies (SR-AOTs) involving persulphate ($S_2O_8^{2-}$) as an oxidant, ferrous iron (Fe(II)) as a catalyst and solar light irradiation as a light source. Atrazine (ATZ), a widely used herbicide in agriculture, was chosen as model molecules for this study. The experiments were carried out in sunlight in the compound parabolic collector (CPC). The results showed high efficiency of solar-assisted catalytic oxidation process. ATZ was fully degraded in 10min for an initial ATZ concentration of 4 mg l^{-1} and an $[S_2O_8^{2-}]: [ATZ]$ molar ratio of 42.1:1.

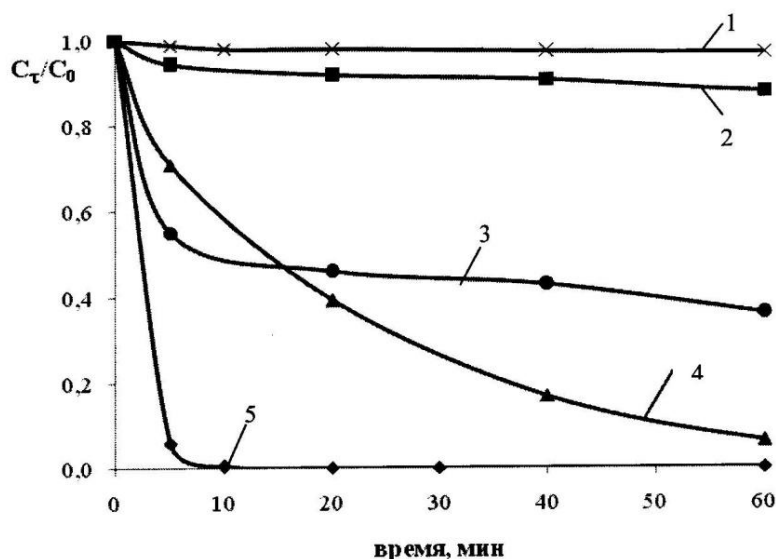
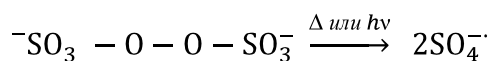
Горные территории являются важнейшей водогенерирующей и водосберегающей экосистемой, где формируется поверхностный и подземный сток, питающий горные реки, предгорные водохранилища, а также подземные карстовые и артезианские бассейны [1, 2]. Играя чрезвычайно важную роль в обеспечении водными ресурсами большей части населения мира, горные территории являются вместе с тем хрупкой природной системой. Возросшее в последние десятилетия антропогенное воздействие на данные территории ведет к существенному изменению как водных запасов и гидрологического режима, так и качества вод [3]. В связи с развитием горного земледелия чрезмерная мелиорация негативно сказалась на состоянии почв в некоторых регионах [4]. В частности, актуальной проблемой экологии Северного Кавказа сегодня является переуплотнение почвы и уменьшение её впитывающей способности, вследствие чего значительная часть органических удобрений и пестицидов смывается в водотоки. Кроме того, существует риск загрязнения как слабо защищенных грунтовых вод, так и глубоких водоносных горизонтов. Наибольшую группу (до $40 \div 50 \%$) пестицидов составляют гербициды. По масштабам производства и потребления сим-триазины – одна из ведущих групп гербицидов в силу их эффективности и дешевизны [5]. В то же время известны разнообразные негативные последствия использования триазиновых гербицидов как на растительные, так и на животные организмы. Так, например, широко используемый гербицид атразин даже при низких (следовых) концентрациях в воде вызывает феминизацию амфибий и нарушает эстральный цикл у различных линий крыс. Поскольку триазиновые гербициды на сегодняшний день остаются неотъемлемой частью сельскохозяйственных технологий, то речь идет не об отказе их использования, а прежде всего – о необходимости точного дозирования и поиска оптимальных методов обезвреживания в случае нежелательного распространения.

