

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ УЧАСТИЯ ВУЛКАНОВ В ФОРМИРОВАНИИ КЛИМАТА ЗЕМЛИ

Зубова Л. Г., Зубов А. Р., Зубов А. А.

Ищите на стыках наук – свет идет от сопредельных знаний.

Г. М. Кржижановский

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что над океанами существует глобальная электрическая сеть, представляющая собой распределенный токовый контур, образованный верхними слоями океана, земной коры и атмосферы. Напряженность электрического поля контура резко изменяется при прохождении циклонов, атмосферных фронтов и напрямую связана с грозовой активностью. Установлены связи между грозовыми явлениями и всплесками нейтронов, имеющими большое значение в реакциях ядерного синтеза.

Источниками исходящих нейтронов, согласно данному исследованию, также могут быть вулканы, значительная часть которых расположена в береговой зоне океанов и морей, на островных дугах. Согласно литературе, при анализе величин абсолютных разбросов кларковых содержаний химических элементов в магматической породе выявлены аномально высокие значения таких радиоактивных элементов, как Th, U, K, Rb и др., а в породах различных вулканогенных фаций и в фумарольных возгонах наземных и подводных действующих вулканов обнаружено нарушение радиоактивного равновесия. Даже в остаточных веществах старых вулканов (Кара-Даг), согласно данным авторов, содержатся радиоактивные элементы как ^{232}Th , ^{40}K и др.

Имея большую высоту, вулканы способны вызывать на себя молнию из грозовых облаков и, соответственно, локальные всплески нейтронов.

Химический состав магмы с очень большим количеством в ее составе тория и урана позволяет предполагать прохождение в вулканах процесса ядерного синтеза, участие которого в отдельных

извержениях не исключается. Для ядерного деления природного тория или урана в природных «атомных» вулканических котлах, имеющего характер взрыва необходимо определенное количество вышеуказанных радиоактивных элементов (так называемая «критическая масса»). Препятствует взрыву присутствие замедлителей (веществ, замедляющих нейтроны) в виде графита или тяжелой воды (или обоих одновременно). Сделано предположение, что источником тяжелой воды может являться океаническая (морская) вода, подкисленная растворенным углекислым газом (повышенное содержание которого наблюдается в атмосферном воздухе при блокирующих антициклонах) и изменяющая в присутствии NaOD (образовавшегося после испарения и первичной и вторичной диссоциации) весь легкий конденсационный водород на дейтерий.

Особенности протекания и взаимодействия вышеуказанных процессов, имеющих глобальный характер и взаимосвязанных с климатом Земли, стали предметом проведенных исследований.

1. Атмосферные процессы

Космическое излучение. Еще в 1899 г. Мария Склодовская-Кюри, пытаясь объяснить происхождение радиоактивности, выдвинула гипотезу о существовании излучения, заполняющего все мировое пространство. Утверждение, что «мы погружены в непрерывно действующее излучение, избежать которого мы не можем», высказал в 1906 г. Гейтель, описывая свои и Эльстера опыты по измерению ионизации в глубоких шахтах. Гейтель ссылаясь на утверждение Кука, высказанное в 1903 г., что «над Землей существует сильное проникающее излучение». Однако со всей определенностью существование космического излучения было доказано австрийским физиком Виктором Гессом, поднявшимся с электроскопом на воздушном шаре 7 августа 1912 г. О результатах своего эксперимента он сообщил в статье, опубликованной в ноябрьском номере «Physikalische Zeitschrift». Здесь он писал: «Результаты моих наблюдений лучше всего объясняются предположением, что из мирового пространства на границу атмосферы падает излучение большой проникающей способности». Так были открыты космические лучи. В 1936 г. Гессу за это открытие была присуждена Нобелевская премия по физике. Последующими работами ученых, в особенности американского физика Милладсена и советского физика Л.В. Мысовского

(1888 – 1939 гг.), было подтверждено предположение Гесса и изучены свойства космического излучения. Милликен и Мысовский, проведя измерения под водой, показали огромную проникающую способность этих лучей. Милликен считал космическое излучение чрезвычайно жесткими у-лучами, и эта точка зрения была общепринятой до 30-х гг. XX в. В 1929 г. советский физик Д.В. Скобельцын применил для исследования космических лучей камеру Вильсона, помещенную в магнитное поле. Метод Скобельцына сразу привел к важному открытию. Скобельцын неопровержимо доказал, что в составе космического излучения имеются заряженные частицы – электроны. Он обнаружил слабо изогнутые магнитным полем следы таких электронов¹.

Патогенная роль погодных условий. Русский ученый А.Л. Чижевский выявил огромное воздействие Солнца на человека. Кривая распределения острых сердечных приступов во времени точно соответствует графику изменений солнечной активности. Свойства крови зависят от солнечного облучения. При возрастании активности Солнца увеличивается число красных кровяных телец и уменьшается число белых и т.д.². Установлено, что теплый фронт в весенний и летний период вызывает максимальное число скоропостижных смертей от инфаркта миокарда, инсульта головного мозга в дни прохождения фронта, а зимой и осенью – на второй день после его прохождения. Частота смертей достигает максимума впервые и вторые сутки после геомагнитных возмущений³. По данным Г.Л. Латышева, при прохождении холодного фронта число реакций (кровотечений и кровохарканий) у больных туберкулезом легких увеличивалось за 2-3 дня до прохождения фронта и спустя 4 дня после прохождения фронта (на 30% выше средних данных). Частота сердечной боли увеличивалась в 2-3 раза на следующий день после резкого повышения атмосферного давления. Патологические реакции могут предшествовать изменениям погоды: чаще возникает боль в области сердца накануне резкого похолодания, повышения или понижения давления; боль в суставах и костях – накануне

¹ Кудрявцев. Первые успехи экспериментальной физики. URL: <http://izd.pskgu.ru/ebooks/kps016.htm>

² Горелов, А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для вузов. Москва: ООО«Издательство АСТ», 2003. 380 с.

³ Бокша В.Г. Справочник по климатотерапии. Киев: Здоровье, 1989. 208 с.

резкого повышения давления; невралгическая боль учащается накануне повышения влажности и т. д.⁴. Патогенную роль играет быстрая смена погодных условий, независимо от того, чем эта смена обусловлена. Чем выше индекс изменчивости погоды, тем чаще наблюдается рост числа скоропостижных смертей от сердечно-сосудистых заболеваний.

А.Г. Колесник⁵ пишет о взаимосвязи спектральных характеристик электромагнитных излучений, формируемых в околоземных глобальных резонаторах Шумана и Альфена с состоянием нервной и сердечно-сосудистой систем организма человека, определяемым по характеристикам ЭЭГ и электрокардиограмм (ЭКГ). Оба эти резонатора формируют электромагнитные поля в крайне низкочастотном диапазоне (Шумана – от 7 до 30 Гц, Альфена – от 0,1 до 7 Гц). Очень важным является его утверждение, что основные источники этих полей в природе – это источники магнитосферного происхождения и атмосферные грозные разряды.

Связь гроз, холодных фронтов и блокирующих антициклонов.

Грозы и шквалы характерны для холодных фронтов, в тылу которых впоследствии появляются антициклоны. Так как антициклоны возникают и развиваются между циклонами, после серии циклонов заключительный антициклон продолжает усиливаться и расширяться по площади, а на последней стадии максимального развития он обрывает циклоническую серию и блокирует западный перенос воздушных масс, то есть формируется блокирующий антициклон^{6,7}.

Грозы, атмосферное электричество, сейсмо- и радиоактивность. Современные ученые и их предшественники единодушны во мнении, что грозы и атмосферное электричество связаны между собой. Известно, что обнаруженная при наблюдениях

⁴ Там же.

⁵ Колесник А.Г. «Современные проблемы электромагнитной экологии» Сб. трудов VI Междунар. научно-практ. конф. «Экологические проблемы. Взгляд в будущее. 5-8 сент. 2010 СОЛ «Лиманчик», Ростов-на Дону: Южный федеральный университет, ЗАО «Ростиздат», 2010, С. 168-172.

⁶ Хромов С.П., Петросянец М.А. Метеорология и климатология: Учебник.– 5-е изд. Перераб. и доп. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 528 с.

⁷ Моргунов В.К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений: Учебник / В.К. Моргунов. Ростов/Д.: Феникс; Новосибирск: Сибирское соглашение, 2005. 331 с.

над океаном унитарная вариация атмосферного электрического поля и тока считается важнейшим признаком действия глобальной электрической сети и служит непосредственным прямым доказательством существования единого глобального генератора атмосферного электрического поля⁸. Глобальная электрическая цепь представляет собой распределенный токовый контур, образованный высокопроводящими слоями верхнего слоя океана и земной коры и атмосферой, проводимость которой ничтожно мала в пограничном слое, но резко (экспоненциально) растет с высотой.

Согласно концепции Вильсона, сформулированной 90 лет назад, основными источниками ЭДС, поддерживающей потенциал ионосферы, служат облака, обладающие электрической структурой (прежде всего кучево-дождевые и слоисто-дождевые), а зонами возвратных токов – области хорошей погоды^{9,10}.

Установлено, что при прохождении циклонов и атмосферных фронтов резко изменяется напряженность электрического поля, что в свою очередь напрямую связано с появлением гроз¹¹. При наличии грозовой активности в атмосфере по регистрациям датчика EFM550 получены значения напряженности поля различной полярности, превышающие ± 10000 В/м¹².

В 1981 г., 6 октября в момент прохождения атмосферного фронта в пункте наблюдения г. Норильск был зарегистрирован

⁸ Анисимов С.В. Динамика электричества невозмущенной атмосферы средних широт. Сб. тр. VII Всеросс. конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. С. 19.

⁹ Мареев Е.А. Глобальная электрическая сеть: достижения и проблемы Сб. тр. VII Всероссийской конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

¹⁰ Акселевич В.И., Мазуров Г.И. О взаимосвязи мезонеоднородностей и атмосферного электричества. Сб. тр. VII Всероссийской конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

¹¹ Мареев Е.А. Глобальная электрическая сеть: достижения и проблемы Сб. тр. VII Всероссийской конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

¹² Калов Р.Х., Аджиев Х.М. Исследование напряженности электрического поля атмосферы в г. Нальчике, по данным измерителя электрического поля EFM550. Сб. тр. VII Всероссийской конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

достаточно интенсивный широкополосный СВЧ-шум. Его причина – электрическая активность во фронтальной облачности¹³.

В околоземном пространстве существуют электромагнитные поля в крайне низкочастотном диапазоне: Шумана (7–30 Гц), Альфена (0,1–7 Гц), влияющие на состояние нервной и сердечно-сосудистой систем организма человека. Их основными источниками являются магнитная сфера и грозовые разряды. В атмосфере Земли существует несколько резонаторов для электромагнитных волн различных типов. Одним из них является Шумановский резонатор – сферическая полость между Землей и ионосферой. Согласно современным представлениям ученых основными источниками возбуждения Шумановского резонатора являются вертикальные молниевые разряды. Однако выявлено, что с грозовой активностью связана лишь малая часть наблюдавшихся значительных возрастаний амплитуды вариаций на резонансных частотах. В то же время все наблюдавшиеся возрастания происходили в периоды прохождения атмосферных фронтов в регионе¹⁴.

Особенности аномальных изменений электрического поля не идентифицируются ни с одним источником возмущений метеорологического или космофизического происхождения. Совпадение их с активизацией сейсмических процессов позволило сделать вывод о литосферном происхождении источника возмущений¹⁵.

В 2008 г. (с 2 по 5 сентября), а затем в феврале-марте 2012 г. в Авиньоне (Франция) зафиксирован метеорологический феномен – одновременное нахождение на одном месте на протяжении 3 суток атмосферного процесса (интенсивных гроз) и наличие в данном

¹³ Клименко В. Нетепловой дециметровый радиосум из области атмосферного фронта. Сб. тр. VII Всероссийской конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

¹⁴ Молодых С.И., Рахматулин Р.А., Липко Ю.В., Пашинин А.Ю. Анализ периодов аномальных усилений вариаций электромагнитного поля в диапазоне частот 8-35 Гц / Сб. тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

¹⁵ Антонова В.П., Дробжев В.И., Шлюгаев Ю.В. Наблюдения вариаций электрического поля на Тянь-Шане в разных геофизических условиях, включая сейсмические. / Сб.тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

районе сейсмической активности. То есть зафиксирована связь между сейсмической и грозовой активностью¹⁶.

В условиях хорошей погоды основным фактором, определяющим динамику электрического состояния приземной атмосферы, служит турбулентное перемешивание ионов, заряженных аэрозолей, торона и радона, которое формирует распределение объемного заряда и напряженности аэроэлектрического поля вблизи земной поверхности¹⁷.

В Якутске в 2009–2012 гг. проводилось экспериментальное исследование связи всплесков нейтронов с атмосферным электрическим и геомагнитным полями во время гроз. Из 51 грозовых событий, наблюдавшихся в радиусе до 10 км от нейтронного монитора за 4 года в 14 мощных грозах зарегистрированы статистически значимые всплески потоков нейтронов¹⁸.

Подытоживая содержание раздела, можно констатировать, что помимо космического излучения, огромное воздействие на человека, вызывающее различные необратимые патологические реакции, оказывают приближение атмосферных фронтов, смена воздушных масс с теплых на холодные (а также холодных на теплые), вертикальные молниевые разряды, являющиеся совместно с магнитосферой Земли источниками возбуждения электромагнитных полей в крайне низкочастотном диапазоне и резких изменений напряженность электрического поля глобальной электрической сети. С грозовой активностью связана также сейсмическая активность и всплески нейтронного излучения.

¹⁶ Сорокин Л.В. Пространственно-временной анализ распределения разрядов молний в районах сейсмической активности в целях снижения экономических ущербов от природных катастроф. / Сб.тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

¹⁷ Анисимов С.В. Динамика электричества невозмущенной атмосферы средних широт. Сб.тр. УП Всероссийской конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург. С. 19.

¹⁸ Козлов В.И. и др. Наблюдения всплесков нейтронов во время молниевых разрядов на уровне моря. / Сб.тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург, 277 с.

2. Вулканическая деятельность и «гипотетический» цепной процесс на медленных нейтронах

Географическое распространение вулканов. Вулканические центры на земном шаре располагаются очень неравномерно. Подавляющее большинство их приурочено к побережьям океанов и морей (рис. 1¹⁹) или к островным цепям. Ярким примером этого является «Тихоокеанское огненное кольцо»²⁰.



