

УДК 556.33.632

Усупаев Ш.Э.¹, Едигенов М.Б.², Лагутин Е.И.¹ЦАИИЗ,² Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР

ГЕОРИСКИ ГИДРОСФЕРЫ ЗЕМЛИ В СУБЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Аннотация: В статье рассматриваются особенности распространения и проявления георисков водного характера.

Ключевые слова: геориск, геологическая среда, геогидрология, водные ресурсы.

БОРБОРДУК АЗИЯНЫН СУББӨЛҮГҮНДӨГҮ ЖЕРДИН ГИДРОСФЕРАСЫНЫН ГЕОТОБОКЕЛДИКТЕРИ

Кыскача мазмуну: Бул макалада суу мүнөзүндөгү геотобокелдиктеринин таралышынын өзгөчөлүктөрү жана көрүнүшү каралат.

Түйүндүү сөздөр: геотобокелдик, геологиялык чөйрө, геогидрология, суу ресурстары.

GEORISKS OF THE EARTH HYDROSPHERE IN THE SUBPART OF THE CENTRAL ASIA

Abstract: The peculiarities of distribution and occurrence of water induced georisks are presented at the paper.

Keywords: geo-risk, geological environment, geohydrology, water resources.

Вода и её составные компоненты представлены практически во всех геосферах, а, с позиций концепции изначально гидридной Земли, содержатся в форме аномально уплотнённых гидридов металлов, как в жидкой, так и твёрдой ядрах нашей планеты [1-4, 13].

В настоящее время серией наук о Земле, а именно, вулканологией, геотермией, петрологией и металлогенией, доказано участие воды в геологических процессах, происходящих на больших глубинах, где в условиях метаморфизма и гранитообразования огромная роль принадлежит эндогенной, т.е. ювенильной воде.

По определению Вернадского В.И. [1], исследовавшего «Химическую эволюцию Земли», единственным источником воды, как на поверхности, так и в недрах нашей планеты является мантия Земли. В 1962 году Дерпгольц В.Ф. создал учение о «Гидрохлоросфере», а позднее, в монографии «Глубинная гидросфера Земли» Гавриленко Е.С. и Дерпгольц В.Ф. были предложены и разработаны первые научные основы нового направления в науках о Земле - «Геогидрологии» [2, 3].

По определению Лагутина Е.И. [15], геогидрология - это наука о региональном подземном стоке зоны активного водообмена в подземной гидросфере с учётом общего круговорота воды на Земле.

На карте геогидрологического районирования территории Кыргызстана, составленной Лагутиным Е.И., выделены в качестве наиболее крупных таксонов два структурных внутриконтинентальных орогена: 1 - Тянь-Шань и 2 - Памиро-Алай, которые делятся на 4 геогидрологических подрегионов (1- Иссык-Кульский, 2- Внутренне-Тянь-Шаньский, 3- Хан-Тенгрикий, 4- Юго-Западный Тянь-Шань). К третьим, по иерархии уменьшения, таксонам относятся районы геогидродинамических систем: 1- Алатауский, 2- Сонкульский, 3- Нарынский, 4 - Тогуз-Тороузский, 5- Чуйский, 6- Аксайский, которые являются

геогидрологическими и выделены на основе типологической группировки бассейнов подземного стока [15].

В работах Макаренко Ф.А., Ильина В.А., Кононова В.И., Поляк Б.Г. [4], исследовавших глубинные источники воды отмечено, что количество воды, выделившееся в течение геологического времени на поверхность нашей планеты, составляет 0,0002% от её объема, имеющегося до сих пор в недрах мантии Земли - в подземной гидросфере.

Вода широко представлена в ионосфере на высотах от 80 до 300 км и атмосфере – вплоть до поверхности Земли (в океанах, морях, озерах, речной сети, водохранилищах, ледниках). В Земле водная компонента находится в виде высокомолекулярных растворов на глубинах от 25 до 70 км, а химически связанная вода распространена на глубинах от 70 до 300 км. На каждом высотном и глубинном уровнях нахождение воды в результате взаимодействия с твёрдой, флюидной, газовой компонентами формируются и проявляются опасные изменения природной среды, активизирующие геориски водного характера.

Гавриленко Е.С. [3], исследовавший гидрогеологию тектоносферы, подчеркивает о весьма высокой обводнённости мантии и широком распространении активной глубинной воды в стратифицированных разновозрастных слоях литосферы.

