

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ И ДРУГИХ ВИДОВ ЗАВЕС

Далатишоев С.К.

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

Аннотация. *Геохимические барьеры определяются зоной, в которой на коротком расстоянии происходит резкая смена гидрогеохимических условий миграции химических элементов, изменяются концентрации определенных групп химических элементов, происходит самоочищение подземных вод от этих элементов, а также осуществляется рудообразующая деятельность подземных вод. Подобные барьеры и завесы наблюдаются и на поверхности между водоёмами, где два океана соприкасаются, но не смешиваются между собой. В статье рассматривается процесс отжатия и опреснения подземных минерализованных вод, где между ними появляется гидронапорно-осмотическая завеса в зоне солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС.*

Ключевые слова: *геохимические барьеры, галоклин, солевой пласт, минерализованные воды, концентрация, кондуктометр, отжатие, опреснение, гидронапорно-осмотическая завеса.*

Понятие о геохимических барьерах сформулировано А. И. Перельманом. Геохимический барьер - это зона, в которой на коротком расстоянии происходит резкая смена гидрогеохимических условий миграции химических элементов, что вызывает осаждение этих элементов в твердую фазу [1, с. 193].

В сущности водная миграция большинства химических элементов сводится к прохождению ими через серию гомогенных и гетерогенных барьеров. В этом отношении необходимо иметь в виду два важных положения [1, с. 193]:

- геохимические барьеры возникают не только на границе разных фаз (например, на границе твердой и жидкой фаз), но и в гомогенной среде при изменении: а) Eh—pH условий подземных вод и смещениях в них карбонатных, сульфидных и прочих равновесий; б) концентраций отдельных компонентов химического состава. В зависимости от геохимических особенностей конкретных геохимических

барьеров изменяются концентрации определенных групп химических элементов и, что очень важно — происходит самоочищение подземных вод от этих элементов, а также осуществляется рудообразующая деятельность подземных вод.

- зоны и участки геохимических барьеров могут возникать не только самопроизвольно в естественных (или нарушенных) условиях формирования химического состава подземных вод, но и в результате специальных инженерно-технологических мероприятий при эксплуатации месторождений подземных вод. Это позволяет управлять качеством подземных вод [2].

В последние годы в геохимической литературе всё чаще стали применять термин «геохимический барьер». Этот термин возник при характеристике процессов, протекающих в зоне гипергенеза. С точки зрения автора (А. И. Перельман и др.), его можно понимать в более широком смысле. Само понятие еще требует

значительного уточнения, но идея является плодотворной, так как речь идет о тех участках земной коры, где происходит задержка в передвижении химических элементов и где может происходить их скопление, т. е. по существу может образоваться месторождение. С гидрогеохимической точки зрения геохимические барьеры образуются в очагах разгрузки подземных вод, на участках «фронта», где соприкасаются восходящие воды восстановительной обстановки и внедряющиеся сверху воды окислительной обстановки [3, с. 60].

На участке геохимического барьера на коротком расстоянии происходит резкая смена условий миграции химических элементов. Такой перепад миграционной способности приводит к значительной концентрации элементов. Геохимические барьеры, возникающие на сравнительно небольшой территории, имеют в плане овальную, линзовидную или линейную форму и создаются в результате резкого изменения физико-химических или иных условий среды. В петрографии осадочных пород имеется понятие, близкое к понятию геохимического барьера — «зона геохимического противоречия» (Л. В. Пустановалов) [3, с. 60].

Геохимические барьеры могут быть различных размеров, давая возможность образоваться как крупным залежам полезных ископаемых, так и небольшим скоплениям, не имеющим промышленного значения («микробарьеры»). Весьма благоприятны для создания барьера чередование пластов различной водопроницаемости или наличие литологических и тектонических контактов (например, известняков и сланцев), а также длительность существования медленных перемещений «фронта» вод. Очень часто рудные тела приурочены к водопроницаемым породам или к породам, которые были проницаемы в прошлом (конгломераты, крупнозернистые пески, песчаники, тре-

щиноватые и закарстованные известняки) [3, с. 61].

Геохимические барьеры бывают термодинамическими, физико-химическими, биологическими и др. В качестве примера рассмотрим термодинамические барьеры, возникающие на участках резкого изменения температуры и давления.