Рис. 1. Типичная приуроченность вулканов к побережьям океанов и морей (на примере расположения вулканов Сальвадора)

На земном шаре известно несколько сотен действующих вулканов. Большая часть их расположена по берегам Тихого океана. На Курильских островах, расположенных дугой и примыкающих к Японии, насчитывается 38 действующих вулканов. Подобную вулканическую дугу образуют и Японские острова с многочисленными вулканами, за этой цепью следуют дуги вулканов Филиппинских, Молуккских и Больших Зондских островов. Так, по всему Тихоокеанскому берегу Азии располагается цепь вулканов,

¹⁹ Географическое расположение вулканов Сальвадора. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_вулканов_Центральной_Америки.

²⁰ Зубова Л.Г., Зубов О.Р., Зубов А.О. Геохімічні особливості сірчаноокислих ландшафтів. Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences: Collective monograph. Riga: Izdevniecība "Baltija Publishing", 2020. Part 1. P. 223-253. //doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.12

переходящая через Новую Зеландию и Антарктиду на материк Америка. В Южной Америке вулканы тоже многочисленны – Кальбуко, Осорно, Вильяррика, Котопахи, Сангай венчают горные цепи Анд. Много их в Центральной Америке²¹. К наиболее широко известным вулканам Европы относится Везувий (Италия), (рис. 2), похоронивший в 79 г. н.э. под семиметровым слоем пепла города Помпеи, Геркуланум, Стабия и Оплонтий²². Другими примерами являются древний разрушенный вулкан Кара-Даг (АР Крым, Коктебельская бухта, рис. 3), древний вулкан трещинного типа Гирвас (Карелия, РФ, рис. 4, 5).



Рис. 2. Вулкан Везувий и древний город Помпеи (фото Л.Г.Зубовой)



Рис. 3. Береговые черноморские хребты вулкана Кара-Даг

²¹ Сайт о геологии. URL: <https://nospe.ucoz.ru/index/0-199>.

²² Вулканы мира. URL: vbordo.ru/vulkany-mira-deistvuuyushchie-i-potuhshie-vulkany-stroenie-vulkanov-vidy-i.html



Рис. 4. Застывший поток лавы вулкана Гирвас (фото авторов)

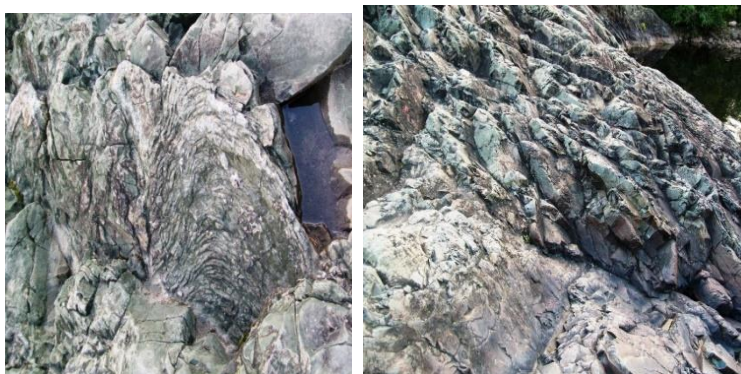


Рис. 5. Фрагменты застывшей лавы вулкана Гирвас (фото авторов)

Роль термодинамических барьеров в образовании вулканов.

С точки зрения геохимии вулканы можно назвать геохимическими барьерами термодинамического типа (Н), где резко изменяются температура и давление и образуются травертины. Травертины – известняки, образовавшиеся на поверхности в результате осаждения карбоната кальция (кальцита или арагонита) из воды углекислых источников. Иллюстрацией послойного отложения травертинов

может служить насыщенное известняками геологическое строение вулкана Кара-Даг, активно действовавшего в среднеюрский период, то есть около 150 миллионов лет назад (рис. 6, интернет).

Травертины образуются на термодинамических барьерах (Н) – участках концентрации химических элементов в местах резкого изменения температуры или давления. Наиболее изучены явления понижения давления в водах, богатых углекислым газом и ионом HCO_3^- . Углекислые подземные воды широко распространены не только в биосфере, но и в земной коре в целом. Нередко они имеют высокую температуру, в них легко растворяются многие металлы, образующие бикарбонаты (существующие только в растворе): $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{HCO}_3)_2$ и т.д. Точнее сказать, в воде находятся ионы металлов и HCO_3^- , например, $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$ и т.д. При выходе таких вод на поверхность давление CO_2 понижается, бикарбонаты переходят в труднорастворимые карбонаты. В результате на термодинамическом барьере происходит осаждение карбонатов²³.

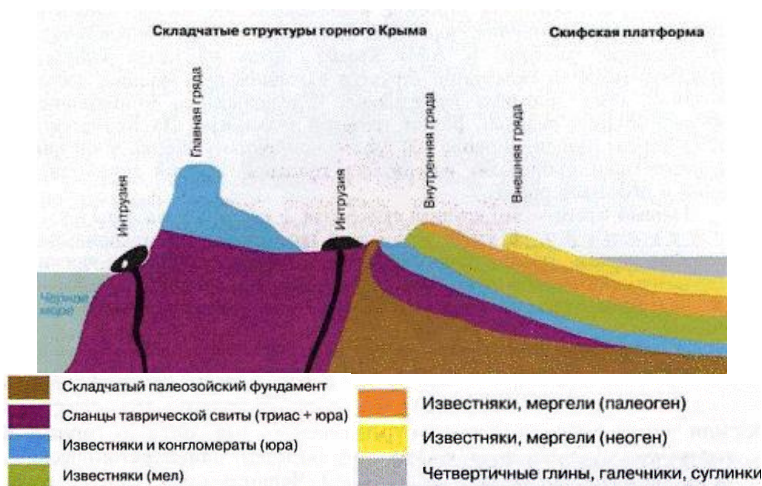


Рис. 6. Геологическое строение вулкана Кара-Даг

Этому способствует то, что подавляющее большинство древних и современных вулканов, располагаясь в береговой зоне океанов и

²³ Перельман А.И. Биокосные системы Земли. Москва: Изд-во «Наука», 1977. 160 с.

морей, взаимодействуют с их водами на поверхности и на глубине. Однако, согласно классификации вод О.А. Алекина, воды морей и океанов относятся к 3 группе хлоридных высокоминерализованных вод ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ или $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$). Как же может произойти трансформация хлоридных высокоминерализованных вод в гидрокарбонатные, то есть в углекислые? По мнению авторов, в 1-ю группу маломинерализованных гидрокарбонатных и карбонатных вод ($\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) верхний слой морских (океанических) вод может переходить в период пребывания над водными поверхностями антициклонов, так как с повышением атмосферного давления количество углекислого газа, растворенного в воде, увеличивается.

Такой же геохимический путь был пройден древними вулканами Карпат (рис. 7, 8). Украинские Карпаты – часть Восточных Карпат. Вместе с предгорьями – Предкарпатской равниной и Закарпатской низменностью (Закарпатье) – площадь Украинских Карпат составляет более 3 700 км²²⁴.

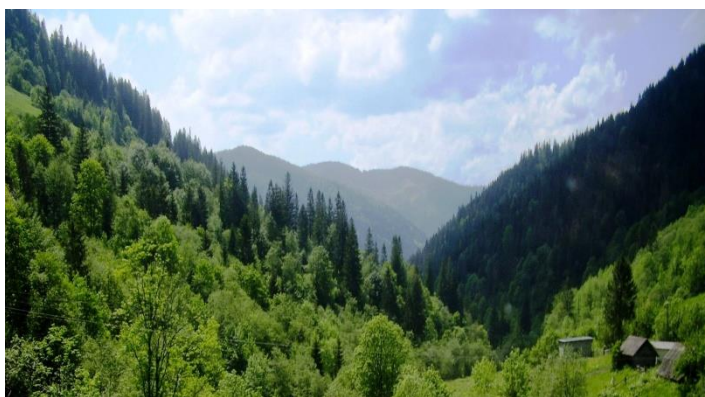


Рис. 7. Карпаты (фото авторов)

Карпатская горная дуга и прилегающие к ней холмогорья и равнины прошли сложный путь геологического развития. В начале мезозоя (свыше 200 миллионов лет назад) значительная часть суши опустилась, возник обширный морской бассейн, где накапливались

²⁴ Украинские Карпаты. Природа / Голубец М.А., Гаврусевич А.Н., Загайкевич И.К. и др. Киев: Наук. думка, 1988. 208 с.

кремнисто-карбонатные осадки, которые периодически нарушались мощными подводными вулканическими извержениями базальтовых магм²⁵.



Рис. 8. Складчатое строение Карпатских горных пород (фото авторов)

О древневулканическом геохимическом происхождении этой территории свидетельствуют и сернокислые коры выветривания, формирующиеся по утверждению А.И. Перельмана в вулканических районах и в местах выхода на поверхность сульфидов и сульфидных руд²⁶. На рис. 9 представлены места выхода на поверхность сульфидных руд, приуроченные к известнякам на примере месторождений самородной серы Предкарпатского бассейна Украины.

Основная сырьевая база по добыче самородной серы в Предкарпатском бассейне – Роздольское, Подороженское, Язовское, Немировское, Любеньское, Загайпольское и Шевченковское месторождения (рис. 9²⁷).

²⁵ https://tourlib.net/books_tourism/lazarenko.htm

²⁶ Перельман А.И. Биокосные системы Земли. Москва: Изд-во «Наука», 1977. 160 с.

²⁷ Панас Р.Н. Агроэкологические основы рекультивации земель (На примере месторождений серы Предкарпатского бассейна). Львов: Изд-во при Львов. Ун-те, 1989. 160 с.



Рис. 9. Географическое расположение месторождений самородной серы Предкарпатья: 1 – месторождения, разработка которых закончена; 2 – разрабатываемые; 3 – проектные

Геологическая характеристика основных месторождений самородной серы Предкарпатского бассейна приведена в табл. 1. Горно-геологические исследования показывают, что самородная сера в данном бассейне приурочена к горизонту ратынских известняков и залегает на глубине 7,5...120 м (рис. 10).

Таблица 1

Горно-геологическая характеристика основных месторождений самородной серы Предкарпатского бассейна²⁸

Место-рождение	Интервал мощности покрывающих пород, м	Средняя мощность, м	Мощность технологических толщ, м		
			четвертичные	третичные	скальные
Роздольское	7,5-75,0	33,3	14,0	19,3	4,5
Подороженское	18,1-109,5	61,7	9,8	9,2	2,7
Язовское	39,0-120,0	74,5	20,0	54,7	10,3
Любеньское	15,8-46,2	29,0	12,0	17,0	3,0
Немировское	19,0-120,0	59,0	19,0	40,0	1,0

Покрывающие породы представлены в основном третичными и четвертичными отложениями, а также частично скальным горизонтом верхнего тортона в виде неосерненных известняков²⁹.

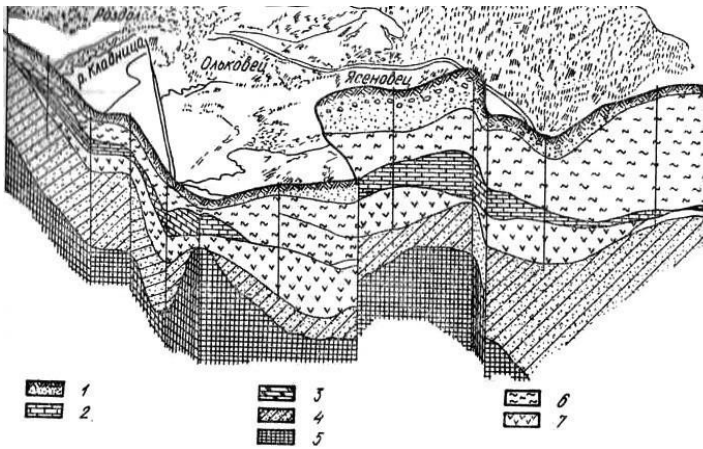


Рис. 10. Блок-диаграмма Роздольского месторождения самородной серы (по Г.А. Баранову): 1-четвертичные отложения; 2-сероносные известняки; 3-литогаммиевые известняки и песчаники; 4-николаевские песчаники; 5-верхнемеловые отложения; 6-глины косовской свиты; 7 –ангидриты³⁰

²⁸ Там же

²⁹ Там же

³⁰ Там же

Таким образом, вулканы – это одновременно производные геохимических термодинамических барьеров и сернокислых классов ландшафтов.

Естественная радиоактивность вулканов. В предыдущие геологические эпохи вулканические островные дуги (ОД) активно формировались почти на всей территории Земли. Существуют два типа островных дуг. Их вулканы отличаются по геохимическим характеристикам. Первый тип вулканитов ОД, формировался на коре океанического типа, характеризуется пониженными содержаниями ЕРЭ, небольшими, обычно <2, значениями Th/U и высокими значениями К/U. Второй тип дуг, сформированных на коре субконтинентального типа, отличается более высокими содержаниями ЕРЭ, а также большими значениями Th/U и пониженными значениями К/U. Например, Курило-Камчатская, Японская и Новозеландская островные дуги заложены на коре континентального типа. Слагающие их вулканы отличаются более высокими содержаниями ЕРЭ, при этом значения Th/U в них сильно варьируют и иногда достигают сравнительно больших величин (рис. 11)³¹.

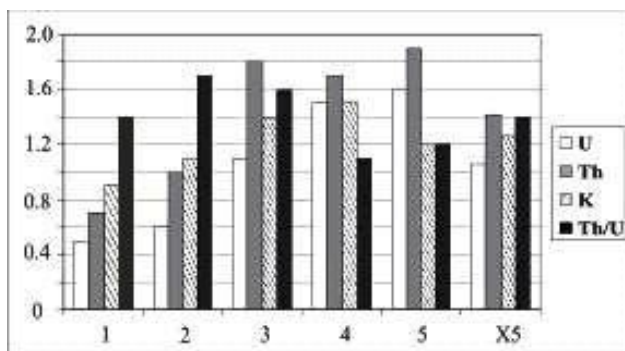


Рис. 11. Гистограмма распределения содержаний U, Th (г/т) и К (вес. %) и отношения Th/U в вулканитах Камчатки (по оси X – типы пород); n – количество проб (спектрометрический метод, ИГМ СО РАН); а) неизменные породы: 1 – некки (n = 9); 2 – дайки (n = 106); 3 – лавовые потоки (n = 24); 4 – бомбы (n = 57); 5 – шлаки (n = 19); X5 – все неизменные породы (n = 235)

³¹ Андреев В.И. Распределение естественных радиоактивных элементов в твердых вулканитах и радиогенных газах из вулканов и гидротерм Камчатки и Курил: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 2011. 27 с.