Для эффективной деструкции микрополлютантов вод в условиях “in situ” перспективны комбинированные окислительные методы (Advanced Oxidation Processes (AOPs)) [6]. AOPs основаны на использовании в качестве окислителей активных форм кислорода – гидроксильных $\cdot\text{OH}$ ($E^0 = 2,38$ В) и сульфатных анион-радикалов $\text{SO}_4^{\cdot-}$ ($E^0 = 2,6 \div 3,1$ В), образующихся при активации пероксосоединений, в частности, персульфатов ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) [7]. С точки зрения энергоэффективности и экологичности проведения процесса, использование естественного солнечного излучения для интенсификации окислительных превращений поллютантов является актуальным направлением исследований [8].

Целью настоящей работы является сравнительное исследование кинетики разложения атразина персульфатами под действием естественного солнечного излучения. В качестве катализатора фотохимического окисления были использованы ионы железа (II).

Экспериментальная установка включала в себя проточный трубчатый реактор, перистальтический насос, с регулируемой подачей потока, и усреднитель. Реактор состоял из объединенных между собой 5 кварцевых приемников излучения, каждый из которых помещался в фокус составного парабола-цилиндрического концентратора. Скорость потока обрабатываемого раствора и объем составляли 1 л/мин и 1 л, соответственно. Интенсивность солнечного излучения с длинами волн $280 \div 380$ нм в среднем составляла 34 Вт/м².

На рисунке представлены кинетические зависимости окисления атразина в различных окислительных системах. Очевидно, что вклад реакций прямого фотолиза на деструкцию атразина незначителен (кривая 2). Активации персульфатов солнечным излучением (кривая 4) позволяют добиться 93 % конверсии атразина за 60 мин, что вероятно объясняется образованием $\text{SO}_4^{\cdot-}$ при термическом и фотолитическом распаде слабой ковалентной связи $-\text{O}-\text{O}-$ по реакции:



Конверсия атразина в различных окислительных системах.

$C_{\text{атразин}} = 4$ мг/л, $\text{Fe}^{2+} = 5$ мг/л, $[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]/[\text{атразин}] = 42.1 : 1$.

1 – $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$; 2 – Solar; 3 – $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Fe}^{2+}$; 4 – $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Fe}^{2+}$, 5 – $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Fe}^{2+} + \text{Solar}$

При активации персульфатов ионами Fe^{2+} , без светового воздействия (кривая 3), увеличивается начальная скорость окисления в течение первых 5 мин, однако дальнейшая обработка не приводит к повышению степени конверсии, что связано с расходом

ионов Fe^{2+} . Конверсия субстрата не превышает 60 %. Дополнительное фотоинициирование существенно ускоряет процесс разрушения и позволяет добиться полной конверсии атразина в течение первых 10 мин обработки (кривая 5). Кроме того, при фотоактивации происходит и минерализация промежуточных продуктов окисления. Снижение содержания общего органического углерода (ООУ) при фотокаталитической двухчасовой обработке атразина достигло 20 %, в то время как в других окислительных системах снижение ООУ не наблюдалось.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования солнечного излучения в комбинированных окислительных методах и необходимости проведения дальнейших исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 14-14-00279.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бероев Б. М.* Горы служат людям. М.: Мысль, 1983. 125 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году». М.: НИИ-Природа, 2010. 288 с.
3. Доклад на Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де Жанейро, 3–14 июня 1992 года. ООН, Нью-Йорк, 1993.
4. *Гулиев А. Г., Самофалова И. А., Мудрых Н. М.* // Пермский аграрный вестник. 2014. № 4 (8). С. 32–43.
5. *Горбатова О. Н., Жердев А. В., Королева О. В.* // Успехи биологической химии. 2006. Т. 46. С. 323–348.
6. *Pera-Titus M., García-Molina V., Baños M. A., et al.* // Appl. Catal. B – Environ. 2004. V. 47. P. 219–256.
7. *Сузых М. Р., Батоева А. А.* // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 232–246.
8. *Tsydenova O., Batoev V., Batoeva A.* // Int. J. Res. Public Health. 2015. V. 12. P. 9542–9561.