Например, в результате снижения давления в местах выхода углекислых вод происходит выделение углекислого газа и выпадает твердый осадок, в котором часто бывают, заключены и некоторые рудные компоненты (цинк, свинец и др.). Хороший пример можно увидеть в Карловых Варах в Чехословакии, где образовавшаяся таким путем арагонитовая плита имеет большие размеры и разрабатывается для изготовления художественных изделий. На Кавказе мощные отложения травертина имеются в районе потухшего вулкана Казбек, в долине р. Терек и в районе Кавказских Минеральных Вод («Горячая гора» в г. Пятигорске). Нередко выпадение карбоната кальция происходит в месте соприкосновения теплых восходящих вод и холодных нисходящих пресных вод [3, с. 61].

Подобные барьеры наблюдаются и на поверхности между водоёмами. Например, два океана соприкасаются, но не смешиваются между собой [4].

В качестве примера, рассмотрим линию водораздела между Тихим и Атлантическим океанами, Северным и Балтийским морями в Дании и Средиземного моря с Атлантическим океаном в Гибралтарском проливе.

Складывается впечатление, что эти водоёмы плавно перетекают друг в друга. На самом деле между ними существуют границы, причём некоторые из них видны невооружённым глазом.

Воды Тихого и Атлантического океанов не смешиваются между собой, словно между ними стоит незримая стена. На самом деле никакой стены, конечно же, не

существует. А океаны не смешиваются из-за того, что их воды существенно различаются по химико-биологическим показателям [4].

Границу между водоёмами с разными степенями солёности, с разными химико-биологическими характеристиками условно называют клином или же галоклином. В океанах по разные стороны от границы существует своя флора и фауна.

Первостепенным фактором, который препятствует смешиванию Атлантического и Тихого океанов, является разница в плотности их вод. Как известно, жидкости с разной степенью плотности не смешиваются между собой. Кроме того, океаны различаются по солёности, температуре, биологическому разнообразию и некоторым другим важным характеристикам [4].

Ещё один показатель, который не позволяет океанам смешиваться - это поверхностное натяжение или сила, которая соединяет молекулы между собой. В зависимости от величины данного показателя жидкости могут либо проникать, либо не проникать друг в друга [4].

В Тихом и Атлантическом океанах галоклин имеет вертикальное расположение. Учёные объясняют это тем, что разница в плотности вод довольно незначительна: для Тихого океана она равна $1,02427 \text{ г/см}^3$, а для Атлантического $1,02543 \text{ г/см}^3$. Поэтому ни один из океанов не может опуститься вниз, либо подняться ближе к поверхности. Кроме того, течения океанов движутся в противоположных направлениях. Возможно, если бы их течения совпадали, то со временем они бы перемешались или галоклин изменился с вертикального на горизонтальный. Но при разнонаправленном движении пото-

ков они попросту не успевают сделать это [4].

Выше приведённые предположения и научное объяснение этого природного феномена или аномального явления невозможно подтвердить практическими экспериментами в лабораторных условиях, в силу разницы термодинамических условий.

В качестве другого примера рассмотрим исследования, проведённые в зоне солевого пласта Рогунской ГЭС в природных естественных термодинамических условиях.

До солевого пласта по течению реки Вахш существует баражный эффект хлоридных натриевых подземных вод (рис 1). Это связано с непроницаемостью солевого пласта. Судя по более высоким отметкам их верхней границы по скв. 1071, имеют направление движения из глубины массива к пласту соли. Источником их образования, по-видимому, являются мощные соленосные отложения в районе правобережного притока р. Вахш-сая Пассимурахо.

После пласта соли по течению реки Вахш (нижнем бьефе солевого пласта) распространены высокоминерализованные хлоридные натриевые воды в виде полосы, вытянутой вдоль пласта соли мощностью 150-200 метров обеспечивающие солевую завесу [5, С. 53].

Для определения степени минерализации подземных вод в основании плотины Рогунской ГЭС специалистами ООО «Гидроспецпроект» города Рогун и ООО «NELT» города Душанбе, под руководством автора был разработан кондуктометрический метод и прибор [6, 7].