В породах их различных вулканогенных фаций и в фумарольных возгонах наземных и подводных действующих вулканов обнаружено нарушение радиоактивного равновесия ($^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} > 1$) и ($^{228}\text{Ra}/^{232}\text{Th} > 1$)³².

При анализе величин абсолютных разбросов (АР) кларковых содержаний химических элементов в магматических породах выявлено, что аномально высокие значения $C_{\text{max}}/C_{\text{min}}$ характерны для 13 следующих элементов: Th (4250), Ba (4000), U (3000), K (1200), Rb (850), Cr (800), Ni (500), Sr (465), Ce (322), Co (150), La (140), Nd (140), Mg (127)³³.

На спектрометрической установке «РИТМ-С» нами изучено присутствие радиоактивных элементов в вулканических образованиях Кара-Дага, получены спектры ЕРН (рис. 12³⁴, табл. 2). Таким образом, радиоактивные элементы ^{232}Th , ^{40}K содержатся даже в остаточных веществах старых вулканов.

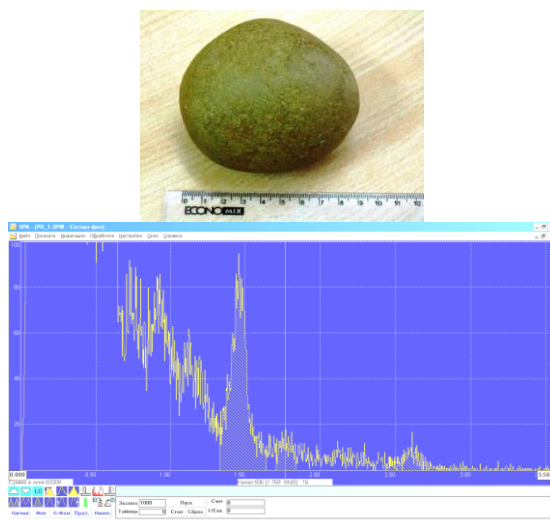


Рис. 12. Вид вулканической бомбы с вулкана Кара-Даг (фото авторов) и энергетический спектр источников ее излучений

³² Там же

³³ Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: Учебник. Москва: Логос, 2000. 627 с.

³⁴ Зубова Л.Г., Павлюковская Е.И. Особенности рельефа морского дна, сформировавшегося в юрский период / Сб. науч. трудов «Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении» № 1(16) 2016. Луганск, Изд-во ЛГУ им.В.Даля, 2016. С. 171-180.

**Протокол обработки спектра
гамма-излучения вулканической бомбы**

№ п/п	Нуклид	Активность		Удельная активность		Погрешность активности, %
		Бк	мкКи	Бк/кг	мкКи/кг	
1	²³² Th	69.3	0.0019	68.8	0.0019	10.2
2	²²⁶ Ra	-	-	-	-	-
3	⁴⁰ K	901	0.0244	894.7	0.0242	17.2
Объем сосуда Маринелли, см ³		Масса пробы, Кг		Удельная эффективная активность, Бк/кг		Время измерения (экспозиция), сек
1000		1,0070		166.2		1000

Связь вулканов побережий с существующей над океанами глобальной электрической сетью. Как уже отмечалось, над океанами существует глобальная электрическая сеть (ГЭС) – распределенный токовый контур, образованный верхними слоями океана, земной коры и атмосферы, напряженность поля которого резко изменяется при прохождении циклонов, атмосферных фронтов и напрямую связана с грозовой активностью.

Известно, что в грозовой обстановке «корона», как правило, первоначально возбуждается у высокого сооружения³⁵. В ходе опытов по инициированию искусственных молний выявлено, что обычно разряд происходит, когда ракета поднимается на высоту порядка 100 м. Этой высоты достаточно, чтобы вызвать молнию «на землю» из грозового облака с высотой основания около 1 км³⁶.

В качестве высоких сооружений над океанами с существующей над ними ГЭС могут выступать вулканы, ведь как известно подавляющее большинство древних и современных вулканов приурочено к побережьям океанов и морей и взаимодействует с их водами и на поверхности, и на глубине.

Отсюда понятными становятся связи между грозовыми явлениями и всплесками нейтронов³⁷. Ведь как уже отмечалось, в

³⁵ Александров Н.Л., Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Влияние объемного заряда короны в приземном слое на притяжение молнии к высоким объектам. Сб. трудов VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству, 24-28 сент. 2012 г. Санкт-Петербург. 277 с.

³⁶ Аджиев А.Х., Шукин Г.Г., Машуков Х.Х. Результаты испытаний электропроводящих нитей для инициирования искусственных молний. / Сб. трудов VII Всеросс. Конф. по атмосферному электричеству, 24-28 сент. 2012 г. Санкт-Петербург. С. 12–13.

³⁷ Козлов В.И. и др. Наблюдения всплесков нейтронов во время молниевых разрядов на уровне моря. / Сб. тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург, 277 с.

породах различных вулканогенных фаций и в фумарольных возгонах наземных и подводных действующих вулканов имеет место нарушение радиоактивного равновесия ($^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}>1$) и ($^{228}\text{Ra}/^{232}\text{Th}>1$). А при анализе абсолютных разбросов кларковых содержаний химических элементов в магматической породе выявлены аномально высокие значения таких радиоактивных элементов, как Th (4250), Ba (4000), U (3000), K (1200), Rb (850) и др.³⁸. И даже в остаточных веществах старых вулканов содержатся радиоактивные элементы ^{232}Th , ^{40}K и др.

Внешне вулканы напоминают собой толстостенные котлы. А если обратить внимание на химический состав магмы, с очень большим количеством в ее составе тория и урана³⁹, логичным будет предположение о проходящем в вулканах ядерном синтезе. Но для ядерного деления природного тория или урана в природных «атомных» вулканических котлах необходимо определенное количество вышеуказанных радиоактивных элементов («критическая масса»); присутствие замедлителей (веществ, замедляющих нейтроны) в виде тяжелой воды или графита (или обоих одновременно).

Графит – кристаллический углерод весьма распространен в природе⁴⁰. Источником тяжелой воды являются: а) в первоначальный период (в период прохождения холодного фронта 2-го рода) дождевая вода, подвергшаяся процессу электролиза вследствие действия грозового разряда; б) морская вода, подкисленная растворенным углекислым газом (повышенное содержание которого наблюдается в атмосферном воздухе при блокирующих антициклонах) и изменившая в присутствии NaOH (образовавшегося после испарения и первичной и вторичной диссоциации) весь легкий конденсационный водород на дейтерий.

При электролизе подкисленной дождевой воды в период гроз ее молекулы разлагаются на водород и кислород, выделяющиеся из воды в виде пузырьков. Легкая вода разлагается электрическим током немного быстрее, чем тяжелая. Поэтому, разлагая почти все

³⁸ Алексеев В.А. Экологическая геохимия: Учебник. Москва: Логос, 2000. 627 с.

³⁹ Там же

⁴⁰ Лешковцев В.А. Атомная энергия. Москва: Гос. изд-во техн. теор. литер., 1954. 72 с.

количество ливневой дождевой воды, получается остаток, практически состоящий из чистой тяжелой воды⁴¹.

Одним из источников графитов, могут служить алмазы кимберлитовых трубок вулканов, которые, как известно, без доступа кислорода и при очень высоких температурах переходят в графит.

Гипотетический «запуск» ядерного синтеза тория и урана магматических пород островных вулканов, имеющий вид извержения, показанного для примера на рис. 13 (фото из интернета), происходит вследствие: а) воздействия атмосферного электричества гроз на магматическое содержимое; б) наличия в морской воде второго замедлителя нейтронов – тяжелой воды, образующейся через испарение, гидроксильную группу и длительное отстаивание легкого конденсационного водорода в присутствии NaOD при блокирующих антициклонах.



Рис. 13. Извержение вулкана (фото из интернета)

Деление ядер урана U^{235} , U^{233} и плутония Pu вулканитов медленными нейтронами. Основным источником атомной энергии является уран. Исследования показали, что природный уран имеет три изотопа, массы которых равны 238, 235 и 234. Основным в природном уране является наиболее тяжелый изотоп – уран 238, доля урана U^{235} составляет 1/140, а урана U^{234} – всего лишь около

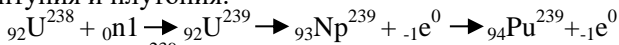
⁴¹ Там же.

1/20000. Урана U^{234} так мало, что он практического значения не имеет⁴².

Таким образом, природный уран состоит главным образом из урана 238 и лишь 1/140 доля его приходится на уран U^{235} . Поведение этих двух сортов атомов урана при обстреле их нейтронами весьма различно. Ядра атомов урана U^{238} делятся только очень быстрыми нейтронами, обладающими значительной энергией. Ядра атомов урана U^{235} делятся не только быстрыми, но и сколь угодно медленными нейтронами, и тем лучше, чем меньше скорость налетающих на них нейтронов. Нейтроны, возникающие в результате самопроизвольного деления в природном уране, оказываются обычно не в состоянии разделить ядра урана U^{238} . Поглощение нейтронов ядрами урана U^{238} не приводит к делению. Поэтому «ядерным горючим», пригодным для создания цепной реакции, является только уран U^{235} . Встреча же нейтронов с ядрами урана U^{235} происходит чрезвычайно редко, вследствие чего в природном уране при обычных условиях цепной процесс не возникает. Таким образом, природный уран, в основном состоящий из урана U^{238} , не является ядерным горючим и никакой опасности взрыва не представляет⁴³.

Для того чтобы произошел взрыв, надо значительно больше чистого урана U^{235} . Количество урана U^{235} , в котором цепной процесс деления атомных ядер приводит к взрыву, называют «критической массой». Если масса имеющегося куска урана U^{235} меньше критической (около 1 кг), взрыва не будет. Если же она равна критической или больше ее – взрыв происходит незамедлительно.

При этом наряду с ураном U^{235} важную роль играет основной природный уран с массой 238. Ядра U^{238} сильно поглощают очень медленные нейтроны. Однако это поглощение не сопровождается делением ядер, а приводит к ядерной реакции с образованием нептуния и плутония:



Плутоний ${}^{239}\text{Pu}$ радиоактивен. Испуская альфа-частицы, он превращается в уран U^{235} : ${}_{94}\text{Pu}^{239} \rightarrow {}_{92}\text{U}^{235} + {}_2\text{He}^4$.

⁴² Лешковцев В.А. Атомная энергия. Москва: Гос. изд-во техн.теор.литер., 1954. 72 с.

⁴³ Там же.

Искусственно плутоний получают в атомных котлах. Их преимуществом является то, что в них цепной процесс происходит в обычном природном уране, очищенном от всяких примесей.

Французский ученый Ф. Жолио-Кюри и российские ученые Я.Б. Зельдович и Ю.Б. Харитон показали, что при известных условиях цепной процесс может протекать и в неразделенном природном уране. Для этого надо, чтобы деление ядер урана U^{235} производили чрезвычайно медленные нейтроны, которые наиболее эффективно действуют на эти ядра. Как уже отмечалось, ядер U^{235} в природном уране значительно меньше, чем ядер U^{238} . Но уран U^{235} поглощает очень медленные нейтроны значительно сильнее, чем уран U^{238} . Это и позволяет осуществлять цепной процесс в природном уране.

Так как цепной процесс в котле происходит на медленных нейтронах, скорость которых во много раз меньше, чем у нейтронов, взрывающих атомную бомбу, он протекает значительно медленнее и теряет характер взрыва.

Медленные нейтроны могут делить только ядра U^{235} . Поэтому именно он и является рабочим веществом, ведущим цепную реакцию в котле. Ядра U^{235} делятся, а вместо них внутри куска появляются радиоактивные осколки – ядра более легких элементов. Их обычно называют «радиоактивным шлаком».

Часть нейтронов, освобождаемых при делении, попадает в новые ядра U^{235} и продолжает цепной процесс. Некоторая доля нейтронов вылетает за пределы котла и не принимает участие в цепной реакции. Остальные нейтроны поглощаются ураном U^{238} , превращая его в плутоний. Плутоний также накапливается внутри куска урана. Таким образом, в куске урана, внесенном в котел, происходит постепенное исчезновение U^{235} и U^{238} и накопление радиоактивного шлака и плутония. Куски урана периодически извлекают из котла и с помощью химических реакций отделяют от него образовавшийся плутоний и радиоактивный шлак⁴⁴.

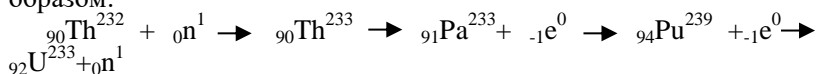
При делении ядер урана возникают быстрые нейтроны, в котле же необходимы медленные. Для замедления быстрых нейтронов, освобождаемых при делении, в котел вводят специальные вещества, замедляющие нейтроны – т. н. замедлители. Сталкиваясь с ядрами атомов замедлителя, нейтроны быстро теряют свою энергию. После двух-трех десятков столкновений у них остается примерно

⁴⁴ Там же.

миллионная доля первоначальной энергии. Наилучшим замедлителем является тяжелая вода. Ядра тяжелого водорода, входящего в ее состав, быстро отбирают энергию у нейтронов и к тому же почти не поглощают их. Но получение тяжелой воды сопряжено с очень большими расходами. Поэтому часто для замедления нейтронов используют другое вещество – графит – кристаллический углерод, весьма распространенный в природе.

Атомную энергию можно получать и из другого тяжелого природного элемента – тория Th^{232} . Сам по себе он не является ядерным горючим. Но его ядра, так же, как и ядра U^{238} , сильно поглощают медленные нейтроны. При этом торий превращается в уран U^{233} .

Происходящая реакция может быть записана следующим образом:



Ядра урана U^{233} , подобно ядрам урана U^{235} и плутония, хорошо делятся медленными нейтронами. Поэтому уран U^{233} тоже является ядерным горючим.

Помещая торий в атомный котел, работающий на уране U^{235} или плутонии, можно получить значительное количество урана U^{233} ⁴⁵.