Возраст гидросферы оценивается 4-3,5 млрд. лет; вода возникла за счёт дегазации мантии Земли. Максимальное количество воды на Земле сформировалось 1,5 млрд. лет тому назад в раннем рифее. Вероятно, в это время активно были развиты геориски водного характера. По оценке Вернадского В.И. [1] в земной коре и мантии количество воды составляет до 30 млрд. км³.

Ежегодно за счёт дегазации мантии в гидросферу поступает до 1 км³ воды. Вероятно поступление данного количества глубинной (ювенильной) воды сопровождается проявлением георисков, например, подготовкой и реализацией сейсмических явлений, зарождением и расширением глубинных разломов.

Количество воды в пределах наземной гидросферы составляет 1,5 млрд. км³, т.е. ювенильная вода, которая еще содержится в мантии и из неё выделяется, в 19 раз превышает её содержание в выше расположенной гидросфере.

Таким образом, геогидросфера в отличие от гидросферы, представленной водой океанов (по мнению многих исследователей), включает всю атмосферную влагу, воду Мирового океана и содержащуюся в недрах Земли. При этом, астеносфера является одной из наиболее активных геосфераций, генерирующей воду, выделяющуюся из флюидов геогидросферы, которая по глубинным разломам из мантии мигрирует и поставляется в вышележащие геологические тела, вплоть до выхода на поверхность планеты.

Формирование и взаимосвязь природных вод эндогенного и экзогенного характера, которые могут активизировать геориски, осуществляется преимущественно геогидрологическим путём, а в приповерхностной части Земли – и гидрогеологическим.

Эндогенная (ювенильная) вода в пределах верхней мантии, вытесняясь из нижележащей астеносферы, активно принимает участие в процессах, формирующих геориски в виде метаморфизма, метасоматоза и гранитообразования, и далее, освободившаяся часть воды, в виде постмагматических и метаморфогенных «отработанных» растворов, вытесняется в выше расположенные осадочные слои, смешиваясь с метеорными (вадозными) водами экзогенного происхождения.

Глубинная (эндогенная) вода играет большую роль в образовании полезных ископаемых, особенно при гидротермальном рудообразовании.

В гидросфере вода в форме природных льдов распределена на площади 72,4 млн. км² и занимает более половины поверхности суши. Объём природных льдов достигает более 30 млн. км³, что составляет 70 % от объёма пресных вод. Столько воды могут накопить на планете все реки Земного шара лишь за 700 лет.

Вода, существовавшая в различных фазовых состояниях, является участником формирования многочисленных типов георисков, как абразии берегов, русловая эрозия,

пульсации и обрушения ледников, криогенные опасности, сходы лавин, подтопления, цунами, вулканы.

По М.И. Львовичу [5] 2 млрд. населения земли в настоящее время не обеспечены питьевой водой. Именно, неравномерное распределение водных ресурсов на Земле и их запасов, представляет для населения планеты геориски.

Водные ресурсы используются в продовольственных, питьевых, сельскохозяйственных и гидроэнергетических целях, а их неравномерное распределение создаёт не только дискомфорт для проживания и жизнедеятельности населения в т.ч. в регионе Центральной Азии, а также создаёт геориски природного и техногенного характера.

Геориски водного характера заключаются во внезапном или медленном истощении водных ресурсов и запасов, или в связи с глобальным изменением климата резком увеличении и их избытке, неравномерном распределении, загрязнении, а также их грозном воздействии на окружающую геологическую среду в виде опасных процессов и явлений водного характера.

Например, количество населения в Китае, необеспеченное должным образом водой, в 2000 г. достигало 379 млн. человек, а в 2009 г. составило более 200 млн. человек. При этом затраты на обеспечение водой 160 млн. сельчан составили около 6 млрд. долларов США, или 37,5 долларов США на 1 человека. На территории Кыргызской Республики количество населённых пунктов, необеспеченных гарантированной по стандартам питьевой водой, составляет не менее 1000. Отсутствие или дефицит воды формирует неблагоприятные условия, сопряжённые с появлениями георисков для населения и территорий.

