

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 421 (2017), 112 – 119

F. V. Shestakov

LLP "OBIS" Almaty, Kazakhstan.

E-mail: feoshestacov@yandex.kz

## CONDENSING MINE WATER

**Abstract.** This article gives an overview of information on condensing mine water over the last 65 years. It is noted that the creation of a new concept of condensing mine water formation is a major scientific contribution to the theory of atmospheric humidity condensation in mines and grooves, analyzed the methods and techniques of studies of atmospheric humidity condensation inclusive of mining rocks hygroscopicity, noted that implementation in practice of the equipment and mechanisms established on basis of a new concept, has significantly improved the microclimate of mines and grooves, where they are tested, to use reasonable inexhaustible supplies of cold accumulated in the rocks and heat of condensation.

**Keywords:** a new concept of condensing mine water formation, condensation of atmospheric humidity in mine air, heat power mass exchange, hygroscopicity and hygroscopic point, physical phenomena governing the interaction of coexisting phases in humidity condensation and opening of condensation process repeatability, microclimate of mines and prospects for its control.

УДК 007.3

Ф. В. Шестаков

ТОО "ОБИС", Алматы, Казахстан

## КОНДЕНСАЦИОННЫЕ РУДНИЧНЫЕ ВОДЫ

**Аннотация.** Выполнен обзор информации по конденсационным рудничным водам за последние 65 лет. Отмечено, что создание новой концепции формирования конденсационных рудничных вод является крупным научным вкладом в теорию конденсации атмосферной влаги на рудниках и шахтах, проанализированы методы и приемы исследований конденсации атмосферной влаги с учетом гигроскопичности рудничных пород, отмечено, что внедрение в практику оборудования и механизмов, созданных на основе новой концепции, позволило существенно улучшить микроклимат рудников и шахт, где они апробированы, рационально использовать неисчерпаемые запасы холода, аккумулируемого в горных породах и теплоту конденсации.

**Ключевые слова:** новая концепция формирования конденсационных рудничных вод, конденсация атмосферной влаги в рудничном воздухе, теплоэнергомассообмен, гигроскопичность и гигроскопическая точка, физические явления, определяющие взаимодействие сосуществующих фаз при конденсации влаги и открытие повторяемости конденсационного процесса, микроклимат рудников и перспективы его управлением.

**Введение.** Очередной разновидностью конденсационных формирований природы являются рудничные воды, появляющиеся в результате конденсации в рудничном воздухе.

Что мы понимаем под термином «конденсационные рудничные воды»?

Буквально – это воды появляющиеся в шахтах и рудниках при наличии условий, способствующих конденсации атмосферной влаги. Известно, что при добыче полезных ископаемых горнякам часто приходится иметь дело с различными формами водных потоков. Сюда относятся: грунтовые и артезианские воды, инфильтрационные воды и др. При этом в шахтах и рудниках особое место, занимают конденсационные рудничные воды, вызванные к жизни непосредственным вмешательством человека в природные процессы.

Согласно определению, конденсационные рудничные воды – это воды, периодически возникающие в горных соляных выработках и карстовых пещерах из капель («капели»), влажных и мокнущих пятен и струек на стенках шахт и камер. Такие периодические шахтные воды у горняков известны под названием «вентиляционных рассолов».

Актуальность поднимаемой проблемы, бесспорна.

Общеизвестно, что дальнейшее освоение природных богатств, топлива и энергии будет по-прежнему осуществляться за счет увеличения добычи полезных ископаемых.

В настоящее время активно развивается добыча нерудного сырья подземным способом. Ведется проектирование и строительство новых рудников Верхнекамского месторождения калийных руд, рудника месторождения Сатимолла в Казахстане, Декханабадского завода калийных удобрений в Узбекистане. Освоение Гремячинского месторождения – это первый за последние годы реализуемый проект освоения нового калийного месторождения на территории СНГ и в Европе.

Высокие темпы развития добычи нерудного сырья подземным способом предъявляют особые требования к обеспечению эффективного и безопасного горного производства, важнейшим условием при реализации которого являются учет конденсационных процессов, газовые факторы и климатические параметры рудничного воздуха.