Ранее, в работах^{46,47} нами была предложена условная схема процесса «вскрытия» тория «высокотемпературной» серной кислотой, образующейся в зоне окисления сульфидов. Процесс происходит следующим образом. На участках, где имеются выходы на поверхность сульфидных руд, вследствие воздействия на них кислорода и воды атмосферных осадков, происходит их окисление с образованием серной кислоты и преобразованием водных растворов в сильноокислые (pH<3). Минералы, содержащие редкоземельные элементы и торий, под воздействием серной кислоты трансформируются в сульфаты. Вследствие выпадения атмосферных осадков, разбавления водных растворов и повышения

⁴⁵ Там же.

⁴⁶ Зубова Л.Г., Зубов О.Р., Зубов А.О. Геохімічні особливості сірчаноокислих ландшафтів. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences*: Collective monograph. Riga: Izdevniecība “Baltija Publishing”, 2020. Part 1. P. 223-253. //doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.12

⁴⁷ Зубова Л. Г. Торій в природі і сернокислих ландшафтах: монографія. Луганск: Изд-во «Ноулідж», 2017. 60 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/2271226/>

их кислотности ($pH > 3,5$), происходит осаждение тория (при переходе водного раствора из состояния геля в золь) в виде его гидроксида. Так как в водных растворах валентность тория равна 4, он относится к гидрофобным коллоидам, которые при коагуляции образуют гели, почти не содержащие воды, или порошки – седимент. Соответственно, гидроксид тория $Th(OH)_4$, образовавшийся в водном растворе при переходе геля в золь, может почти не содержать воду или находиться в виде порошка-седимента. Так как процессы окисления сульфидных руд высокотемпературные и связаны с образованием серы, воспламеняющейся при $248...261^\circ C$, возникает процесс устойчивого горения продуктов термической деструкции и газификации горной породы с температурой до $1000^\circ C$ и выше. Вследствие горения образуются расплавы солей. Так как торий является металлом, а металлы в расплавленных при температуре $500...1200^\circ C$ солях растворяются, седимент гидроксида тория $Th(OH)_4$ легко растворяется в расплавах солей. При снижении температуры расплав солей с торием остывает, а в случае восстановления температуры опять растворяется в неводном растворе.

Исходя из вышеизложенного была выдвинута гипотеза относительно сернокислых ландшафтов вулканических районов, согласно которой вулканы с магматическими расплавами – это «отстойники» расплавов солей, включающие атомы растворенного металла тория и ежесекундно готовые к реакции его атомного деления в случае воздействия на него нейтронов извне. При этом источником нейтронов для деления тория в расплавах солей, по нашему предположению, могут быть грозы. Плазма (газ, ионизированный в определенном объеме), образующаяся при грозовых разрядах служит не только источником нейтронов для реакции деления тория, но и передает нейтроны с помощью электрических сил⁴⁸.

Разработана условная схема ядерной реакции, происходящей при взаимодействии нейтронов грозы с магматическим расплавом солей тория⁴⁹. Такая же реакция может происходить на участках окисления сульфидных руд со «вскрытым» серной кислотой торием и перешедшим при повышении кислотности водного раствора в седимент гидроксида тория. Имеющиеся на участках окисления

⁴⁸ Там же.

⁴⁹ Там же.

сульфидных руд соли при высоких температурах расплавляются и растворяют металлический торий. То есть грозы, как источники нейтронов «имеют дело» либо с готовым расплавом солей в магме, либо с седиментом гидроксида тория, который растворяется в расплавах солей, образующихся, как и седимент, при высокотемпературном окислении сульфидных руд. При взаимодействии «вскрытого» тория с нейтронами грозы и ядерном расщеплении все «металлические» дочерние элементы переходят из кристаллической решетки в расплавы солей. Только Rn²²⁰ (торон) с продолжительностью жизни 55 сек. в виде газообразного сгустка (шаровой молнии) покидает пределы объема ионизации (плазмы).

На первом этапе, когда наблюдается импульс продолжительностью 0,1 мс, осуществляется передача нейтронов, необходимых для начала ядерного синтеза тория. Реакция деления начинается. Происходит выброс энергии со свечением, нагрев термостойкого плазменного тела и его расширение. При расширении плазменного тела происходит снижение концентрации тория и нейтронов. Это приводит к замедлению ядерной реакции и паузе в 10–50 мс для снижения температуры плазменного тела и его сужения. Вследствие сужения плазменного тела восстанавливается первоначальный объем плазмы и концентрация тория и нейтронов. Следующий импульс способствует передаче нейтронов торию и продолжению ядерной реакции. Лавина импульсов способствует полному прохождению ядерной реакции тория. Рекомбинация (возвращение газа в состояние, в котором он находился до ионизации) не будет осуществляться до тех пор, пока не закончится полностью расщепление тория. Замедление наступления рекомбинации происходит вследствие кластеризации (гидратации газовых ионов в облаке). Ядерная реакция происходит только в пределах распространения плазменного тела⁵⁰ [29].

Таким образом, можно предположить, что грозовая активность, связанная с резким изменением напряженности электрического поля над океанами при прохождении циклонов, атмосферных фронтов, способна вызвать запуск ядерного синтеза урана магматических пород, не имеющий характер взрыва, вследствие воздействия атмосферного электричества гроз на магматическое содержимое вулканов, наличия в морской воде второго замедлителя нейтронов – тяжелой воды, образующей вследствие испарения,

⁵⁰ Там же.

наличия гидроксильной группы и длительного отстаивания легкого конденсационного водорода в присутствии NaOD при блокирующих атмосферных антициклонах.

3. Анализ тяжелой морской (океанической) воды как «возможного» замедлителя нейтронов

Химический состав морских вод. Во всех водоемах земного шара есть небольшая примесь тяжелой воды. Ее доля составляет в среднем около 0,02 %. Тяжелая вода во многом отличается от обычной. Например, она замерзает не при нуле градусов, а при 3,8°C, кипит не при 100, а при 101,4°C. Более низкой температурой замерзания (до минус 4–5°C) и высокой степенью минерализации (до 0,5–2 г/л) характеризуются также воды многолетней мерзлоты⁵¹.

Приводим данные о кислотности, радиоактивности и минерализации (солености) проб воды Белого моря, Онежского и Ладожского озер, отобранных и проанализированных нами (рис. 14, табл. 3, рис. 15, 16).



Рис. 14. Белое море. Определение pH и радиоактивности воды

⁵¹ Водные пути бассейна Лены. / Под общей редакцией Р.С. Чалова, В.М. Панченко, С.Я. Зернова. Москва: МИКИС, 1995. 600 с.

Таблица 3

Результаты анализа морских и озерных вод Карелии

Объект	pH	Радиоактивность, мкЗв/ч	Минерализация, г/л
Белое море	8,0-8,4	7-15	31,7
Онежское озеро	6,7-7,1	8-20	0,07
Ладожское озеро	7,0-7,4	7-18	0,23



Рис. 15. Определение минерализации вод и кристаллы солей Белого моря

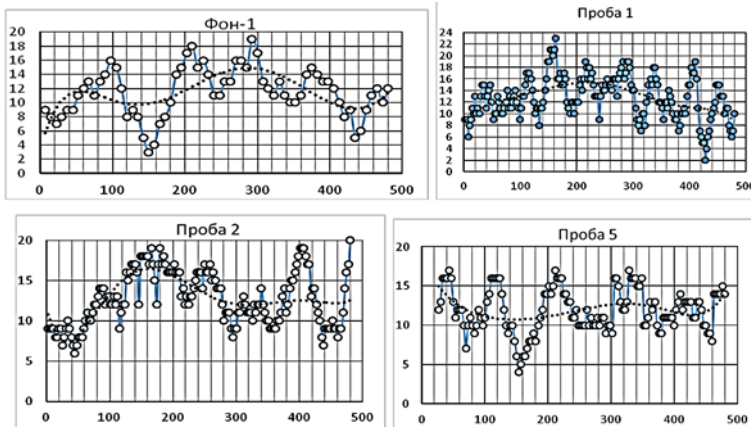


Рис. 16. Радиоактивность морских и озерных вод Карелии

Как видно из рис. 16, как фоновое, так и радиоактивное излучение проб воды характеризуются цикличностью, заметной даже за период в 500 секунд.

В табл. 4⁵² представлен химический состав проб воды Черного моря, омывающего хребты древнего вулкана Кара-Даг, отобранных авторами в прибрежной зоне моря в разных географических точках. Исходя из полученных данных, соленость морской воды обусловлена очень высоким содержанием хлоридов (9100–9950 мг/л) и натрия (4800–5600 мг/л). Возможно, извержения древнего вулкана Кара-Даг также обогатили воды Черного моря химическими веществами, содержавшихся в магме и извергавшихся газах.

Таблица 4

Химический анализ вод Черного моря (мг/дм³)

Название компонента	Географические точки отбора проб		
	Евпатория	Ялта	Балаклава
Калий	215	220	215
Натрий	5600	4800	5500
Кальций	261	256	331
Магний	633	666	626
Железо общее	<0,1	<0,1	<0,1
Аммоний	<0,05	<0,05	<0,05
Кремнекислоты	<1	1	<1
pH	8,05	8,1	7,05
Хлориды	9950	9100	9500
Сульфаты	1420	1365	1392
Гидрокарбонаты	220	177	220
Карбонаты	3	18	12
Нитриты	<0,003	<0,003	<0,003
Нитраты	<0,44	4	<0,44
Сухой остаток	18200	17552	17830
Сумма минеральных веществ	18302	16607	17784

Изотопный состав и свойства тяжелой воды. Изотопы, как известно, это различные сорта атомов одного и того же химического элемента, имеющие одинаковые химические свойства, но разные атомные веса. Ядра атомов изотопов содержат одинаковое число протонов (одинаковый заряд), но разное число нейтронов; поэтому

⁵² Зубов А.Р., Зубова Л.Г. Гидрологические особенности рек бассейнов Азовского и Черного морей: монография. Луганск: Издательство ФЛП Пальчак А.В., 2017. 230 с. URL: <http://www.geokniga.org/books/20736>.

их массы оказываются различными. Например, олово имеет 10 изотопов, кадмий – 8, ртуть – 7, платина – 6.

Самый легкий из всех элементов – водород также имеет изотопы. Природный водород в основном состоит из атомов с массой, равной единице. Ядром такого атома является протон; вокруг него обращается один электрон. Наряду с этим в природе существует и другой сорт атомов водорода, в два раза более тяжелых. Ядра атомов тяжелого водорода, называемого дейтерием (D), состоят из двух частиц – протона и нейтрона. Количество его очень невелико: на 6000 атомов легкого водорода приходится обычно только 1 атом дейтерия. Ученым удалось искусственным путем получить еще один сорт атомов водорода – сверхтяжелый водород или тритий T. В ядра его атомов входят уже три частицы: протон и два нейтрона. Следовательно, каждый атом трития в 3 раза тяжелее атома легкого водорода. Тяжелая вода или окись дейтерия (дейтероксид) выражается формулой H_2^2O или $\text{H}^2\text{H}^2\text{O}$ или просто D_2O ⁵³ [27].

Длгое время критерием для оценки содержания тяжелой воды (D_2O) в обыкновенной (H_2O) служила величина плотности изучаемой воды. Льюис и Лютен вывели уравнение⁵⁴, позволяющее определить изотопный состав любого образца воды, если известны ее плотность и коэффициент рефракции (преломления). Если x – доля молекул D_2O или атомов D, Δ_s – разность плотностей смеси и обыкновенной воды, Δ_n – разность показателей преломления, то при 25°C $x = 9,579\Delta_s - 1,03(\Delta_s)^2$, т. е. приблизительно $\Delta_s = 0,1056 x$, а $\Delta_n = -0,00449 x$ (для белого света; для желтого натриевого света коэффициент x составляет в последнем равенстве – 0,00445).

Полный изотопный состав пробы воды получается из следующих двух равенств: $x = 1,370 \Delta_s - 190,5\Delta_n$; $y = 7,69\Delta_s - 180,9\Delta_n$, где x – молекулярная фракция D_2O (атомная фракция D), y – молекулярная фракция H_2O^{18} (атомная фракция O^{18}); Δ_s – разность плотностей при 25°C (образца и обыкновенной воды), Δ_n – разность показателей преломления при 25°C .

Тэйлор и Сельвуд получили наиболее чистую тяжелую воду с плотностью $d = 1,1079$ и температурой плавления $+3,8^\circ$.

⁵³ Лешковцев В.А. Атомная энергия. Москва: Гос. изд-во техн.теор.литер., 1954. 72 с.

⁵⁴ Фрицман Э.Ф. Природа воды. Тяжелая вода. Ленинград: ОНТИ-Химтеорет., 1935. 314 с.

При попытках получения еще более концентрированной тяжелой воды, то есть увеличенной плотности, авторы установили новое парадоксальное свойство – крайнюю гигроскопичность D₂O.

Льюис и Макдональд нашли для своих образцов с $d = 1,1056$ максимальную плотность при 11,6°С. Однако, с повышением температуры различие между обеими водами уменьшалось. Следующие значения были ими найдены для отношения vol/vol_4 , при различных температурах (табл. 5).

Таблица 5

Значения отношения vol/vol при различных температурах⁵⁵.

T°	5	10	15	20	25	30	35	40
v/v_4	0,99987	0,99948	0,99958	1,00016	1,00111	1,00243	1,00415	1,00605

Хорошо изучены вязкость (η_1) и текучесть тяжелой воды. Льюис и Макдональд изучали вязкость воды путем измерения времени протекания через тонкий капилляр. В ходе исследований пробы воды, содержащие 70 и 90 % D сравнивались с обыкновенной водой в пределах 5–35°С. Если η_1 – вязкость H₂O, η_2 – вязкость D₂O, то для 100 % D₂O путем экстраполяции получают следующие данные (табл. 6)⁵⁶.

Таблица 6

Соотношения вязкости обычной и тяжелой вод при различной T°С

T°	5	10	15	20	25	30	35
η_2/η_1	1,309	1,286	1,267	1,249	1,232	1,215	1,198
η_1	15,19	13,10	11,45	10,09	9,95	8,00	7,21
η_2	19,88	16,85	14,51	12,60	11,03	9,72	8,64

Текучесть тяжелой воды ниже, а степень ее ассоциации составляет 1,34, то есть почти вдвое меньше, чем у обыкновенной воды⁵⁷.

Связь хлоридов и натрия с изотопами тяжелого водорода.

Так как ведущими химическими элементами в составе морских вод являются хлор и натрий, прежде всего рассмотрена их взаимосвязь с дейтерием вод.

⁵⁵ Там же.

⁵⁶ Там же.

⁵⁷ Там же.