Водопотребление по странам света распределено следующим образом: Азия - 56 %, Северная Америка - 19,4 %, Европа - 18,2 %, Африка - 3,1 %, Южная Америка - 2,1 %, Австралия и Океания - 1,2 %. При этом суммарное безвозвратное расходование воды составляет 2520 км³ в год. Рост водопотребления в условиях глобального изменения климата и демографического роста вызывает дискомфорт для населения и риски бедствий.

Центрально-Азиатский регион в расширенном формате с трансграничными территориями охватывает не менее 21 страны и является своеобразным уникальным сегментом планеты, где на площади суши около 20 млн. км² проживает до 3 млрд. человек населения Земли, в условиях часто проявляющихся многочисленных катастроф и рисков бедствий. Сток пресной воды по бассейнам рек Сырдарьи и Амударьи составляет 150 км³ год. До 90 % водного стока используется в сельском хозяйстве на орошение земель, а 10 % расходуются на нужды населения и промышленности. При рассмотрении границ Центральной Азии в пределах лишь пяти государств СНГ, на площади более 4 млн. км², на территории, наиболее подверженной рискам бедствий, проживает более 55 млн. человек.

В настоящее время, ежегодный водозабор поверхностных и подземных вод в процентах от имеющихся запасов только по отношению к бассейну Аральского моря составляет: для Узбекистана - 100 %, Туркменистана - 85 %, Кыргызстана - 40 %, Казахстана - 23 %, Таджикистана - 20 %.

В пределах горно-складчатой территории Кыргызстана и Таджикистана формируются огромные водные ресурсы, гидроэнергетический потенциал которых оценивается более чем в 554 млрд. кВт*ч.

Водохранилища и ГЭС, действующие и вновь строящиеся в горных странах, подвержены георискам в виде индуцированной сейсмичности, подтоплений территорий, приращения сейсмической балльности при высоком подъёме уровня грунтовых вод, проявлений тиксотропии и дилатансии в глинистых и песчаных грунтах.

Происходившие интенсивно во второй половине 20 века и развивающиеся высокими темпами тренды глобального изменения климата, как на Земле, так и в регионе Центральной Азии, имеют две следующие особенности причинно-следственного характера.

Первая особенность заключается в реальном воздействии антропогенной и техногенной инженерной и хозяйственной деятельности человека на увеличение

среднегодовой температуры воздуха на планете, что вызывает деградацию ледников, рост георисков водного и индуцированного характера.

Вторая специфика заключается в том, что в плейстоценовое время происходили более контрастные и интенсивные глобальные изменения палеоклимата в виде смены ледниковых эпох межледниковыми. Поэтому происходящее в настоящее время потепление климата, безусловно, является одним из ритмов смены ледниковых эпох на межледниковые условия.

Самая последняя холодная эпоха палеоклимата датируется 1435 – 1860 гг. н. э. (длилась 425 лет), а тёплая - 985 – 1185 лет н. э. (продолжалась 200 лет).

По данным М.И. Будыко [6], с 1880 г. на планете происходило постепенное потепление климата с максимумом в 1930 г. В современный период, по сравнению с окончанием XIX в., средняя температура воздуха, например, в Северном полушарии повысилась на 0,6 °С.

С позиций глобального изменения климата, на территории Центральной Азии и Кыргызстана к 2100 г., увеличение годовых температур будет на 2,5 – 3,0° С и на 1,3 – 1,7° к 2050 г., что приведёт к одновременному росту количества выпадающих атмосферных осадков за вышеуказанные прогнозируемые времена, соответственно, на 10 - 15 % и 5 – 7%.

Изменения климата приведут и к резкой смене экосистемы территории Центральной Азии со смещением тепловых поясов от 200 м до 600 м вверх по высотной поясности, что увеличит площади территорий пустыней на периферии горных сооружений. Опустынивание земель, наступление на оазисы пустынь в регионе резко увеличит зоны засухи, а это уменьшит продуктивность и снизит урожайность сельскохозяйственных культур на 10-30 %.

Природные воды в своем круговороте и в зависимости от их поверхностного или подземного расположения участвуют в формировании различного рода георисков: цунами, селей, паводков, прорывы плотин горных озер, лавин, обрушения и пульсации ледников, затопления, подтопления, наводнения, карстообразования, гейзеров, рудообразования, сейсмических и геокриогенных опасностей.

Геориски водного генезиса по мере погружения в недра Земли и специфического их аномального поведения в подземных условиях, также сопряжены с подготовкой и проявлением индуцированных опасных процессов и явлений.