В условиях перехода к рыночной экономике, а особенно в условиях реальных рыночных отношений, достоверность прогноза безопасности горных работ по газовому и конденсационному факторам приобретает конкретный экономический смысл.

Пренебрежение безопасностью горных работ по этим показателям приводит к крупным авариям, которые наносят ущерб владельцам шахт и рудников. С другой стороны, системный подход к данной проблеме может уменьшить вероятность возникновения аварий, а достоверный прогноз развития конденсационных процессов и газовыделений может существенно снизить расчетное количество воздуха для проветривания очистных и подготовительных участков, что уменьшает эксплуатационные затраты на вентиляцию шахт при сохранении высокого уровня безопасности горных работ.

Если среди почвоведов и гидрогеологов до сих пор продолжаются нескончаемые споры и дискуссии о значимости конденсации атмосферной влаги в различных природных процессах, то в рудниках и шахтах шахтные воды с давних времен приносят значительный ущерб, сопровождаемый часто гибелью людей.

Появление рудничных (шахтных) вод объясняется конденсацией водяного пара в местах усиленного поступления вентиляционного воздуха: в соляных выработках благодаря гигроскопичности соли и разности температур влага вентиляционного воздуха переходит в раствор и образует рассолы. Конденсационные рассолы обычно образуются в летний период, когда насыщенный влагой теплый воздух поступает в более холодные подземные выработки.

Вода создавала не только проблему в работе, но и реальную угрозу жизни для шахтеров, что еще в прошлых веках подвигало изобретателей создавать системы откачки и ликвидации водяной опасности.

В это же время на борьбу с этим бедствием были привлечены лучшие научные силы РАН. Прохождение процессов конденсации и хемосорбции в пещерах и рудниках, заложенных в породах повышенной гигроскопичности (каменная и калийная соли, сода и пр.), отмечали в середине прошлого века Г. А. Максимович, Г. В. Короткевич, Ю. П. Еременко, Г. В. Бельтюков и ряд других исследователей [1-4].

Высокие темпы развития калийной промышленности во второй половине 20 века, стали предъявлять особые требования к обеспечению эффективного и безопасного горного производства, важнейшим фактором которого являются климатические параметры рудничного воздуха. Растворимость калийных солей и связанная с ней опасность проникновения воды и рассолов в подземные выработки требуют тщательного обоснования тепло-влажностного режима горных выработок. В теплое время года в шахтных сетях калийных рудников происходит конденсация водяного пара на стенках горного массива. Влага, выпадающая в большом количестве, образует агрессивную среду, которая ухудшает условия труда, отрицательно воздействует на шахтное оборудование, транспорт, дорожное покрытие, конденсационные рудничные воды вызывают затоплению выработок. Интенсивная коррозия и разрушение металлических конструкций, пробуксовка и возгорание сырых конвейерных лент на приводных барабанах создают опасную ситуацию на производстве.

В 70-х годах прошлого столетия бедственным положением микроклимата рудников заинтересовался надолго и всерьез тогда еще молодой ученый Борис Петрович Казаков, ставший впоследствии ведущим исследователем Пермского Национального Исследовательского Политехнического Института.

Начав в 1971 году с изучения взаимодействия рудничной калийной соли и влаги, он досконально разобрался в очень сложном механизме межфазовых превращений атмосферной влаги воздуха в целые подземные озера рудничных рассолов. Начав с малого, он разработал теорию формирования микроклимата рудников. После тридцати лет исканий, ювелирных экспериментов, лабораторных исследований блестяще защитил докторскую диссертацию, создал научную школу и с помощью учеников и сподвижников реализовал свои разработки на ряде рудников. [5]

*В чем же новизна его теории?* Проведя анализ обширной исходной научной и производственной информации Б. П. Казаков установил, что количество влаги, выпадающей из вентиляционного воздуха при движении его по выработкам, пройденным в породах с гигроскопическими свойствами, определяется не распределением потенциала влагопроводности в массиве, как это описано при массообмене для испарения со стенок выработок в угольных шахтах, а низким значением парциальных давлений водяных паров у поверхности выработок, что вызвано высокой гигроскопичностью и водорастворимостью пород калийных рудников.