Многие исследователи склонны отнести NaCl к относительно малорастворимым соединениям в тяжелой воде⁵⁸. Так Гориути и Сцабо на основании своих опытов приходят к выводу, что изменение содержания D в водороде не может быть обусловлено различием в реакции H₂O и HDO с натрием. Тэйлор, Калэй и Эйринг определили растворимость хлористого натрия в воде с высокой концентрацией D, их данные сведены в табл. 7.

Таблица 7

Растворимость NaCl в воде с высокой концентрацией D

Соль	t°C	Растворимость, г/г		Разница, %	Растворимость в мол. на 1 мол.		Разница, %
		H ₂ O	D ₂ O		H ₂ O	D ₂ O	
NaCl	25	0,359	0,305	15	0,111	0,103	7,2

В 1934 г. Девис и Джонстон провели фракционное разделение изотопных форм воды и водорода действием металлического натрия на воду. К отвешенному количеству воды прибавлялись кусочки чистого натрия; выделяющийся водород сжигался в воду. По окончании опыта были определены плотности для первоначальной воды, для отогнанной от остатков в реакционной колбе и для полученной при сжигании H₂. Результаты сведены в табл. 8, где Δ – разность, t – температура, d – плотность⁵⁹.

Таблица 8

Результаты определения плотности воды

Вода	Количество, г	Δ t	Δ d в 10 ⁻⁶	Полная Δ от обычной воды в 10 ⁻⁶
Исходная	389,2	0,532	149	57,99
Конечная (тяжелая фракция)	332,3	0,601	168	55,82
Конечная (легкая фракция)	57,3	0,179	50	2,86

Поланьи высказал взгляд, согласно которому восстановление щелочными металлами не протекает по электрохимическому механизму, а зависит от связи водных молекул кислородными атомами на поверхности металла, при чем водород освобождается

⁵⁸ Там же.

⁵⁹ Там же.

двумя такими связанными молекулами. Коэффициент разделения натриевой амальгамой показывает, что последняя действует частью электрохимически, частью путем поверхностного окисления на натрий⁶⁰.

Разделение изотопов и обменные реакции дейтерия. Все методы получения дейтерия в сущности сводятся к фракционному разделению обоих изотопов в различных природных смесях, из которых на первом месте стоит вода, представляющая собою смесь легкой и тяжелой воды. Но есть целый ряд других методов, которые основаны на разделении изотопов в газообразном состоянии. При испарении жидкости, содержащей изотопы какого-нибудь элемента, изотопы меньшего веса будут переходить в пар несколько легче, чем более тяжелые. Благодаря этому жидкость будет постепенно обогащаться тяжелыми изотопами, а пар – легкими⁶¹.

Для разделения изотопов, которые находятся в газообразном состоянии используется диффузия – проникновение газа через очень маленькие отверстия в особых пористых перегородках. Легкий изотоп просачивается через такие отверстия несколько быстрее, чем тяжелый. В результате по одну сторону перегородки оказывается небольшой избыток тяжелого изотопа, а по другую – легкого⁶². Если через подкисленную природную воду пропустить *электрический ток*, то молекулы воды будут разлагаться на водород и кислород. Оба газа выделяются из воды в виде пузырьков. Легкая вода будет разлагаться электрическим током немного быстрее, чем тяжелая. Поэтому, разлагая почти все взятое количество воды, получают остаток, практически состоящий из чистой тяжелой воды⁶³.

Дейтерий способен вступать в обменную реакцию с водородом. На дейтерий обменивается лишь водород гидроксильной группы. В чистых водных растворах кетоформа не обменивает своих водородов, но в присутствии незначительных количеств щелочи (переход в энольную форму) происходит явный обмен, скорость которого возрастает с увеличением количества щелочи. Такого рода обмен подробно изучен Гальфордом, Андерсоном и Бэтсом; раствор

⁶⁰ Там же.

⁶¹ Там же.

⁶² Лешковцев В.А. Атомная энергия. Москва: Гос. изд-во техн.теор.литер., 1954. 72 с.

⁶³ Там же.

ацетона в утяжеленной воде нагревался в течение трех часов в присутствии небольшого количества поташа, после чего тщательно отфракционированная вода исследовалась на плотность. Из результатов видно усиление обмена с увеличением количества щелочи. Из этих опытов ясно, что действие щелочного катализатора обуславливает образование энольной формы, кислотный водород которой быстро обменивается с дейтерием, причем устанавливается связь углерода с дейтерием⁶⁴.

Шварц и Шейнер показали, что утяжеленная вода в соприкосновении с ацетоном не обнаруживает обмена изотопных водородных атомов ни при 48 час стоянии, ни при 12 час кипячении; но зато в присутствии 0,6 н NaOD в течение 18 час стояния практически все 6H в ацетоне замещаются 6D⁶⁵.

Таким образом, тяжелая вода характеризуется существенными отличиями от обычной, а NaCl морских вод относят к малорастворимым соединениям в тяжелой воде. При испарении морских вод жидкость постепенно обогащается тяжелыми изотопами водорода, а пар легкими. Дейтерий способен вступать в обменную реакцию с водородом, однако на D обменивается лишь водород гидроксильной группы. Действие щелочного катализатора обуславливает образование энольной формы, кислотный водород которой быстро обменивается с дейтерием.

4. Деятельность антициклонов, испарение и конденсация морской воды

Связь между углекислым газом атмосферы и температурой поверхности океана. В морских и океанических водах растворяются не только извергающиеся газы подводных вулканов, но и атмосферный углекислый газ, повышенное содержание которого наблюдается в воздушном пространстве при приходе антициклонов на определенную территорию. Особенно заметным это становится при приходе блокирующего антициклона в умеренные широты, когда в низких широтах он обычно имеет основанием субтропический антициклон, и таким образом

⁶⁴ Фрицман Э.Ф. Природа воды. Тяжелая вода. Ленинград: ОНТИ-Химтеорет., 1935. 314 с.

⁶⁵ Там же.

блокирование западного переноса происходит на огромном пространстве – от субтропиков до полярных широт⁶⁶.

Формирование блокирующих антициклонов характерно для 3 стадии их развития. А возникает антициклон в тылу медленно или быстро перемещающегося холодного фронта молодого циклона (в холодной воздушной массе). Холодный фронт 1-го рода – это медленно перемещающийся, а 2-го рода быстро перемещающийся фронты с непродолжительными ливневыми осадками с грозами и шквалами.

В период блокирующих антициклонов наблюдается не только повышенное атмосферное давление, но и высокая температура воздуха, влияющая на температуру воды на поверхности Мирового океана (рис. 17).

В табл. 9 и 10 представлены проанализированные авторами связь между природными явлениями и растворимостью CO_2 в морской воде, формулы баланса растворимости CO_2 по сезонам и видам барических систем.

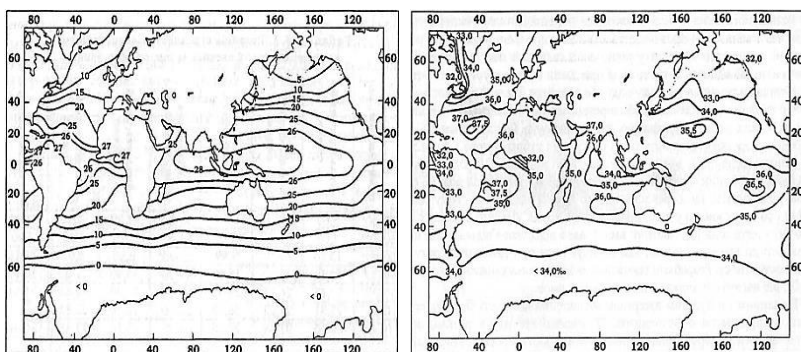


Рис. 17. Среднегодовые температура (°С, слева) и соленость воды (‰) на поверхности Мирового океана⁶⁷

⁶⁶ Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. 5-е изд. перераб. и доп. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 528 с.

⁶⁷ Хильчевський В.К., Дубняк С.С. Основи океанології: підручник. 2 вид., доп. і перероб. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.

Таблица 9

Связь между природными факторами и растворимостью CO₂ в морской воде

Факторы	Растворимость CO ₂
P, атмосферное давление	высокое давление=большая растворимость
T, температура	высокая температура=малая растворимость
Минерализация вод	большая минерализация=малая растворимость

Таблица 10

Баланс растворимости CO₂ по сезонам и видам барических систем

Вид барической системы	Сезон	Формула баланса растворимости CO ₂	Связь растворимости CO ₂ с атмосферным давлением (P) и температурой воздуха (T)
Антициклон	Лето	$\downarrow +CO_{2PВ} - CO_{2TВ} \uparrow$	с плюсом по P _В
	Зима	$\downarrow +CO_{2PВ} \downarrow +CO_{2TН}$	с плюсом по P _В , T _Н
Циклон	Лето	$-CO_{2PН} - CO_{2TВ}$	с минусом по P _Н , T _В
	Зима	$-CO_{2PН} \downarrow +CO_{2TН}$	с плюсом по T _Н

Температура поверхности океана (ТПО) влияет на обмен углекислым газом с атмосферой. Л.Н. Карлин, В.Н. Малинин и С.М. Гордеева на протяжении 30 лет исследовали закономерности этого процесса. Ими изучены среднемесячные значения потока CO₂ за период 1982–2011 гг. в узлах географической сетки с размером ячеек 4°широты x 5°долготы и спутниковые данные о ТПО (температуре поверхности океана) с 1 января 1982 г. по 31 дек. 2012 г. в узлах сетки 0,25°x 0,25° из спутникового архива NOAA OISSTv2. Показано, что изменения ТПО в экваториальной зоне являются главным регулятором межгодовых колебаний результирующего потока CO₂ в системе океан-атмосфера. Авторами учитывались эмпирические внутригодовые соотношения между парциальным давлением CO₂ в поверхностном слое воды (pCO₂5w) и температурой поверхности океана (ТПО)⁶⁸.

Исследованиями выявлено, что поток CO₂ в приэкваториальных широтах (18–14°с.ш.) направлен в атмосферу. В средних и высоких

⁶⁸ Карлин Л.Н., Малинин В.Н., Гордеева С.М. О влиянии температуры поверхности океана на обмен углекислым газом с атмосферой. *Океанология*. 2015, том 55 № 1. С. 16-25.

широтах результирующий поток CO_2 направлен в океан. В Южном полушарии Мирового океана наибольшее значение потока CO_2 отмечается в зоне $38\text{--}42^\circ$ ю.ш., а в Северном полушарии он достигает абсолютного максимума в широтном поясе $66\text{--}70^\circ$ с.ш., то есть вблизи границы Северной Полярной Области.

Выявлено также, что для тропических и субтропических широт обоих полушарий характерны высокие положительные коэффициенты корреляции (r достигает 0,8), между средними годовыми среднеширотными значениями потока CO_2 и ТПО. В экваториальном поясе, а также в умеренных и высоких широтах коэффициенты корреляции имеют уже отрицательные значения. Абсолютный максимум наблюдается в широтной зоне $62\text{--}66^\circ$ с.ш. ($r = -0,94$).

В умеренных и высоких широтах обоих полушарий при росте ТПО происходит увеличение потока CO_2 в океан, а в экваториальной зоне от 6° с.ш. до 10° ю.ш. – уменьшение потока в атмосферу. В тропических и субтропических широтах при росте ТПО поток CO_2 в океан уменьшается, а в зоне $10\text{--}18^\circ$ ю.ш. поток CO_2 в атмосферу увеличивается⁶⁹. Таким образом, изменения ТПО в экваториальной зоне являются главным регулятором межгодовых колебаний результирующего потока CO_2 в системе океан-атмосфера.

Процессы, происходящие при взаимодействии атмосферы и высоких слоев океанических вод. Общеизвестно, что в основе процесса растворения газов лежит диффузия и что газы незначительно растворяются в жидкостях. Однако их растворимость возрастает при повышении давления. Растворимость углекислого газа в воде подчиняется закону В. Генри (1803 г.), то есть концентрация растворенного газа пропорциональна парциальному давлению углекислого газа над раствором. Отсюда следует, что с повышением атмосферного давления (например, при антициклонах) количество углекислого газа, растворенного в морской или океанической водах, увеличивается. Углекислый газ, в отличие от кислорода и азота, химически взаимодействует с водой с образованием угольной кислоты. В зависимости от рН воды диссоциация угольной кислоты происходит по-разному (табл. 11)⁷⁰.

⁶⁹ Там же

⁷⁰ Зенин А.А., Белоусов Н.В. «Гидрохимический словарь» / Под редакцией А.М. Никанорова. Ленинград: «Гидрометиздат», 1988. 240 с.

**Соотношение производных угольной кислоты
в зависимости от рН воды**

Форма производных	рН						
	4	5	6	7	8	9	10
[H ₂ CO ₃ + CO ₂]	99,7	96,2	71,5	20,0	2,4	0,2	-
[HCO ₃ ⁻]	0,3	3,8	28,5	80,0	97,2	95,7	70,4
[CO ₃ ²⁻]	-	-	-	-	0,4	4,1	29,6

При антициклонах верхний слой вышеприведенных вод подкислен растворенным углекислым газом, повышенное содержание которого наблюдается в этот период в атмосферном воздухе. От начала и до прекращения действия антициклона диоксид углерода (CO₂), угольная кислота (H₂CO₃) и производные первой и второй ступеней диссоциации (H⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻) находятся в верхних слоях морских и океанических вод⁷¹.

Однако нельзя не учитывать существующую теорию образования ионных пар. В ней предполагается, что противоположно заряженные ионы объединяются в растворе в достаточно устойчивые нейтральные или заряженные комплексы – ионные пары, в результате чего снижается концентрация свободных ионов), что позволяет объяснить различия между экспериментально найденными величинами коэффициентов активности ионов и расчетными, определяемыми с учетом теории Дебая– Хюккеля, (Huekel, 1925). R.M. Garrels с соавт. (1961, 1962) одним из первых предложил использовать теорию ионных пар при расчете активности ионов в морской воде. Ими было подсчитано, что при температуре 25°С и 1013,3 гПа общего давления в ионные пары связано 91 % CO₃²⁻; 46% SO₄²⁻; 31 % HCO₃⁻; 1 % Na и др.⁷²

Авторами проанализированы процессы, происходящие при взаимодействии атмосферы и верхних слоев океанских вод (табл. 12).

⁷¹ Там же.

⁷² Минкина Т.М. и др. Карбонатно-кальциевое равновесие в системе вода-почва. Ростов–на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. 376 с.