Едигенов М.Б. [14] по комплексу горноруднично-гидрогеологического картографирования установил, что многолетнее осушение карьеров и шахтных полей на месторождениях Северного Казахстана в связи с необходимостью водоотведения из горных выработок, требует создание системы накопителей, что приводит к заметным трансформациям верхней гидродинамической зоны и перераспределению нагрузок с нижнего яруса на верхний. Например, на глубинах 1-1,5 км в результате превышения горизонтального напряжения над вертикальным в 3 – 3,5 раза, что вызывает деформационные движения, приводящие к закрытию трещин в кристаллических массивах. Вышеуказанные особенности формирования и распространения воды свидетельствуют, что на различных глубинах протекают процессы благоприятные для активизации георисков.

Следует подчеркнуть, что поступающая из ядра планеты вода пронизывает «металлическую» мантию, где на глубинах 50–70 км водород, соединяясь с кислородом, формируют первые молекулы глубинной воды, которые участвуют при формировании корней глубинных разломов. В регионе Центральной Азии гипоцентры средне фокусных землетрясений формируются именно на выше указанных глубинах.

На территории Центральной Азии во второй половине 20 века произошли катастрофы надрегионального масштаба именно водного характера, к которым относятся:

1. Аральский кризис. Увеличение площади орошаемых земель в бассейне Аральского моря с 2 (до 1950 г.) до 8 млн. га (1989 г.) привело, начиная с семидесятых годов, к прекращению впадения в него р. Сырдарья и сокращению стока р. Аму-Дарья до 5 км³ в год. Второй по величине водоём стран СНГ и четвертый крупнейший в мире - озеро Арал, имевший до катастрофы объём в 1062 км³ воды, в 1989 г. уменьшился за счёт искусственного иссушения

человеком в 3 раза - до 354 км³. В результате произошло заметное изменение климата в Центральной Азии - соли и токсичные соли, выдуваемые ветрами и выносимые воздушным путём из высохшего дна моря на десятки и сотни километров, выпадая из атмосферы на поверхности горных ледников, привели к росту таянья и деградации ледников. Произошло увеличение загрязнённых солями и опустыненных земель в регионе Центральной Азии.

Вследствие вышеприведённого антропогенно-техногенного воздействия произошло необратимое изменение климатической геоэкологии в исследуемом регионе. За 30 лет средняя температура в Каракалпакстане увеличилась на 2° С, а относительная влажность воздуха снизилась с 44% до 32 %. Аральское море, будучи до кризиса усыхания природным климатообразующим барьером на пути вторгающихся в Центральную Азию холодных воздушных масс (ветров) с севера и одновременно дующих горячих ветров с юга, утратило способность смягчать климат, образовывать огромные массы облаков из испаряющегося от поверхности моря водяного пара и поддерживать баланс выпадения снега в горах, возобновлявшего запасы ледников.

2. В качестве второго примера можно взять уникальное, крупнейшее в мире, высокогорное **озеро Иссык-Куль**. Опасные колебания уровня воды в озере Иссык-Куль в конце 20 века сменились сначала стабилизацией, а затем поднятием уровня воды [7,8]. При этом процессы опустынивания береговой зоны сменились георисками - процессами подтопления береговой зоны, вызвавшие разрушительные действия на фундаменты и стены жилых зданий, объектов соцкультбыта и эффект приращения сейсмической балльности.

Глобальное изменение климата отразилось на возрастании температуры водной массы озера Иссык-Куль за период 1983-2007 гг. на 0,51°С.

3. Угроза разгерметизации при землетрясениях и возможность разрушения плотины **озера Сарез** (водоизмещение до 17 км³) в Таджикистане приведёт к нарушению жизнедеятельности нескольких миллионов населения, проживающих на транграничных территориях нескольких стран.

4. Рост затопленных и подтопленных земель в Центральной Азии приводит к увеличению площадей, в которых при землетрясениях будут проявляться эффекты приращения сейсмической балльности.

5. Вода в разломах создаёт благоприятные условия для реализации землетрясений.

6. Многолетняя мерзлота формирует геокриогенные процессы и явления, а деградация мерзлотной обстановки приводит к развитию посткриогенных георисков.