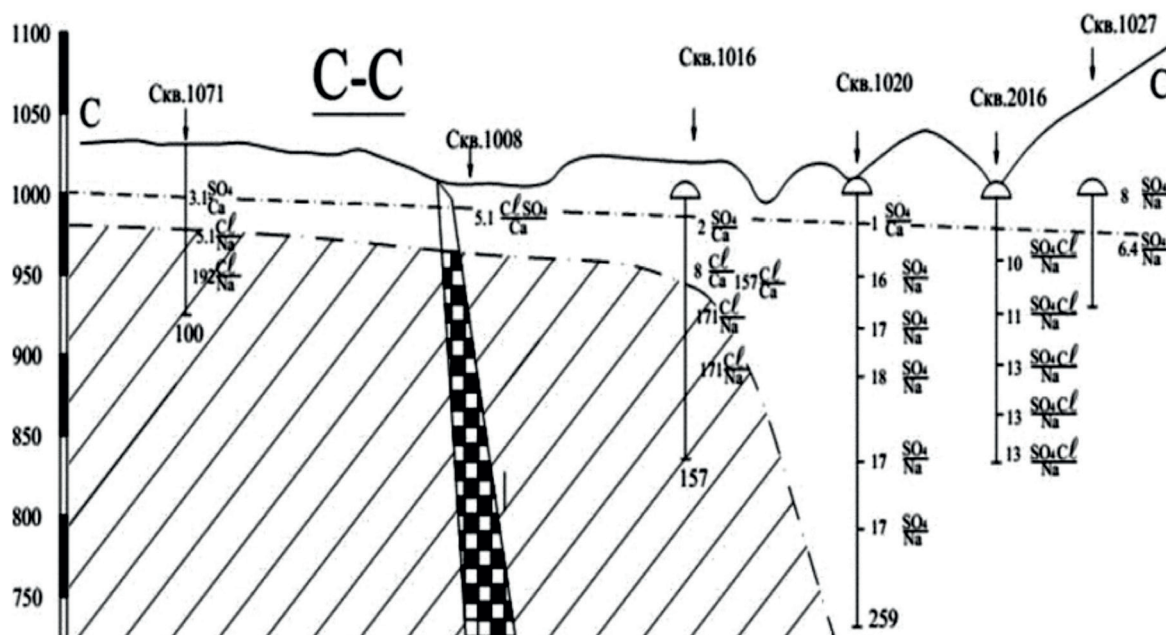


Рис. 1. Распределения уровней минерализованных подземных вод (масштаб 1:5000)

Кондуктометр «Кальмар» состоит из погружного зонда, регистратора и соединительного кабеля (рис. 2). К регистратору соединительный кабель подключается посредством вспомогательного устройства, соединённого с USB-портом компьютера.

Автоматизированный процесс калибровки позволяет исследователю самостоятельно калибровать прибор на измерение концентрации других электролитов.



Рис. 2. Элементы кондуктометра

Прибор состоит из трёх основных частей: погружного зонда, опускаемого непосредственно в исследуемый раствор; регистратора, выполняющего математическую обработку, хранение и отображение данных посылаемых зондом (портативный компьютер с операционной системой Windows и специализированной программой для кондуктометра); соединительного кабеля, осуществляющего связь регистратора с погружным зондом, длиной до двухсот метров.

Благодаря малым габаритам зонда и большой длине соединительного кабеля кондуктометр может использоваться для

исследования состава воды в узких и глубоких скважинах.

Данные с зонда: температура, УЭП и концентрация раствора непрерывно выводят на экран компьютера и при необходимости могут быть записаны в текстовый файл.

С помощью кондуктометра «Кальмар» в ноябре и декабре 2011 года были проведены два цикла измерений по определению степени минерализации подземных вод в пьезометрической сети основания плотины Рогунской ГЭС в зоне солевого пласта [8, С.136, 9, С.26], план расположения которых приведён на рисунке 3.