Таблица 12

Взаимодействие атмосферы и высоких слоев океанических вод

Процессы, происходящие при взаимодействии атмосферы и высоких слоев океанических вод	Химические реакции	Образующиеся коллоидные растворы, их коагуляция и пептизация
1. Растворение в воде CO_2 вследствие повышения атмосферного давления при антициклонах	$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$	Идет процесс пептизации коллоидного раствора, частицы золя находятся во взвешенном состоянии и не оседают.
2. Образование в верхних слоях воды солей угольной кислоты.	Обменный водород (H^+): ($\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$; $\text{HCO}_3^- = \text{H}^+ \text{CO}_3^{2-}$) и обменный Na морской воды способствует образованию двух типов солей: NaHCO_3 – кислая гидрокарбонатная соль, NaCO_3 – нормальная соль (карбонат натрия – сода).	Положительно заряженные ионы взаимодействуют с отрицательно заряженными коллоидными частицами и нейтрализуют их. Электро-нейтральные частички склеиваются одна с другой (в состоянии геля коллоидный раствор приобретает свойство клея).
3. Термическое (вследствие повышения t° воздуха и воды) разложение малорастворимого гидрокарбоната натрия с выделением CO_2 и растворимого карбоната натрия	$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	Вследствие термического воздействия капли геля испаряются с образованием кристаллических частиц – сухих ядер конденсации
4. Понижение температуры воздуха и воды. Начало процесса конденсации.		Гель в виде воздушных кристаллических частиц (ядер конденсации гидрофильного натрия) захватывает и удерживает количество воды в 1000 раз больше своей массы.

Ион CO_3^{2-} , появляющийся в морских и океанических водах вследствие диссоциации второй ступени угольной кислоты играет важную роль в процессе конденсации, так как известно, что гигантские ядра конденсации состоят из карбонатов и силикатов⁷³.

Общеизвестно, что для процесса конденсации необходимо понижение температуры воздуха и наличие ядер конденсации.

⁷³ Проблеми фізики хмар і активних впливів на метеорологічні процеси / За редакцією А.В. Силасва. Київ: видавництво «Наукова думка», 2004. С. 174-180.

Рассмотрим ядра конденсации больших морских и океанических пространств (табл. 13)⁷⁴.

Таблица 13

Характеристика ядер конденсации

Название и размер ядер конденсации	Свойство приобретать водную оболочку	Химический состав ядер
Ядра Айткена	Отсутствует	до 20% водорастворимых веществ
Большие ядра	Имеется	до 30% сульфата аммония
Гигантские ядра	Имеется	карбонаты, силикаты

В условиях атмосферы центрами конденсации являются частички атмосферного аэрозоля. Размер ядер конденсации находится в очень широких пределах от $5 \cdot 10^{-3}$ до 20 мкм. Этот диапазон условно разделяют на три группы ядер, ответственных за различные свойства атмосферы. Ядра радиусом от $5 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-1}$ мкм называют ядрами Айткена (в честь английского физика Дж. Айткена, который осуществил их пионерные исследования на рубеже XIX и XX в). Их концентрация колеблется от 1 до $1 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$. Вторую группу составляют так называемые большие ядра (радиусом от 0,2 до 1 мкм), средняя концентрация которых – около 10^2 см^{-3} . Ядра радиусом более 1 мкм называют гигантскими, их концентрация обычно не превышает $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-375}$.

По расчетам Л. Хосинга, для того чтобы сработал механизм коагуляции, необходимо наличие капель с радиусом $r \geq 18$ мкм. Появление таких капель в облаке за счет конденсационного увеличения маловероятно, поэтому для запуска коагуляционного механизма они должны попасть в облако из внешних источников. А. Вудкок считает, что природным источником больших капель могут быть гигантские ядра конденсации, которые состоят из морской соли. Обладая высокой конденсационной активностью, эти ядра могут относительно быстро вырасти до необходимого размера и запустить коагуляционный процесс⁷⁶.

Карбонаты и гидрокарбонаты в химическом составе вод суши и океана. Общеизвестно, что воды рек, озер относятся

⁷⁴ Там же.

⁷⁵ Там же.

⁷⁶ Там же.

к 1 группе маломинерализованных гидрокарбонатных и карбонатных вод ($\text{HCO}_3^- > \text{Ca}_2^+ + \text{Mg}_2^+$)⁷⁷. В качестве примера в табл. 14 представлен проанализированный авторами химический состав вод одного из типичных небольших озер степи, озера Сосновое Станично-Луганского района Луганской области (площадь зеркала 7500 м², максимальная глубина 4,5 м).

Таблица 14

Химический состав вод озера Сосновое

Наименование, массовая концентрация компонента	Результаты анализа				Методики исследований
	мг/дм ³	Погрешность ±Δ	ммоль/дм ³	%	
Калий	7	1	0,18	0,91	ГОСТ 23268.7-78/1/
Натрий	145	24,7	7,17	36,2	ГОСТ 23268.6-78/1/
Кальций	130	8,4	8,45	42,7	ГОСТ 23268.5-78 МВВ 081/12-0006-01
Магний	49	2,4	4,00	20,2	
Железо общее	0,15	0,07	-	-	ГОСТ 4011-72
Аммоний	<0,05	0			ГОСТ 4192-82
Кремниевая кислота	25	1,2			МВВ 081/12-0015-01
Жесткость: общая; карбонатная; некарбонатная		0,6	12,45 5,75 6,7		ГОСТ 4151-72/1/ Расчетная Расчетная
рН	7,3	0,1			МВВ 081/12-0317-06/1/
Хлориды	130	20,6	3,5	29,1	МВВ 081/12-0004-01 ГОСТ 4245-72
Сульфаты	175	39,4	4,3	41,1	ГОСТ 4389-72, МВВ 081/12-0177-05
Гидрокарбонаты	269	10,5	4,8	28,8	ГОСТ 23268.3-78/4/
Карбонаты			Нет		
Нитриты	<0,003	0			ГОСТ 4192-82
Нитраты	11	2,7	0,18	0,9	ГОСТ 18826-73
Окисляемость	4,64	0,5			ГОСТ 23268.12-78
Сухой остаток: экспериментальный; вычисленный	939 920	63,5			ГОСТ 18164-72 МВВ 081/12-0109-03
Сумма мин. веществ	1045				Расчетная

Установлено, что исследованная вода характеризуется повышенной минерализацией (1,05 г/дм³) и относится к категории солоноватых. По химическому составу она гидрокарбонатно-

⁷⁷ Зенин А.А., Белоусов Н.В. «Гидрохимический словарь» / Под редакцией А.М. Никанорова. Ленинград: «Гидрометиздат», 1988. 240 с.

натриевая. Содержание гидрокарбоната натрия в воде составляет 269 мг/дм³.

Согласно классификации вод О.А. Алекина воды морей и океанов относятся к 3 группе хлоридных высокоминерализованных вод ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ или $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$)⁷⁸. Как же может происходить трансформация хлоридных высокоминерализованных вод в гидрокарбонатные, то есть в углекислые? Верхний слой морских (океанических) вод может переходить в гидрокарбонатные в период пребывания над водными поверхностями антициклонов, так как с повышением атмосферного давления количество углекислого газа, растворенного в воде, увеличивается.

Антициклональная деятельность в летний период над континентами также оказывает свое воздействие на водную поверхность. Ниже приведены примеры влияния жаркого периода дня на химический состав вод континентов.

Резкое изменение рН гидрокарбонатных вод Луганского водохранилища в жаркий летний период (9-10 и выше) зафиксировано авторами совместно со студентами направления «Гидрометеорология» лично (рис. 18)⁷⁹, а также описывается в ряде научных работ. К примеру, наблюдениями И.Н. Гоголева и Т.Б. Хохленко⁸⁰ установлено, что в поливной воде Одесской области периодически появляется CO_3^{2-} , и при этом возрастает величина рН.

При поливе в Килийском районе Одесской области в 6 часов утра температура воды была равна 22°C, рН – 7,6, ион CO_3^{2-} отсутствовал, $\text{HCO}_3^- = 3,3$ мг-экв/л. В 17 часов температура воды повысилась до 28°C, возросла величина рН до 8,7, появился ион $\text{CO}_3^{2-} = 0,40$ мг-экв/л, величина HCO_3^- несколько снизилась – 3,05 мг-экв/л. Следовательно подтверждается вывод гидробиологов о резком подщелачивании среды при сдвиге карбонатно-кальциевого равновесия в жаркий период дня⁸¹.

⁷⁸ Там же.

⁷⁹ Зубов А.Р., Зубова Л.Г. Гидрологические особенности рек бассейнов Азовского и Черного морей: монография. Луганск: Издательство ФЛП Пальчак А.В., 2017. 230 с. URL: <http://www.geokniga.org/books/20736>.

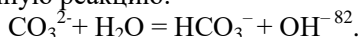
⁸⁰ Гоголев И.Н., Хохленко Т.Н. Об одном из возможных путей образования соды в орошаемых почвах Украины // Материалы совещания в г. Одессе, 1970. С. 115-118.

⁸¹ Новикова А.В., Гаврилович Н.Е. «Содопроявление и ощелачивание в богарных и орошаемых почвах юга Украины». Харьков, 2007. 80 с.



Рис. 18. Исследование вод Луганского водохранилища (фото Л.Г. Зубовой)

Опираясь на теорию Бренстеда-Лоури, химики установили, что на повышение щелочности влияют карбонат-ионы и другие соединения, являющиеся основаниями, и способные присоединять протон при взаимодействии с кислотой при определении щелочности. Например, карбонат-ион CO_3^{2-} при взаимодействии с водой присоединяет протон и превращается в гидрокарбонат-ион HCO_3^- , а вода, отдавая протон, переходит в OH^- , поэтому раствор приобретает щелочную реакцию:



Обищность между испарением, конденсацией и ценным процессом на медленных нейтронах. Еще в прошлом веке учеными высказывались мысли относительно того, что естественный процесс испарения и деление ядра имеют сходство. Бор указывал, что испускание нейтрона ядром «представляет особенно удачную аналогию испарению жидкого или твердого тела при низких температурах», и отмечал, что «Я.И. Френкель впервые предложил применить к вероятности вылета нейтрона из составного ядра обычную формулу для испарения»⁸³.

В 1934 году Гильфилэн первым выступил с сообщением относительно неоднородного изотопного состава морской воды. Позже, в том же году Бриско с сотрудниками выявил, что вода

⁸² Там же.

⁸³ Кудрявцев П.С. Курс истории физики. Учеб. пособие 2 изд., испр. и доп. Москва: Просвещение, 1982. 448 с. URL: <http://izd.pskgu.ru/ebooks/kps016.htm>

Мертвого моря имеет большую плотность, обусловленную концентрированием D под влиянием фракционного испарения при низкой температуре⁸⁴. В статье «Влияние водородсодержащих веществ на радиоактивность, наведенную нейтронами», написанную Ферми совместно с Э. Амальди, Б. Понтекорво, Ф. Разетти и Э. Сегре, были высказаны следующие предположения: «Нейтроны быстро теряют энергию в ряде повторных столкновений с ядрами водорода... можно ожидать, что после нескольких соударений нейтроны будут двигаться подобно молекулам диффундирующего газа, достигая в конечном счете энергий, соответствующих тепловому движению»⁸⁵. Соответственно выявлено, что процессы испарения и деления ядра имеют много общего.

Как же вписывается дальнейшее поведение нейтронов в последующий после испарения процесс конденсации, и какое влияние оказывает температура?

Камера Вильсона позволила видеть движение отдельных элементарных частиц. Элементарная частица пронизывала камеру, наполненную перенасыщенным водяным паром, и вызывала ионизацию молекул вдоль своей траектории до тех пор, пока не расходовала всю энергию и не останавливалась⁸⁶.

Согласно работы Фридмана Э.Ф.⁸⁷ Оддо, исходивший из литературных данных, показал, что плотность насыщенного водяного пара ниже 32°C больше вычисленной по правилу Авогадро, и поэтому считал, что при температурах ниже 32°C происходит диссоциация $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$, а выше 32°C – ассоциация $2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow (\text{H}_2\text{O})_2$. Диссоциацию ниже 32°C он рассматривает как естественную ионизацию водяного пара, имеющую большое значение в природе.

Дейтерий способен вступать в обменную реакцию с водородом. На дейтерий обменивается лишь водород гидроксильной группы. В чистых водных растворах кетоформа не обменивает своих водородов, но в присутствии незначительных количеств щелочи (переход в энольную форму) происходит явный обмен, скорость

⁸⁴ Фрицман Э.Ф. Природа воды. Тяжелая вода. Ленинград: ОНТИ-Химтеорет., 1935. 314 с.

⁸⁵ Кудрявцев П.С. Курс истории физики. Учеб. пособие 2 изд., испр. и доп. Москва: Просвещение, 1982. 448 с. URL: <http://izd.pskgu.ru/ebooks/kps016.htm>

⁸⁶ Там же.

⁸⁷ Фрицман Э.Ф. Природа воды. Тяжелая вода. Ленинград: ОНТИ-Химтеорет., 1935. 314 с.

которого возрастает с увеличением количества щелочи. Такого рода обмен подробно изучен Гальфордом, Андерсоном и Бэтсом; действие щелочного катализатора обуславливает образование энольной формы, кислотный водород которой быстро обменивается с дейтерием, причем устанавливается связь углерода с дейтерием⁸⁸.

Шварц и Шейнер показали, что утяжеленная вода в соприкосновении с ацетоном не обнаруживает обмена изотопных водородных атомов ни при 48 час стоянии, ни при 12 час кипячении; но зато в присутствии 0,6 н NaOD в течение 18 час стояния практически все 6H в ацетоне замещаются 6D⁸⁹.

Таким образом, изменения ТПО в экваториальной зоне являются главным регулятором межгодовых колебаний результирующего потока CO₂ в системе океан-атмосфера. С повышением атмосферного давления при антициклонах увеличивается количество углекислого газа, растворенного в водах с образованием угольной кислоты. Появляющийся вследствие ее диссоциации ион CO₃²⁻, играет важную роль в процессе конденсации, а верхний слой вод может переходить в гидрокарбонатные. Можно констатировать, что наблюдается общность между испарением, конденсацией и цепным процессом на медленных нейтронах. Процесс испускания нейтронов ядром «вписывается» в естественный физический процесс испарения и конденсации, но с учетом некоторых температурных показателей.