7. В связи с интенсивным развитием ирригационных систем, строительством водохранилищ и ГЭС зарегулированная вода, в результате поверхностной инфильтрации, вызывает высокий подъём уровня подземных вод и подтопление территорий, начиная с глубины зеркала подземных вод 10-15 м и выше, вплоть до выхода грунтовых вод на поверхность, формирует эффекты приращения сейсмической балльности.

Перечисленные типы георисков водного характера, интенсивность которых, в связи с глобальным изменением климата, участились, приводят к росту уязвимости населения и территорий, как на Земле, так и в любом регионе Центральной Азии.

На разработанной инженерно-геономической (ИГН) модели (рисунок 1) показаны, максимальные и минимальные пики размещения геономов выпадающих на планете атмосферных осадков и испарения, а также энергетических (в т.ч. гидроэнергетических) объектов на Земле.

В пределах 23-26° с. ш. на геономах отмечаются минимальные величины испаряемости на фоне роста количества выпадающих атмосферных осадков. Северо-полушарный минимальный пик геонома испаряемости тесно, квазисимметрически, коррелируется на ИГН модели с пересечением геономов экваториальности и территориальности планеты Земля (рисунок 1) [13].

Гидроэнергетические объекты построены на широтах, обеспеченных необходимыми для этого водными ресурсами - в пределах 37-38° с.ш. Атомные электростанции имеют максимальные пики их расположений на широтах- 48-50 °с. ш., т.е. природная среда на указанных широтах наиболее благоприятна для развития гидроэлектростанций и их водообеспеченности. Закономерности распределения наиболее важных гидросферных компонентов, а именно геонемов атмосферных осадков и испарения, свидетельствуют об имеющихся благоприятных условиях для повышения в перспективе потенциала решения водно-энерго-земельных проблем на широтах от 23 до 40 °с. ш. [13].

Инженерно-геономическое (ИГН) моделирование по результатам планетарной оценки распределения полифазных компонентов водных ресурсов позволяет на основе закономерности квазисимметрического распределения максимальных пиков сосредоточения водных объектов расширить регионы водообеспеченности. В планетарном масштабе в пределах 25-40 °с. ш. сосредоточено до 0,5 % от площади суши ледников и до 1,7 % от площади суши подземных льдов.

На разработанных инженерно-геономических (ИГН) моделях Центрально-Азиатский сегмент Земли, располагается в пределах 23-47 °с. ш. [13].

По данным З. Дуйшеновой [9] в пределах пастбищных угодий внутри Тянь-Шаньской почвенной провинции, представленной в Нарынской области 38 почвенными типами, число эродированных почв достигает 100 %, из них 15 % - средне- и 85 % - слабоэродированные. На сенокосных угодьях по степени эродированности почвы распределены в следующем порядке: 52 % – слабо-, 16 % – средне- и 1% - сильноэродированные. На богаре пастбищные угодья на 92 % опустыненные, в т.ч. 48 % - слабо-, 36 % - средне- и 9 % - сильноэродированные.

Ледники Кыргызского Тянь-Шаня, включая такие крупнейшие, как Иныльчек длиной до 60,5 км и общей площадью 847,4 км², подвержены деградации. По данным повторных фото-теодолитных измерений, объёмы ледников в области абляции уменьшились в течение 3 лет до 1,5-2,0 мм, а линейное отступление составило от 25 (ледник Аксуу) до 100 м (ледник Давыдова) [11].

На основе дешифрирования космо- и аэрофотоснимков разных лет наблюдений и картографического сопоставления установлено, что язык ледника Северный Иныльчек, расположенного на востоке Кыргызстана в бассейне реки Сары-Джаз и принадлежащей Таримскому региональному стоку, за последние 20 лет сократился на 8 км [11,12].

Комплексные инструментальные исследования позволили доказать, что площадь ледника в верховье бассейна реки Сокулук, расположенного западнее г. Бишкек на северном склоне Кыргызского хребта, за последние 38 лет уменьшилась на 28 %, причём 8 ледников класса 1 (S=0,5 км²) исчезли, а суммарная площадь сокращения оледенения составила до 9 км². Среднегодовая скорость отступления ледников за период 1963-1986 гг. составила 0,6 %, а за период 1986-2000 гг. возросла более, чем в 2 раза [10].