Это открытие и стало отправной точкой в исследовании возможности управления конденсационными процессами и микроклиматов рудников с огромным экономическим эффектом. Б. П. Казаков основывался на том, что нынешние предприятия имеют мощные теплотехнические системы для подогрева атмосферного воздуха, сооружение которых составляют значительные денежные затраты, а расходы энергии на подогрев и его перемещение – до 10–20 МВт в год, что составляет почти 30% от общих затрат на добычу полезных ископаемых [5-10].

В теплый период года изменение микроклимата приводит к значительному увеличению затрат на поддержание транспортных выработок в рабочем состоянии и обеспечение условий безопасной эксплуатации транспорта и оборудования. Решение этих проблем возможно при широком использовании практически неисчерпаемых природных запасов холода атмосферы, энергии горных пород и создании экономичных, надежных и высокоэффективных ресурсосберегающих технологий подготовки атмосферного и обработки рудничного воздуха для сложных пространственных вентиляционных сетей.

Сегодня все эти вопросы в научном плане разработаны недостаточно глубоко, далеки от использования на практике, а поэтому их решение приобретает особую актуальность и имеет большое теоретическое, экономическое и социальное значение.

Опираясь на эти основополагающие положения, Б. П. Казаков и его сподвижники разработали средства нормализации и управления климатом в выработках калийных рудников при снижении энергетических затрат на вентиляцию рудников, материальных и трудовых ресурсов при эксплуатации выработок и оборудования шахт и рудников на основе развития теории тепломассообмена и создания ресурсосберегающих технологий подготовки атмосферного и обработки рудничного воздуха в узлах пространственных вентиляционных сетей [5-10].

А также реализовали идею о комплексном использовании традиционных и нетрадиционных источников энергии для создания энергосберегающих систем ступенчатого регулирования и управления микроклиматом шахт и рудников с учётом особенностей процессов взаимодействия

вентиляционных потоков при их движении по горным выработкам с энергетически активной средой гигроскопичных пород.

На основе выше перечисленного создается оригинальная математическая модель сопряжённого теплообмена между потоком рудничного воздуха и горным массивом для нестационарной цилиндрической задачи, позволяющая исключить при расчёте параметров микроклимата коэффициенты нестационарного теплообмена, а использовать только фундаментальные коэффициенты (теплопроводность, температуропроводность, теплоёмкость).

Математическая модель доказывает необходимость, применения новой концепции ступенчатого распределения систем обработки воздуха, с пространственным расположением теплообменных модулей в узлах вентиляционной сети с учётом особенностей теплообмена и миграции конденсационной влаги по выработкам рудников.

Также Б. П. Казаковым была разработана объединённая математическая модель процессов движения и смешивания струй с различными термодинамическими параметрами и произвольным расположением их по отношению к сносному потоку на основе турбулентного теплопереноса с учётом их динамического расширения и взаимного влияния при движении объединённого потока в воздухоподающих стволах.

Подробно рассмотрены процессы увлажнения поверхностей при миграции конденсационной влаги по выработкам рудников с гигроскопическими поверхностями с учётом суточных и сезонных колебаний парциального давления водяных паров в бинарной смеси и переменной сорбционной активности окружающих горных пород и принципы создания условий для накопления энергии в стратифицированных растворах солей и методы искусственной «закачки» холода с учётом турбулентной конвекции на основе решения системы уравнений для однокомпонентной жидкости при слабой конвекции в рамках модели второго порядка [5-10].

Со времени начала активного изучения причин формирования конденсационных рудничных вод прошло немногим больше 65 лет.

Большое число ученых и производственников (Исаченко В. Н., Терехов В. В., Шаров К. А.) уделяли огромное внимание непосредственно изучению механизму превращений атмосферной влаги в рудничные конденсационные воды, связывая в единый процесс тепло и конденсацию [11, 12].

В дальнейшем, российскими учеными (Казаков Б.П., Медведев И.И., Щербань, Дударь Е.С., Власов Д.В., Левин Л.Ю. и многие другие) были разработаны научные основы фильтрационно-диффузионных методов прогноза газовыделений и конденсационных газовых ситуаций в горных выработках, основанные на использовании фундаментальных законов термодинамики и физической химии, что существенно повысило достоверность прогноза происходящих явлений.