5. Моделирование процесса конденсации воды

Для изучения особенностей процесса конденсации в лабораторных условиях необходимо иметь соответствующее оборудование, позволяющее определить интенсивность процесса в зависимости от различных факторов, включая насыщенность влажного воздуха ядрами конденсации различных видов.

Получение воды путем процесса конденсации. Первоначально был разработан алгоритм расчета производительности установки для получения воды путем процесса конденсации. Для этого были поставлены две подзадачи:

- а) определение количества воды на выходе из любого генератора воды;
- б) определение затрачиваемой для этого энергии.

⁸⁸ Там же.

⁸⁹ Там же.

На рис. 19 представлена предложенная нами блок-схема расчета массы конденсата m_B^{90} . Исходными параметрами расчета m_B и производительности любого генератора воды (расхода воды $Q_{\text{воды}}$ на выходе) являются: $Q_{\text{вх}}$ – расход воздуха, проходящего через генератор, t_1 – температура атмосферного воздуха, ϕ – его относительная влажность. Управляемый параметр – это t_2 – температура холодильной установки.

Рассмотрим пример использования алгоритма для порции воздуха массой 1 кг при $t_1 = 25^\circ\text{C}$, $\phi = 50\%$.

Вначале определяем массу конденсирующейся воды.

1. По известной относительной влажности и температуре, измеряемой по «сухому» термометру психрометра, используя психрометрические формулы, или табл. 15⁹¹ находим температуру точки росы: $t_p = 13,9^\circ\text{C}$.

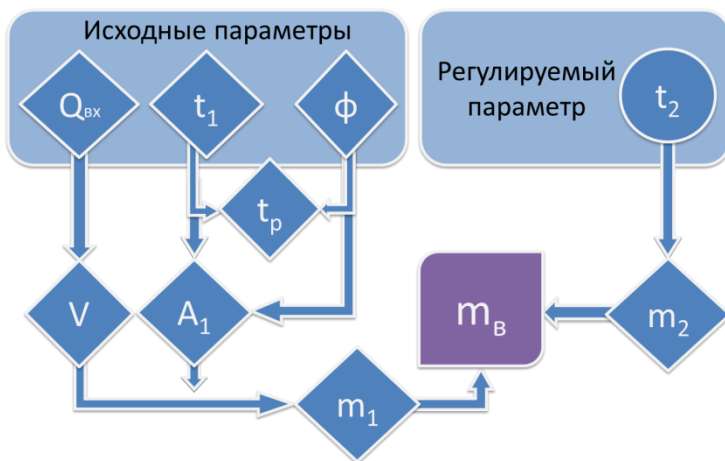


Рис. 19. Блок– схема алгоритма определения производительности генератора воды

⁹⁰ Зубов А.Р., Зубова Л.Г., Арутюнян К.Г. Исследование проблемы компенсации недостаточности мировых ресурсов пресной воды / *Вода: проблеми та шляхи вирішення*: матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю (технологічні, екологічні, економічні і соціальні аспекти), 6-8 липня 2016 р., м. Рівне, 2016. С. 69–75.

⁹¹ Там же.

2. По табл. 16 определяем максимальное влагосодержание воздуха при температуре $t_1 = 25^\circ\text{C}$: $A^*_1 = 23,8 \text{ г/м}^3$. По нему и относительной влажности $\varphi = 50\%$ определяем абсолютную влажность воздуха $A_1 = 11,9 \text{ г/м}^3$. Это масса водяного пара m_1 в 1 м^3 воздуха. Переведем массу воздуха 1 кг в объем по формуле $V = m/\rho$. Плотность ρ сухого воздуха при заданной температуре и нормальном атмосферном давлении равна $1,185 \text{ кг/м}^3$, поэтому $V = 0,844 \text{ м}^3$.

Находим количество воды, содержащейся при абсолютной влажности $A_1 = 11,9 \text{ г/м}^3$ в 1 кг воздуха: $m_1 = 11,9 \cdot 0,844 = 10,02 \text{ г}$.

Таблица 15

Значения температуры точки росы ($^\circ\text{C}$)

Относительная влажность φ , %	Температура по сухому термометру $t_{\text{сух}}$, $^\circ\text{C}$										
	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
20	-20	-18	-16	-14	-12	-9,8	-7,7	-5,6	-3,6	-1,5	-0,5
30	-15	-13	-11	-8,9	-6,7	-4,5	-2,4	-0,2	1,9	4,1	6,2
40	-12	-9,7	-7,4	-5,2	-2,9	-0,7	1,5	3,8	6,0	8,2	10,5
50	-9,1	-6,8	-4,5	-2,2	0,1	2,4	4,7	7,0	9,3	11,6	13,9
60	-6,8	-4,4	-2,1	0,3	2,6	5,0	7,3	9,7	12,0	14,4	16,7
70	-4,8	-2,4	0,0	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,1
80	-3,0	-0,6	1,9	4,3	6,7	9,2	11,6	14,0	16,4	18,9	21,3
85	-2,2	0,2	2,7	5,1	7,6	10,1	12,5	15,0	17,4	19,9	22,3
90	-1,4	1,0	3,5	6,0	8,4	10,9	13,4	15,8	18,3	20,8	23,2
95	-0,7	1,8	4,3	6,8	9,2	11,7	14,2	16,7	19,2	21,7	24,1
100	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0

Таблица 16

Максимальное насыщение воздуха влагой при температуре от 0 до $+35^\circ\text{C}$

Температура, $^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20	25	30	35
A^*_1 , г/м^3	4,98	6,86	9,51	13,04	17,69	23,76	31,64	41,83
Температура, $^\circ\text{C}$	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
A^*_1 , г/м^3	4,98	3,42	2,37	1,61	1,08	0,7	0,45	0,29

Определяем максимально возможную массу воды m_2 при температуре охлаждения t_2 , равной, например, 0°C . Так как воздух насыщен, его влажность φ будет равна 100% . Из табл. 16 при данной температуре m_2 равна $4,98 \text{ г}$. Вычитая m_2 из m_1 , получаем разность $m_b = 5,04 \text{ г}$ (табл. 17). Это масса воды, получаемой из 1 кг воздуха при понижении его температуры от 25 до 0°C при исходной относительной влажности $\varphi = 50\%$.

Таблица 17

Показатели для определения массы конденсата

Абсолютная влажность воздуха A_1 при t_1 , г/м ³	Объем 1 кг воздуха V , (м ³)	Масса воды m_1 в 1 кг воздуха при t_1 и A_1 , г	Масса воды m_2 в 1 кг воздуха при t_2 , г	Масса конденсата m_b , (г)
11,9	0,844	10,02	4,98	5,04

Далее определяем производительность генератора по формуле:

$$Q_{\text{воды}} = \rho m_b Q_{\text{вх}} \cdot \text{г/с} = 3,6\rho(A_1 - A_2)Q_{\text{вх}}, \text{ кг/час.}$$

Энергия, необходимая для получения воды имеет четыре составляющие:

1. Энергия, затраченная на охлаждение 1 кг воздуха до точки росы:

$$Q_1 = (t_{\text{вх1}} - t_p) C_1,$$

где $C_1 = 1,005 + 1,807 \cdot (d_1/1000)$ – удельная теплоемкость воздуха с ненасыщенным водяным паром, кДж/(кг·°C); 1,005 – удельная теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг·°C); 1,807 – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°C); d_1 – исходное удельное влагосодержание воздуха (10,02 г/кг);

$$C_1 = 1,005 + 1,807 \cdot 0,010 = 1,023 \text{ (кДж/кг·°C);}$$

$$\text{а } Q_1 = (25 - 13,9) \cdot 1,023 = 11,36 \text{ кДж;}$$

2. Энергия, затраченная на охлаждение 1 кг воздуха от точки росы до t_2 :

$$Q_2 = m_{\text{вх}}(t_p - t_2)C_2,$$

где $m_{\text{вх}}$ – средняя масса воздуха в период конденсации воды, а C_2 – удельная теплоемкость воздуха с насыщенным водяным паром, кДж/(кг·°C);

$$C_2 = 1,005 + 1,807 \cdot ((d_1/1000 + d_2/(1000 - m_b))/2) = 1,019 \text{ кДж/кг·°C;}$$

где d_2 – конечное удельное влагосодержание воздуха (4,98 г/кг);

$$Q_2 = (1 - 0,005) \cdot (13,9 - 0) \cdot 1,019 = 14,09 \text{ кДж.}$$

3. Энергия на компенсацию тепловыделения при конденсации воды: $Q_3 = m_b \cdot r$,

где r – удельная теплота конденсации; $r = (2500 - 2,72t_{\text{вх}})$ кДж/кг⁹²; при температуре воздуха $t_{\text{вх}} = 10^\circ\text{C}$ $r = 2473$ кДж/кг;

$$Q_3 = 0,00504 \text{ кг} \cdot 2473 \text{ кДж/кг} = 12,46 \text{ кДж.}$$

⁹² Моргунов В.К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений: Учебник / В.К. Моргунов. Ростов/Д.: Феникс; Новосибирск: Сибирское соглашение, 2005. 331 с.

4. Затраты энергии на работу компрессора: $Q_4 = A \cdot V$,
где V – объем осушаемого воздуха, м^3 (при его массе 1 кг $V = 0,844 \text{ м}^3$),

$A = P \cdot T$ – затраты энергии на прокачку 1 м^3 воздуха;
где P – мощность компрессора, Вт; $T = V/Q_{\text{вх}}$ – продолжительность прокачки.

Для единичного объема воздуха $T = 1/Q_{\text{вх}}$, поэтому $A = P/Q_{\text{вх}}$.

В нашем случае, при $P = 400$ Вт и $Q_{\text{вх}} = 0,01 \text{ м}^3/\text{с}$, получаем:
 $A = P/Q_{\text{вх}} = 40000 \text{ Вт}/(\text{м}^3/\text{с}) = 40 \text{ кДж}/\text{м}^3$; поэтому

$$Q_4 = A \cdot V = 40 \text{ кДж}/\text{м}^3 \cdot 0,844 \text{ м}^3 = 33,76 \text{ кДж}.$$

Таким образом, $\Sigma Q = (11,36 + 14,09 + 12,46 + 33,76) \text{ кДж} = 71,7 \text{ кДж} = 71,7 \text{ кВт} \cdot \text{с} = 0,0199 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 19,9 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$.

В пересчете на 1 кг (1 л) получаемой воды затраты энергии составят $3,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. Поскольку здесь не учтен КПД, их можно считать *теоретическим минимумом* при данных исходных температуре и влажности воздуха.

Приняв КПД процесса равным 70%, получим, что энергозатраты на генерирование воды из воздуха при данных условиях будут равны $5,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{л}$.

При стоимости 1 $\text{кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии в Украине 1,68 грн. стоимость 1 литра получаемой воды будет равна 9,41 грн. Но она может быть и ниже – при абсолютной влажности воздуха выше $12 \text{ г}/\text{м}^3$.

В табл. 18 представлена относительная влажность воздуха и средняя температура одних из самых засушливых стран мира. Например, для Бахрейна при температуре июля 37° максимальное влагосодержание воздуха равно $41,8 \text{ г}/\text{м}^3$, при средней $\phi = 80\%$ его абсолютная влажность равна $33,4 \text{ г}/\text{м}^3$. Выход воды при этом увеличится в 5,7 раз. Поскольку затраты энергии тоже возрастут – почти вдвое, стоимость воды снизится только в 2,9 раз – до $3,24 \text{ грн}/\text{л}$. С учетом эксплуатационных затрат и амортизационных отчислений реальная стоимость будет выше. Тем не менее, и она будет оправдана при отсутствии других возможностей получения питьевой воды, например, в условиях экспедиции, стихийных и других бедствий.

**Относительная влажность воздуха и температуры воздуха
в засушливых странах мира**

Страна	Относительная влажность, %	Средняя температура января, °С	Средняя температура июля, °С
Катар	69 – 85	20	42
Ботсвана	40 – 53	33	22
Вьетнам	80	18	42
ОАЭ	50-60	26	45
Бахрейн	67-95	17	37

Испытание установки для получения воды из атмосферного воздуха. Для получения воды из воздуха были проведены опыты с разработанной нами экспериментальной установкой (рис. 20).

Она состоит из двух блоков – нагнетающего компрессора мощностью 400 Вт и холодильника, имеющего в данном конкретном случае вид змеевика из алюминиевой трубки длиной $l = 300$ см, с внутренним диаметром $d = 9$ мм и сечением $S = 0,79$ см². Длина холодильника 15 см, ширина 10 см, высота 18 см. Предполагается, что он должен быть размещен в морозильной камере, однако для простоты опытов его размещали в контейнере с охлажденной в ней водой.



Рис. 20. Установка для получения воды путем конденсации и работа с ней

Расход воздушного потока $Q_{вх}$, создаваемого компрессором и проходящего через установку, определяли путем измерения электронным анемометром скорости потока в цилиндрической камере, расположенной на выходе из установки, а также

(для контроля) по времени наполнения полиэтиленовой оболочки с известным объемом V (67,4 л).

В ходе опыта установили, что $Q_{\text{вх}} = V/t = 0,0016 \text{ м}^3/\text{с} = 5,78 \text{ м}^3/\text{ч}$, где $t = 42 \text{ с}$. По расходу $Q_{\text{вх}}$ и продолжительности эксперимента T (30 мин) определили, что через установку был пропущен объем воздуха V^* , равный $2,89 \text{ м}^3$.

Температура воды в холодильной установке в начале опыта $t_{\text{в.хол.1}}$ была равна $+2^\circ\text{C}$, в конце его она повысилась до $t_{\text{в.хол.2}} = +11,5^\circ\text{C}$.

Температура воздуха $t_{\text{вх}}$ на выходе из холодильника в начале опыта была $+4^\circ\text{C}$, а в конце $+10,2^\circ\text{C}$. Этот результат показал, что данная установка способна за время контакта воздуха со стенками трубки змеевика охладить его почти до температуры воды в холодильнике, но за время опыта температура в нем заметно повышается. Поэтому повышается и температура выходящего воздуха, а выход конденсата должен уменьшаться. Чтобы избежать этого температура холодильника должна поддерживаться на начальном уровне.

В табл. 19 приведены значения температуры воздуха по сухому и смоченному термометрам психрометра ($t_{\text{сух}}$ и $t_{\text{см}}$) и рассчитанные по ним психрометрические показатели воздуха, входящего в установку.