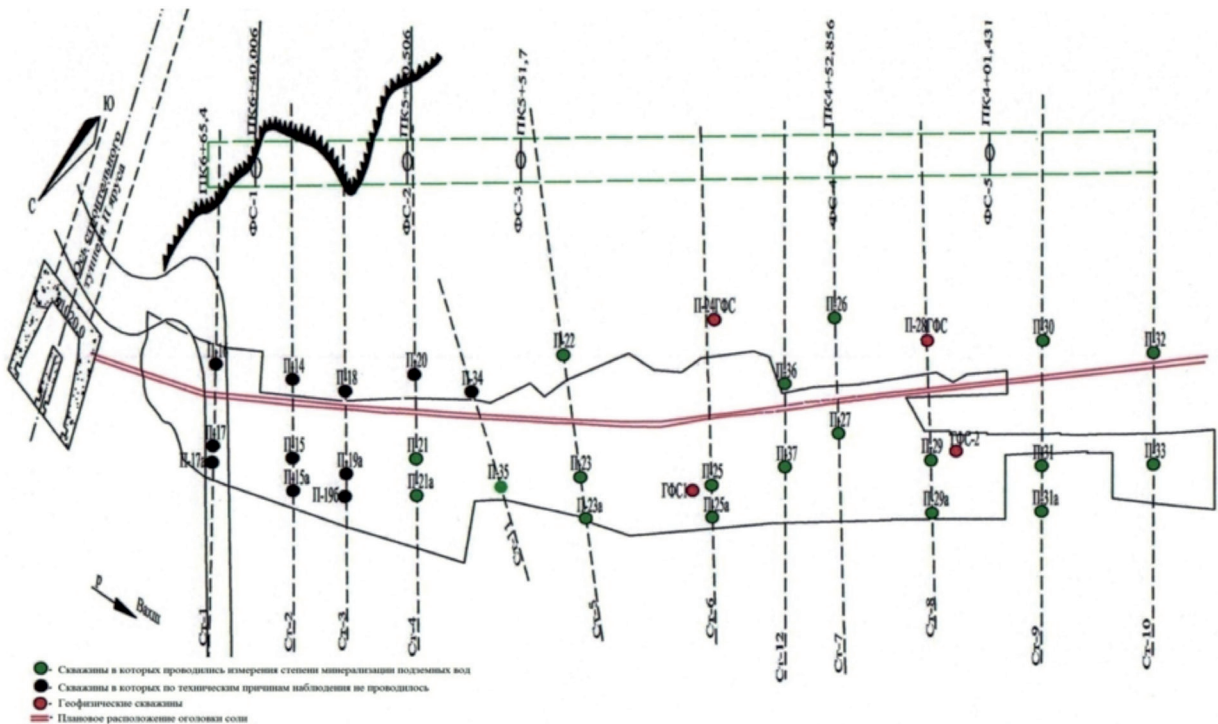


Рис. 3. План расположения пьезометрических скважин на участке левого берега солевого пласта р. Вахии

График изменения степени минерализации подземных вод в зависимости от изменения уровня гидростатического дав-

ления по пьезометрическим скважинам П-27 и П-29 приведены на рисунках 4 и 5.



Рис. 4. График изменения минерализации воды в пьезометрической скважине П-27

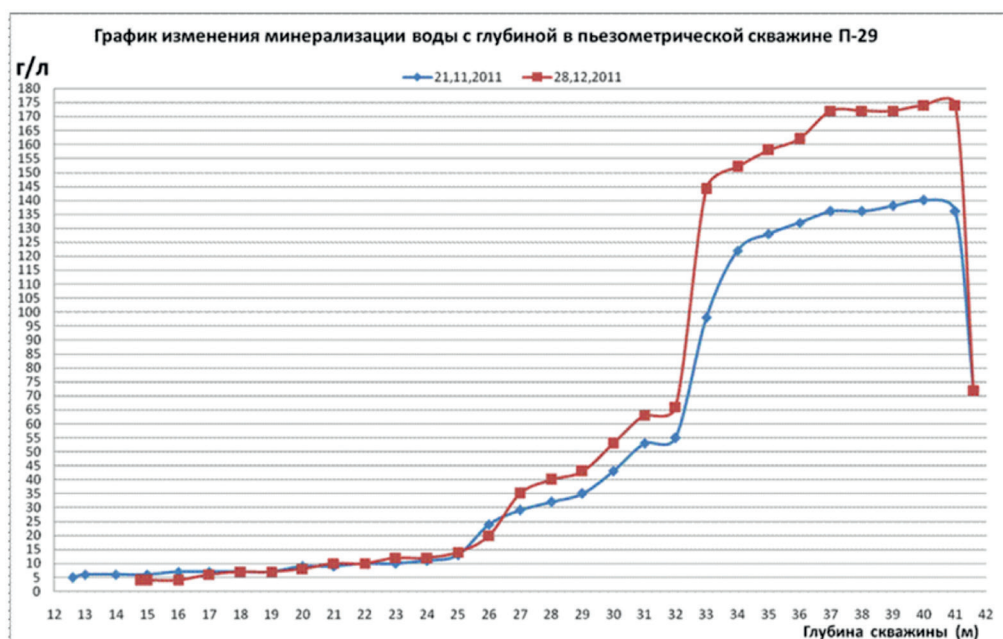


Рис. 5. График изменения минерализации воды в пьезометрической скважине П-29

Анализы графических материалов показывают, что при повышении гидростатического давления (повышения уровня воды в реке Вахш) происходит опреснение подземных минерализованных вод, а при понижении гидростатического давления (понижения уровня реки Вахш) про-

исходит отжатие подземных минерализованных вод.