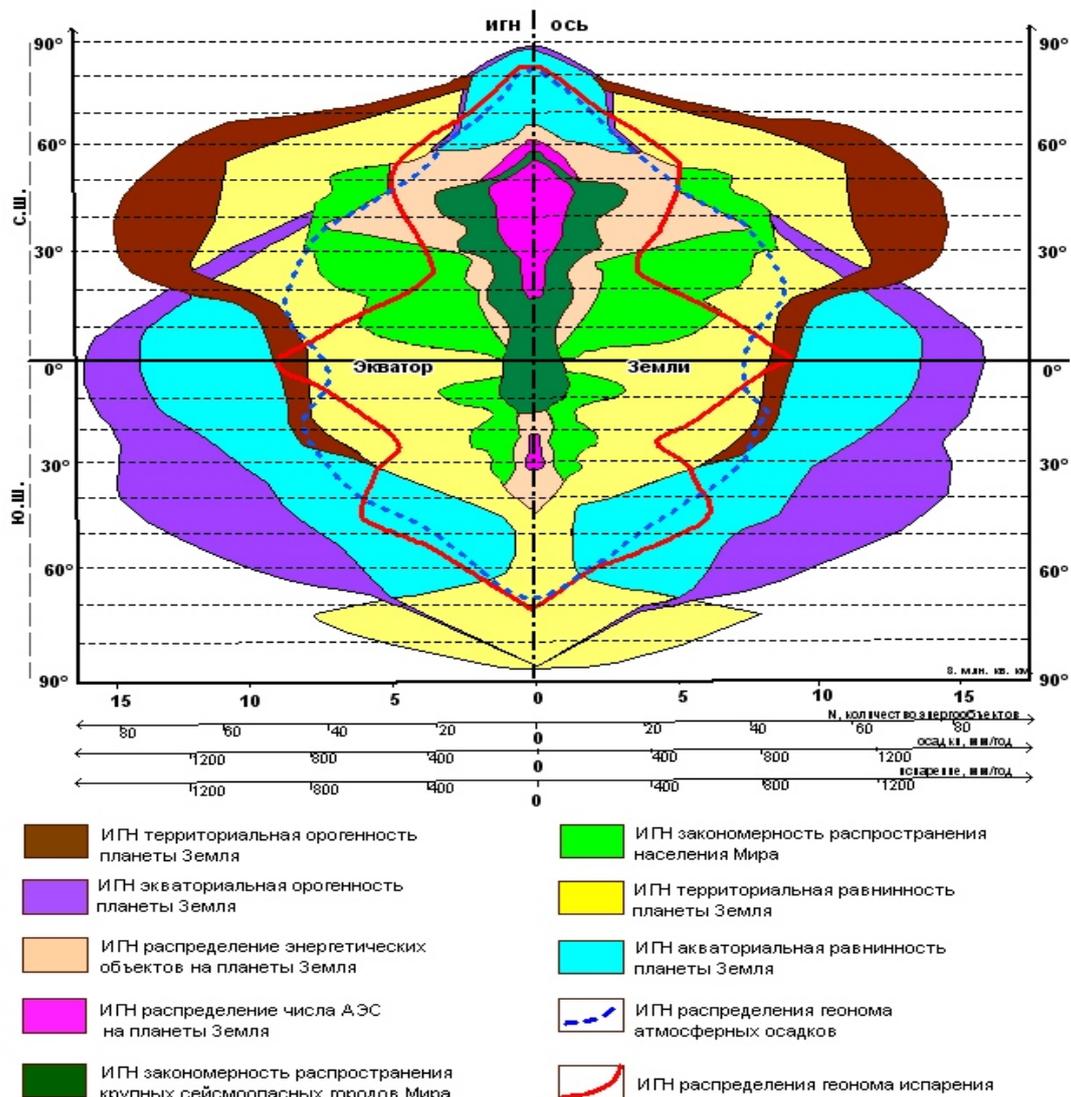


Рисунок 1. Инженерно-геономическая модель закономерностей распределения водной компоненты формирующей геориски и поширотное размещение водохранилищ и гидроэлектростанций на планете Земля и её субчастях (Усупаев Ш.Э. 2012г.).