Теперь, при разработке месторождений нерудных полезных ископаемых (особенно калийных и соляных) важное место отводится исследованиям взаимодействия атмосферной влаги из нагретого воздуха и рудничных пород.

Детальное изучение влияния гигроскопичности пород на процесс конденсации влаги в рудничной вентиляционной сети было сделано доцентом Пермского Государственного университета Еленой Сергеевной Дударь [13-17].

Представленные ей результаты численного эксперимента и натуральных наблюдений позволяют довольно точно оценить влияние гигроскопичности горных пород на активность конденсационных процессов, оценить количество выпадающей в руднике влаги и размер зоны конденсации, а также выяснить некоторые закономерности ее формирования.

Натурные наблюдения на конкретных объектах подтвердили, что в теплое время года происходит охлаждение наружного воздуха, поступающего в вентиляционную сеть рудника. При этом содержащиеся в воздухе водяные пары конденсируются, выпадая в виде влаги на стенках горного массива.

По результатам исследования отмечено, что при малых значениях гигроскопической точки, выпадает большее количество влаги, до 12 000 т, при постоянном размере зоны конденсации равным 5 км [17].

Конденсация может иметь место в любых проветриваемых подземных сооружениях, скважинах, пустотах, но в наибольшей степени она характерна для неглубоких калийных рудников, в которых процесс усиливается в связи с высокой гигроскопичностью пород. Влага и соль образуют

агрессивную среду, которая отрицательно воздействует на шахтное оборудование, уменьшает несущую способность целиков, ведет к затоплению выработок. В условиях повышенной гигроскопичности горных пород необходима обработка воздуха, чтобы уменьшить или полностью исключить выпадение влаги из воздуха [14-16].

При этом выяснилось, что по данной проблеме в смежных науках имеются определенные наработки [18, 19]. Точка зрения этих ученых основывается на том, что физико-химические свойства тонких слоев жидкости существенно отличаются от её свойств в объемной фазе.

Считается, что в случае системы «твердое тело – вода» влияние поверхности фазового раздела на структуру жидкости способно передаваться от слоя к слою по некоторому цепному механизму так, что образуется непрерывный ряд переходных состояний от кристаллической решетки до насыщенного раствора [19].

Таким образом, на гигроскопичной поверхности будет образовываться насыщенный раствор соли с переменной концентрацией. И если по закону Рауля парциальное давление насыщенного пара над раствором всегда меньше, чем над чистым растворителем, то над адсорбированным слоем оно будет еще меньше, что ведет к интенсификации процесса поглощения влаги из воздуха [18].

Модель «адсорбированного слоя» является более сложной, так как в ней наряду с разбавлением насыщенного раствора (конденсация) учитывается одновременно происходящее растворение твердой фазы. При этом сорбированная вода рассматривается как насыщенный раствор соли с постоянной при данной температуре упругостью водяных паров над ним.

Таким образом, увлажнение соли происходит, когда парциальное давление паров воды в окружающей атмосфере больше упругости пара над насыщенным раствором той же соли при той же температуре [18].

Учитывая количественно гигроскопичность через критическую относительную влажность (гигроскопическую точку), то есть влажность, при которой начинается выпадение влаги из воздуха.

Для оценки этого влияния гигроскопичности пород на процесс конденсации рассматривалась модельная задача, в которой рудничную сеть моделировали системой параллельных выработок.

Наблюдаемое явление многократной конденсации атмосферной влаги при возникновении соответствующих условий носит универсальный характер.

Исследования Е. С. Дударь показали, что гигроскопичность пород оказывает существенное влияние на процесс конденсации.

В своих исследованиях в Красной пещере под г. Симферополь В. Н. Дублянский неоднократно наблюдал внутри суточное повторение конденсации в среднем до 15 раз в сутки, а Н. Ф. Лукин обнаружил это явление при изучении конденсации в почвогрунтах, где этот процесс повторялся более двадцати раз в сутки.

В семилетнем эксперименте гидрогеологов ялтинской экспедиции с щебнистым материалом объемом 22 кубометра они получали по 12 литров в сутки конденсатной воды, причем процесс возобновлялся только на третьи сутки. Исследования этого процесса были, к сожалению, прерваны в связи с перестроечным прекращением финансирования.