При понижении гидростатического давления происходит гидратация молекул воды в ионном составе раствора минерализованных вод, т.е. происходит отжатие подземных минерализованных вод, а при

повышении гидростатического давления происходит дегидратация молекул воды из ионного состава раствора минерализованных вод, т.е. происходит опреснение подземных минерализованных вод).

Такое явление связано с осмотическим давлением подземных минерализованных вод. Осмотическое давление - это избыточное гидростатическое давление на раствор.

Если обратить внимание на приведённые выше графики, то можно заметить, что на коротком расстоянии, где высок градиент химического потенциала (концентрации) диффузия молекул между сильноминерализованными и менее минерализованными подземными водами не происходит.

В рассматриваемом примере между менее минерализованными и сильноминерализованными подземными водами появляется завеса, которая определяется равновесным соотношением между гидростатическим и осмотическим давлениями, где в зависимости от величины гидростатического давления завеса может изменить своё положение.

Суть выявленного физического явления заключается в том, что при понижении уровня воды в реке Вахш, гидростатическое давление $P_{гст}$ становится меньше осмотического давления $P_{осм}$ подземных минерализованных вод ($P_{гст} < P_{осм}$) и поток молекул воды направляется в сторону сильноминерализованных вод (прямой осмос), где происходит отжатие подземных минерализованных вод. Это приводит к смещению расположения завесы на величину $+ \Delta h_{завесы}$ и прекращению массопереноса молекул воды.

При повышении уровня воды в реке Вахш гидростатическое давление $P_{гст}$ становится больше осмотического давления $P_{осм}$ подземных минерализованных вод ($P_{гст} > P_{осм}$) и поток молекул воды направляется в сторону менее минерализованных вод (обратный осмос), вызывая

опреснение минерализованных вод. Что приводит к смещению расположения завесы на величину $- \Delta h_{завесы}$ и прекращению массопереноса молекулы воды.

Соотношение гидростатического и осмотического давлений и формирования завесы между ними можно описать в следующем виде:

$P_{гст} < P_{осм}$ - процесс отжатия подземных минерализованных вод,

$P_{гст} = P_{осм}$ - формирование завесы между менее и сильноминерализованными водами (массоперенос молекул воды отсутствует),

$P_{гст} > P_{осм}$ - процесс опреснения подземных минерализованных вод.

Завеса появляющегося в результате равновесного соотношения между гидростатическим и осмотическим давлениями, можно назвать гидронапорно-осмотической завесой.

Выводы

1. Установлено неизвестное ранее физическое явление опреснения и отжатия подземных минерализованных вод под действием гидростатического давления заключающееся в том, что при повышении величины гидростатического давления над осмотическим давлением минерализованных вод, происходит опреснение минерализованных вод, а при повышении осмотического давления над гидростатическим давлением, происходит отжатие минерализованных вод.

2. Установлено неизвестное ранее физическое явление возникновения гидронапорно-осмотической завесы между менее и сильноминерализованными водами заключающееся в том, что при достижении равновесного состояния между гидростатическим и осмотическим давлениями, между ними появляется гидронапорно-осмотическая завеса и массоперенос молекул воды в обе стороны прекращается.

3. Установлена неизвестная ранее физическая закономерность повышения глубины опреснения подземных минера-

лизованных вод, при повышении гидростатического давления.