Показатели t_p , ϕ , e определяли с помощью психрометрических таблиц, абсолютную влажность воздуха по формуле: $A = 0,8e/(1 + 0,00366t_{\text{сух}})$.

Так как после прохождения через холодильник температура воздуха понижалась вначале до 4°C , а к концу опыта достигла $10,2^\circ\text{C}$, его влагосодержание в холодильнике понижалось в начале опыта до $6,42 \text{ г}/\text{м}^3$, а к концу опыта – до $9,66 \text{ г}/\text{м}^3$, т.е. в среднем до $8,04 \text{ г}/\text{м}^3$.

Таблица 19

Психрометрические показатели воздуха на входе в установку

Параметры	Значения
Температура $t_{\text{сух}}$, $^\circ\text{C}$	23,4
Температура $t_{\text{см}}$, $^\circ\text{C}$	18,0
Точка росы t_p , $^\circ\text{C}$	14,2
Относительная влажность воздуха ϕ , %	56,0
Парциальное давление водяного пара e , гПа	16,2
Абсолютная влажность воздуха A , $\text{г}/\text{м}^3$	12,0

Зная исходное влагосодержание (на входе), равное $A_1 = 12 \text{ г/м}^3$ и среднее на выходе, равное $A_2 = 8,04 \text{ г/м}^3$, рассчитали теоретическую водоотдачу m_b из пропущенного объема воздуха V^* , равного $2,89 \text{ м}^3$:

$$m_b = (A_1 - A_2) \cdot V^* = (12,0 - 8,04) \text{ г/м}^3 \cdot 2,89 \text{ м}^3 = 11,44 \text{ г}.$$

Фактически полученная масса конденсата была равна $7,51 \text{ г}$. Поэтому КПД установки оказался равным: $\eta = 100\% \cdot (7,51 \text{ г} / 11,44 \text{ г}) = 65,6\%$.

Общее количество затраченной энергии за время работы установки

$$\Sigma Q = (35,3 + 48,2 + 18,6 + 718 \text{ кДж}) = 820 \text{ кДж} = 0,228 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

В пересчете на 1 кг получаемой воды энергозатраты составляют $30,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, а с учетом ранее принятого КПД холодильной машины (70%) они возрастают до $43,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч/л}$. Это выше, чем теоретически ($5,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/л}$), но данному результату найдено объяснение.

Как, видим, в структуре общих энергозатрат ΣQ доминирующую часть – $87,6\%$ составили затраты на работу компрессора. Можно ли их снизить? Для ответа определили расход потока, создаваемого компрессором, без пропускания воздуха через холодильник. Время наполнения оболочки снизилось с 42 секунд до 4 -х. Это означает, что за счет потерь напора в холодильнике максимально возможная подача компрессора снижается не менее 10 раз.

Расчет показывает, что при расходе воздуха в установке $0,0016 \text{ м}^3/\text{с}$ скорость потока в трубке равна: $v = Q/S = 0,0016 \text{ м}^3/\text{с} / 0,000079 \text{ м}^2 = 20,2 \text{ м/с}$. Такая большая скорость и приводит к большим потерям напора.

Следовательно, расход энергии можно сократить, усовершенствовав холодильник и снизив потери напора воздуха при его прохождении.

Учитывая время работы установки (30 мин), можно определить ее производительность: $7,51 \text{ г} / 30 \text{ мин} = 0,25 \text{ г/мин} = 15,0 \text{ г/час}$.

Анализируя причины недостаточно высокого КПД и производительности установки, можно предположить также, что второй из них является малое время контакта воздуха со стенками змеевика. Так при длине трубки змеевика $l = 3 \text{ м}$, время прохождения его воздухом t равно $t = l/v = 3 \text{ м} / 20,2 \text{ м/с} = 0,15 \text{ с}$.

Поэтому направлениями усовершенствования установки должно стать снижение скорости воздушного потока в холодильнике и увеличение времени прохождения воздуха. Для этого надо уменьшить соотношение расхода и площади сечения потока путем

увеличения количества трубок, снижая их длину так, чтобы время контакта воздуха с их стенками было не менее 2-2,5 с.

Проведенный опыт доказывает возможность имитации атмосферного процесса конденсации в лаборатории. Роль различных ядер конденсации можно изучать, меняя их вид и концентрацию в воздухе на входе в установку.

ВЫВОДЫ

Поскольку климат Земли формируется под воздействием Тихого и Атлантического океанов в северном и Тихого и Индийского океанов в южном полушариях, важную роль в нем играют блокирующие антициклоны, перекрывающие западный перенос воздушных масс и распространяющиеся на огромные территории этих океанов.

Повышенное атмосферное давление при антициклонах, приводящее к растворению избыточного CO_2 в океанической воде с образованием в ее верхнем слое угольной кислоты, и жаркая погода, способствующая ее первичной и вторичной диссоциации, приводят к разделению воды этого слоя при испарении на легкие (испарившиеся) и тяжелые – оставшиеся изотопы, к обмену водорода гидроксильной группы на дейтерий и последующему энольному воздействию щелочного катализатора NaOD по преобразованию верхнего слоя океанической воды в тяжелую – дейтериевую, которая выступает в роли замедлителя при цепном процессе деления ядер U^{235} , U^{233} магматических пород вулканов океанических побережий и островных дуг.

В период холодного фронта 2-го рода – при воздействии грозových ударов по высотным объектам морских побережий – вулканам запускается процесс ядерного деления. Начальный процесс образования тяжелой воды происходит путем электролиза вод ливневых осадков холодного фронта 2-го рода, и продолжается в периоды блокирующих антициклонов путем преобразования, вследствие растворения CO_2 , верхнего слоя морской воды в гидрокарбонатную и последующего энольного воздействия на нее щелочного катализатора NaOD . Сера вулканических образований сернокислого класса под воздействием паров воды разжижается и воздействует на магматические U , Th , способствуя их переходу в состояние, благоприятное для ядерного деления. Гидрокарбонатные воды верхних слоев океанов впоследствии участвуют в

формировании термодинамических геохимических барьеров с последующим послынным отложением известняков.

Ядерное деление U и Th прибрежных вулканов благодаря тяжелой воде происходит на медленных нейтронах и не носит в большинстве своем характер взрыва, вписывается в естественные и постоянно происходящие циклы испарения и конденсации и таким образом участвует в метеорологических процессах, определяющих климат Земли.

Поднятые вопросы трансформации морских (океанических) вод в тяжелые и быстрых нейтронов вулканитов береговой зоны океанов и островных дуг в медленные требуют более глубокого и всестороннего изучения.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются атмосферные процессы, вулканическая деятельность, характеризуются морские воды, их изотопы и радиоактивность. Исследована связь между атмосферой, литосферой и гидросферой. Выявлена связь блокирующих антициклонов и процесса ядерного синтеза вулканитов литосферы. Проанализирована роль тяжелой океанической воды в качестве возможного замедлителя нейтронов. Выполнено моделирование процесса конденсации воды, оценена гипотетическая общность между испарением, конденсацией и цепным процессом урана и тория на медленных нейтронах.

Литература

1. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. Учеб. пособие 2 изд., испр. и доп. Москва: Просвещение, 1982. 448 с. URL: <http://izd.pskgu.ru/ebooks/kps016.htm>
2. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие для вузов. Москва: ООО «Издательство АСТ», 2003. 380 с.
3. Бокша В.Г. Справочник по климатотерапии. Киев: Здоровье, 1989. 208 с.
4. Колесник А.Г. Современные проблемы электромагнитной экологии». / Сб. тр. VI Междунар. научно-практ. конф. «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». 5-8 сентября 2010 г. СОЛ «Лиманчик», Ростов-на Дону: Южный федеральный университет: ЗАО «Ростиздат», 2010. С. 168-172.
5. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. 5-е изд. перераб. и доп. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 528 с.

6. Моргунов В.К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений: Учебник. Ростов/Д.: Феникс. Новосибирск: Сибирское соглашение, 2005. 331 с.

7. Анисимов С.В. Динамика электричества невозмущенной атмосферы средних широт. Сб. тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. С. 19, 18-22.

8. Мареев Е.А. Глобальная электрическая сеть: достижения и проблемы / Сб.тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. 159-163.

9. Акселевич В.И., Мазуров Г.И. О взаимосвязи мезонеоднородностей и атмосферного электричества. / Сб.тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. 14-15 с.

10. Калов Р.Х., Аджиев Х.М. Исследование напряженности электрического поля атмосферы в г. Нальчике, по данным измерителя электрического поля EFM550. / Сб.тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. 101-103 с.

11. Клименко В. Нетепловой дециметровый радиосум из области атмосферного фронта / Сб. тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. 117-119 с.

12. Молодых С.И. и др. Анализ периодов аномальных усилений вариаций электромагнитного поля в диапазоне частот 8-35 Гц / Сб. тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., С.-Петербург. 170-171 с.

13. Антонова В.П., Дробжев В.И., Шлюгаев Ю.В. Наблюдения вариаций электрического поля на Тянь-Шане в разных геофизических условиях, включая сейсмические. / Сб. тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. 29-30 с.

14. Сорокин Л.В. Пространственно-временной анализ распределения разрядов молний в районах сейсмической активности в целях снижения экономических ущербов от природных катастроф. / Сб. тр. VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. 233-234 с.

15. Козлов В.И. и др. Наблюдения всплесков нейтронов во время молниевых разрядов на уровне моря / Сб. трудов VII Всероссийской

конференции по атмосферному электричеству. 24-28 сент. 2012 г., Санкт-Петербург. 125-126 с.

16. Географическое расположение вулканов Сальвадора. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список вулканов Центральной Америки](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_вулканов_Центральной_Америки).

17. Зубова Л.Г., Зубов О.Р., Зубов А.О. Геохімічні особливості сірчаноокислих ландшафтів. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences: Collective monograph*. Riga: Izdevniecība "Baltija Publishing", 2020. Part 1. P. 223-253. [//doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.12](https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.12)

18. Сайт о геологии. URL: <https://nospe.ucoz.ru/index/0-199>

19. Вулканы мира. URL: <https://vbordo.ru/vulkany-mira-deistvuyushchie-i-potuhshie-vulkany-stroenie-vulkanov-vidy-i.html>.

20. Перельман А.И. Биокосные системы Земли. Москва: Изд-во «Наука», 1977. 160 с.

21. Украинские Карпаты. Природа / Голубец М.А., Гаврусевич А.Н., Загайкевич И.К. и др. Киев: Наук. думка, 1988. 208 с.

22. Лазаренко Э.А. По вулканическим Карпатам. Путеводитель. Ужгород: Карпаты, 1978. 96 с. URL: https://tourlib.net/books_tourism/lazarenko.htm.

23. Панас Р.Н. Агроэкологические основы рекультивации земель (На примере месторождений серы Предкарпатского бассейна). Львов: Изд-во при Львов. Ун-те, 1989. 160 с.

24. Андреев В.И. Распределение естественных радиоактивных элементов в твердых вулканитах и радиогенных газах из вулканов и гидротерм Камчатки и Курил: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 2011. 27 с.

25. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: Учебник. Москва: Логос, 2000. 627 с.

26. Зубова Л.Г., Павлюковская Е.И. Особенности рельефа морского дна, сформировавшегося в юрский период / Сб. науч. трудов «Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении» № 1(16) 2016. Луганск, Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2016. С. 171-180.

27. Александров Н.Л., Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Влияние объемного заряда короны в приземном слое на притяжение молнии к высоким объектам. Сб. трудов VII Всеросс. конф. по атмосферному электричеству, 24-28 сент. 2012, Санкт-Петербург. 15-17 с.

28. Аджиев А.Х., Щукин Г.Г., Машуков Х.Х. Результаты испытаний электропроводящих нитей для инициирования искусственных молний. / Сб. трудов VII Всеросс. Конф. по атмосферному электричеству, 24-28 сент. 2012 г. Санкт-Петербург. С. 12-13.

29. Лешковцев В.А. Атомная энергия. Москва: Гос. изд-во техн. теор. литер., 1954. 72 с.

30. Зубова Л.Г. Торий в природе и сернокислых ландшафтах: монография. Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2017. 60 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/2271226/>

31. Водные пути бассейна Лены / Под общей редакцией Р.С. Чалова, В.М. Панченко, С.Я. Зернова. Москва: МИКИС, 1995. 600 с.

32. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський та ін. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 399 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/2300759/grant/>

33. Зубов А.Р., Зубова Л.Г. Гидрологические особенности рек бассейнов Азовского и Черного морей: монография. Луганск: Издательство ФЛП Пальчак А.В., 2017. 230 с. URL: <http://www.geokniga.org/books/20736/>.

34. Фрицман Э.Ф. Природа воды. Тяжелая вода. Ленинград: ОНТИ-Химтеорет., 1935. 314 с.

35. Зубов А.Р., Зубова Л.Г., Арутюнян К.Г. Исследование проблемы компенсации недостаточности мировых ресурсов пресной воды / Вода: проблеми та шляхи вирішення: матеріали наук.-практ. конфер. з міжнар. участю. Рівне, 2016. С. 69-75.

36. Хільчевський В.К., Дубняк С.С. Основи океанології: підручник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 255 с.

37. Карлин Л.Н., Малинин В.Н., Гордеева С.М. О влиянии температуры поверхности океана на обмен углекислым газом с атмосферой. Океанология, 2015. Том 55. №1 С. 16-25.

38. Зенин А.А., Белоусов Н.В. «Гидрохимический словарь» / Под редакцией А.М. Никанорова. Ленинград: «Гидрометиздат», 1988. 240 с.

39. Минкина Т.М. и др. Карбонатно-кальциевое равновесие в системе вода-почва. Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2012. 376 с.

40. Проблеми фізики хмар і активних впливів на метеорологічні процеси / За редакцією А.В. Силаєва. Київ: видавництво «Наукова думка», 2004. С. 174-180.

41. Гоголев И.Н., Хохленко Т.Н. Об одном из возможных путей образования соды в орошаемых почвах Украины // Материалы совещания. Одесса, 1970. С. 115-118.

42. Новикова А.В., Гаврилович Н.Е. «Содопроявление и ощелачивание в богарных и орошаемых почвах юга Украины». Харьков, 2007. 80 с.

Information about the authors:

Zubova Liliia Hryhorivna,

Doctor of Technical Sciences, Professor

Zubov Oleksii Removich,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Zubov Anton Oleksiiovich,

Candidate of Technical Sciences,

Doctoral Candidate

Institute of Agroecology and Environmental Management of the

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

12, Metrological str., Kyiv, 03143, Ukraine