Для рассмотрения проблематики рудничных вод представляют большой интерес для внедрения в практику освоения месторождений данного плана научные разработки и рекомендации Л. Ю. Левина [20, 21].

Его предложения таковы. В летний период существующие при каждом воздухоподающем стволе калориферные установки могут быть использованы для охлаждения и осушения воздуха. Принцип действия таких установок заключается в подаче охлажденного хладоносителя в трубки воздухонагревателей, где влажный воздух, соприкасаясь с холодными стенками трубок, подвергается осушению и охлаждению. Холодный рассол или другой хладоноситель из рассолосборника через фильтр подается в теплообменник. Насосом в калориферную установку подается циркулирующая в этом кольце охлажденная вода. Осушенный воздух после воздухоохладителей по калориферному каналу поступает в ствол, где смешивается с необработанной частью воздуха. Преимущества данного метода заключаются в минимальной реконструкции калориферной и использовании её в течение всего года.

Особенностью расчета теплообменных аппаратов, работающих на охлаждение воздуха, является выделение тепла при конденсации водяных паров, которое идет на дополнительный нагрев воды.

Математическое описание осушения воздуха в калориферных установках было использовано для создания программы расчета калориферных установок в летнее время, которая позволяет спрогнозировать основные режимы работы установок, то есть температуры воздуха и хладагента на выходе из теплообменных аппаратов, критическую температуру воздуха и количество выделяющейся при этом влаги.

Следует учитывать, что системы обогрева воздухоподающих стволов с использованием газовых теплогенераторов, разработанные на основе средств трехмерного численного моделирования воздушных потоков, учитывающие индивидуальные аэродинамические особенности поверхностного комплекса и обеспечивающие работу теплообменного оборудования в условиях конденсационного режима теплообмена при максимальном коэффициенте использования топлива.

Как правило, в существующих системах воздухоподготовки атмосферный воздух подогревается в калориферных установках, теплоносителем в которых является перегретая вода из тепловых сетей. Потери тепла при транспортировке теплоносителя и перемещении нагретого воздуха в таких калориферных установках составляет 30–50%. Поэтому в последнее время при реконструкции систем обогрева шахтных стволов большой интерес вызывают технологические схемы нагрева атмосферного воздуха с применением газовых нагревателей, что обусловлено сравнительно низкими эксплуатационными затратами, минимальными потерями тепловой энергии и высокой эффективностью использования топлива [20, 21].

Подводя итоги, стоит отметить, что ухудшение экологической ситуации на многих месторождениях калийных солей и безопасных условий труда требует более энергичных усилий для устранения негативных явлений и их последствий, а также быстрого принятия мер по созданию надежных средств защиты окружающей среды от техногенных воздействий.

Во многом ухудшению экологической ситуации способствует формирование конденсационных рудничных вод, которые являются разрушителями целиков, стен и кровли и т.д. Следовательно, решение проблемы обеспечения экологической безопасности и профилактики обуславливает необходимость особого подхода для решения

Данные проблемы, как правило, требуют практических действий и не решаются применением только математического анализа. Актуальность же проблемы, обусловлена как крайней уязвимостью от техногенных факторов одного из важнейших природных ресурсов, так и масштабными последствиями таких особо трудно ликвидируемых подземных бед.

Разработанные на основе новой научной концепции формирования конденсационных рудничных вод рекомендации имеют социальный и экологический эффект, могут дать большую экономию. Их следует внедрять на рудниках и шахтах СНГ, в частности, в Казахстане, например, на месторождениях типа Сатимола.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии / Составитель А. А. Маккаев, редактор О. К. Ланге. – М.: Гостоптехиздат, 1961.

[2] Короткевич Г.В. Карст и трещинно-карстовые воды на Северном Урале: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Л., 1949. – 22 с.

[3] Короткевич Г.В. Соляной карст. – Л., 1970. – 256 с.

[4] Максимович Г.А., Бельтюков Г.В. Формирование и миграция конденсационных рассолов в горных выработках калийных рудников // В сб. Геология и гидрогеология соляных месторождений. – Л., 1972. – 262 с.

[5] Казаков Б.П. Формирование и нормализация микроклимата подземных рудников при разработке месторождений калийных солей: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Пермь, 2001. – 47 с.