Список литературы

1. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрохимия: Учебник для вузов. -М.: Недра, 1992. -463 с.
2. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия-подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. -М.: Недра, 1987. -237 с.
3. Овчинников А. М. Гидрогеохимия. -М.: Недра, 1970. -200 с.
4. <https://fishki.net/3881591-udivitelnoe-mesto-gde-dva-okeana-soprikasajutsjano-ne-smeshivajutsja-mezhdu-soboj.html> (дата обращения 20.04.2023)
5. Давлатшоев С.К. Техногенное влияние фильтрационных потоков водохранилища на гидрогеохимический режим основания плотины и безопасное функционирование Рогунской гидроэлектростанции. Дисс. ... канд. техн. наук. –Душанбе: ИВПГиЭ, 2019. 179 с.
6. Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Измерения степени минерализации жидкостей кондуктометрическим способом. Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2019. № 2-3 (66). С. 53-57.
7. Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 18. - С. 45-51.
8. Гарелина С.А., Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Система защиты солевого пласта плотины Рогунской ГЭС // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1. № 9. - С. 135-138.
9. Гарелина С.А., Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Система мониторинга защиты солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС // В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности. 2018. - С. 25-27.

ТАДКИҚИ ШАРТҲОИ ТАШАКУЛЁБИИ МОНЕАӢҲОИ ГЕОХИМИЯӢИ ВА ДИГАР НАМУДИ ПАРДАӢО

Давлатшоев С.К.

Аннотатсия. МонеаӢои геохимияӢи аз рӯи минтақае муайян карда мешаванд, ки дар он дар масофаи кӯтоҳ шароити гидрогеохимикӣ муҳочирати элементҳои химияӢи якбора тағйир меёбад, консентратсияи гурӯҳҳои алоҳидаи элементҳои химияӢи тағйир меёбад, обҳои зерзаминӣ аз ин элементҳо худ аз худ пок мешаванд ва фаъолияти ташакулёбии маъданҳо дар дохили обҳои зерзаминӣ низ ба амал меоянд. Ҳамин гуна монетаю пардаҳо дар байни обҳои обанборҳо низ мушоҳида карда мешаванд, ки дар он ду уқёнус ба ҳам мерасанд, вале бо ҳам омехта намешаванд. Дар мақола раванди фишурдашавӣ ва мусафошавии обҳои маъданнокӣ зерзаминӣ, ки дар байни онҳо пардаи гидрофишори-осмотикӣ пайдо мешавад, дар минтақаи каботи намак дар пояи сарбанди ГЭС-и Рогун, сухан меравад

Калидвожаҳо: монетаҳои геохимияӢи, галоклин, Каботи намак, обҳои маъданнок, консентратсия, кондуктометр, фишурдашавӣ, мусафошавӣ, пардаи гидрофишори-осмотикӣ.

INVESTIGATION OF THE CONDITIONS FOR THE FORMATION OF GEOCHEMICAL BARRIERS AND OTHER RIDDEL

Davlatshoev S.K.

Annotation. *Geochemical barriers are determined by a zone in which, at a short distance, there is a sharp change in the hydrogeochemical conditions for the migration of chemical elements, the concentrations of certain groups of chemical elements change, groundwater self-purifies itself from these elements, and ore-forming activity of groundwater is also carried out. Similar barriers and curtains are also observed on the surface between water bodies, where two oceans touch, but do not mix with each other. The article discusses the process of squeezing and desalination of underground mineralized waters, where a hydropressure-osmotic curtain appears between them in the zone of the salt layer at the base of the Rogun HPP dam.*

Keywords: *geochemical barriers, halocline, salt reservoir, mineralized waters, concentration, conductometer, squeezing, desalination, hydropressure-osmotic riddel.*

Маълумот дар бораи муаллиф: *Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – н.и.т., мудири озмоишгоҳи «Энергетика, захира- ва энергиясарфанамои» -и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Адрес: н. Рудаки, қ. Чортепа, д. Арбобхотун, тел. (+992 919604041), E-mail: salomatda@list.ru.*

Сведения об авторе: *Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – к.т.н. заведующий лабораторией «Энергетика, ресурсо- и энергосбережение» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. Адрес: р. Рудаки, с/с. Чортепа, с. Арбобхотун, тел. (+992 919604041), E-mail: salomatda@list.ru,*

Information about the author: *Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich - Ph.D., Head. Laboratory of Energy Resources and Energy Saving of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Адрес: R. Rudaki, s/s. Chortepa, p. Arbobkhotun, Phone: (+992 919604041), E-mail: salomatda@list.ru.*

УДК 613.644 ÷ 691.771

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Хакдод М.М.¹, Одиназода Б.Н.²

¹*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ*
²*Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими*

Аннотация: *В работе рассмотрены влияние виброакустических факторов на экологическую безопасность производства в горнорудной и металлургической промышленности и применения акустодемпфирующих материалов для снижения шума и вибрации технологического оборудования.*