[6] Казаков Б.П., Дударь Е.С. Определение интенсивности конденсации влаги в калийных рудниках инженерным методом // Деп. ВНИИИС. – 1987. – № 7590.

[7] Казаков Б.П., Дударь Е.С. О выборе математической модели конденсации влаги в калийных рудниках // Исследования в области обеспыливания воздуха: межвуз. сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во ППИ, 1986. – С. 31-35.

[8] Казаков Б.П., Краснопегейн А.Е. К вопросу о механизме взаимодействия витающей калийной пыли с влагой воздуха // Сб. научных трудов ППИ N 104, 1971. – С. 135-139.

[9] Казаков Б.П. Исследование процессов пылеподавления в калийных рудниках кондиционированием воздуха: Дис. ... канд. техн. наук. – Пермь, 1973. – 215 с.

[10] Казаков Б.П., Дударь Е.С. Постановка краевой задачи теплообмена в выработках калийных рудников // Деп. ВНИИИС. – 1986. – № 6265.

[11] Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. – М.: Энергия, 1977. – 240 с.

- [12] Терехов В.В., Шаров К.А. Тепло- и массообмен при конденсации водяного пара из влажного воздуха // ИФЖ. – 1998. – 7.1, № 5. – С. 788-794.
- [13] Власов Д.В. Прогноз аэродинамических процессов в выемочных камерах при добыче гипса и калийной руды: Автореф. ... канд. техн. наук. – Тула, 2012.
- [14] Дударь Е.С. Исследование процессов тепломассопереноса в калийных рудниках и конденсации влаги в шахтной вентиляционной сети: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тула, 2011.
- [15] Дударь Е.С. Особенности формирования и расчет термовлажностного режима выработок калийных рудников // Вестник МГТУ им Г. И. Носова. – 2009. – № 4. – С. 10-14.
- [16] Дударь Е.С. Влияние гигроскопичности пород на процесс конденсации влаги в рудничной вентиляционной сети // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 3. – 202 с.
- [17] Медведев И.И. Проветривание калийных рудников. – М.: Недра, 1970. – 204 с.
- [18] Кувшинников И.М. Минеральные удобрения и соли: свойства и способы их улучшения. – М.: Химия, 1987. – 256 с.
- [19] Тихонович Х.А. Изучение гигроскопических свойств минеральных солей и удобрений: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – М., 1973. – 18 с.
- [20] Левин Л.Ю. Исследование и разработка энергосберегающих систем воздухоподготовки для рудников: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Пермь, 2004.
- [21] Левин Л.Ю. Теоретические и технологические основы ресурсосберегающих систем воздухоподготовки рудников: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Пермь, 2010.

#### REFERENCES

- [1] Slovar' po gidrogeologii i inzhenernoj geologii / Sostavitel' A. A. Makkaveev, redaktor O. K. Lange. M.: Gostoptehizdat, 1961.
- [2] Korotkevich G.V. Karst i treshhinno-karstovye vody na Severnom Urale: Avtoref. dis. ... kand. geol.-miner. nauk. L., 1949. 22 p.
- [3] Korotkevich G.V. Soljanoj karst. L., 1970. 256 p.
- [4] Maksimovich G.A., Bel'tjukov G.V. Formirovanie i migracija kondensacionnyh rassolov v gornyh vyrabotkah kalijnyh rudnikov // V sb. Geologija i gidrogeologija soljanyh mestorozhdenij. L., 1972. 262 p.
- [5] Kazakov B.P. Formirovanie i normalizacija mikroklimata podzemnyh rudnikov pri razrabotke mestorozhdenij kalijnyh solej: Avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk. Perm', 2001. 47 p.
- [6] Kazakov B.P., Dudar' E.S. Opredelenie intensivnosti kondensacii vlagi v kalijnyh rudnikah inzhenernym metodom // Dep. VNIIS. 1987. N 7590.
- [7] Kazakov B.P., Dudar' E.S. O vybore matematicheskoj modeli kondensacii vlagi v kalijnyh rudnikah // Issledovanija v oblasti obespylivanija vozduha: mezhvuz. sb. nauch. tr. Perm': Izd-vo PPI, 1986. P. 31-35.
- [8] Kazakov B.P., Krasnopogejn A.E. K voprosu o mehanizme vzaimodejstvija vitajushhej kalijnoj pyli s vlagoj vozduha // Sb. nauchnyh trudov PPI N 104. 1971. P. 135-139.
- [9] Kazakov B.P. Issledovanie processov pylepodavlenija v kalijnyh rudnikah kondicionirovaniem vozduha: Dis. ... kand. tehn. nauk. Perm', 1973. 215 p.
- [10] Kazakov B.P., Dudar' E.S. Postanovka kraevoj zadachi teplomassoobmena v vyrabotkah kalijnyh rudnikov // Dep. VNIIS. 1986. N 6265.
- [11] Isachenko V.P. Teploobmen pri kondensacii. M.: Jenergija, 1977. 240 p.
- [12] Terehov V.V., Sharov K.A. Тепло- и массообмен при конденсации водянoго пара из влажного воздуха // ИФЗ. 1998. 7.1, N 5. P. 788-794.
- [13] Vlasov D.V. Prognoz ajerodinamicheskikh processov v vyemochnyh kamerah pri dobyche gipsa i kalijnoj rudy: Avtoref. dis. kan. tehn. nauk. Tula, 2012.
- [14] Dudar' E.S. Issledovanie processov teplomassoperenosa v kalijnyh rudnikah i kondensacii vlagi v shahtnoj ventiljacionnoj seti: Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Tula, 2011.
- [15] Dudar' E.S. Osobennosti formirovanija i raschet termovlazhnostnogo rezhima vyrabotok kalijnyh rudnikov // Vestnik MGTU im G. I. Nosova, 2009. N 4. P. 10-14.
- [16] Dudar' E.S. Vlijanie gigroskopichnosti porod na process kondensacii vlagi v rudnichnoj ventiljacionnoj seti // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. 2011. N 3. 202 p.
- [17] Medvedev I.I. Provetrивание kalijnyh rudnikov. M.: Nedra, 1970. 204 p.
- [18] Kuvshnikov I.M. Mineral'nye udobrenija i soli: svojstva i sposoby ih uluchshenija. M.: Himija, 1987. 256 p.
- [19] Tihonovich H.A. Izuchenie gigroskopicheskikh svojstv mineral'nyh solej i udobrenij: Avtoref. dis. ... kand. him. nauk. M., 1973. 18 p.
- [20] Levin L.Ju. Issledovanie i razrabotka jenergosberegajushchih sistem vozduhopodgotovki dlja rudnikov: Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Perm', 2004.
- [21] Levin L.Ju. Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy resursosberegajushchih sistem vozduhopodgotovki rudnikov: Avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk. Perm', 2010.

**Ф. В. Шестаков**

ЖШС "ОБИС", Алматы, Казахстан

### **КОНДЕНСАЦИЯЛЫҚ КЕНІШ СУЫ**

**Аннотация.** Мақалада соңғы 65 жылда конденсациялық кеніш сулары бойынша ақпараттық шолу жасалған. Конденсациялық кеніш суларын қалыптастырудың жаңа тұжырымдамасын құру кеніштер мен шахталарда атмосфералық ылғалдылық конденсациясы теориясына жасалған үлкен ғылыми үлес болып табылады, ылғал тартқыштық жыныстарын ескере отырып, атмосфералық ылғалдылықтың конденсациясын зерттеу әдістері мен тәсілдері талданған, жаңа тұжырымдаманың негізінде құрылған құралдар мен механизмдердің тәжірибесіне енгізу кеніштер мен шахталардың микроклиматын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік берді деп көрсетілген, онда олар тау жыныстарында және конденсация жылуында шоғырланған суықтың таусылмас қорлары тиімді пайдаланылған, мақұлданған.

**Түйін сөздер:** конденсациялық кеніш суын қалыптастырудың жаңа тұжырымдамасы, кеніш ауасындағы атмосфералық ылғалдылықтың конденсациясы, жылу энергиялық массалық алмасу, ылғал тартқыштық және ылғал жұтқыш нүкте, ылғалдың конденсациясы кезінде қолданыстағы кезеңдердің өзара әрекеттесуін және конденсациялық үдерістің қайталанушылығын ашуын анықтайтын физикалық құбылыс, кеніштердің микроклиматы және оны басқару келешегі.