Изучение криогенных и ландшафтных зон Тянь-Шаня свидетельствуют о том, что баланс массы ледников является отрицательным, т.е. на Тянь-Шане повсеместно происходит деградация оледенения [1-13]. За период с 40-х гг. XX в. и до начала XXI в. средние скорости отступления концов ледников Тянь-Шаня составили, соответственно, для Иссык-Кульской котловины - 5,4 - 6,0 м/год, Внутреннего Тянь-Шаня - 7,7 м/год, Западного Тянь-Шаня - 4,5 - 6,0 м/год, Центрального Тянь-Шаня - 8,3 - 9,5 м/год и для дендритовых ледников - 10-17 м/год. При этом к середине 70-х годов прошлого столетия темпы отступления ледников замедлились, затем вновь перешли к режиму интенсивной деградации. При этом, ледники склонов деградируют на 10-20 % быстрее, чем ледники долинного типа [11].

В результате глобального потепления климата постепенно происходит смещение границ ландшафтных (альпийская, субальпийская и лесо-лугово-степная) зон на 150-200 м вверх по рельефу гор.

Таким образом, геориски, сопряжённые с воздействием природных вод, в обстановке глобального изменения климата представляют риски для населения и территорий как в планетарном масштабе, так и в пределах густонаселенных стран Центральной Азии.

Выводы

1. В планетарном масштабе и в регионе Центральной Азии (в т.ч. на территории Кыргызского Тянь-Шаня) в связи с циклическими изменениями климата происходят глобальные явления преобразования геологической среды, индуцирующей геориски природного и техногенного характера.
2. В Центрально-Азиатском сегменте Земли влияние глобального изменения климата привело во второй половине 20 века к развитию Аральского кризиса, что вызвало в регионе рост многоступенчатых георисков: а) потере смягчающего аридизацию данного региона увлажняющего эффекта Аральского моря, создающего утепляющий воздушно-климатический барьер, б) интенсивному ежегодному выносу золовым путем и выпадению токсичных солей и пыли, ускоряющей таяние и деградацию ледников далеко за пределами акватории Аральского моря, в) потере драгоценной для жизнедеятельности пресной воды, содержащейся в горных ледниках, г) усилению активизации эрозии, деградации и опустынивания земель в регионе, т.е. к георискам водного характера.

Литература

1. Вернадский В. И. Избранные труды. Изд-во АН СССР, М. 1954-1960.
2. Дерпгольц В.Ф. Известия АН СССР, серия геологическая. 1962 г.
3. Гавриленко Е.С., Дерпгольц В.Ф. Глубинная гидросфера Земли Киев: Наукова думка, 1971
4. Макаренко Ф.А., Ильина В.А., Кононова В.И., Поляк Б.Г. // Доклады советских геологов на 24 сессии МГК. Гидрогеология и инженерная геология. М: Наука, 1972.
5. Львович М.И. Вода и жизнь. Водные ресурсы. Их преобразование и охрана. М: Мысль, 1986, с. 254.
6. Будыко М.И. Глобальная экология. М: Мысль, 1977 г., с. 328.
6. Шнитников А.В. Водные ресурсы озера Иссык-Куль // Водные ресурсы, 1977 г., № 5, с. 5-19.
7. Диких А.Н. Оледенение Иссык-Кульской котловины и его стокоформирующая роль. // Природа и народ Кыргызстана. Биосферная территория Иссык-Куль. Бишкек, 2000 г., с. 32-34.
8. Дуйшенова З. Эродированные почвы пастбищных и сенокосных угодий Нарынской области Кыргызстана. // Изв. НАН КР, Бишкек: Илим, 2007 г., с. 74-76.
9. Ершова Н.В. Исследования влияния климатических условий и деятельной поверхности на сток рек северного склона Кыргызского хребта (на примере реки Сокулук). Автореф. канд. дис. Бишкек, 2007 г., с. 24.
10. Усубалиев Р.А., Абылмейизова Б.У. Оледенение Тянь-Шаня и его динамика в условиях современного изменения климата // Изв. НАН КР, Бишкек: Илим, 2007 г., с. 39-44.
11. Wetzel, Hans-Ulrich; Reigber, Andreas; Richter, Andreas; Michajlow, Wasili; „Gletschermonitoring und Gletscherseebrüche am Inyltschek (Zentraler Tienshan) - Interpretation mit optischen und Radarsatelliten“, Bishkek, 2005 г., с. 10.
12. Основы инженерной геологии и катастрофологии (2006). Под редакцией Ш.Э. Усупаева.-Бишкек. Изд-во ДЭМИ, с. 662.
13. Едигенов М.Б. Гидрогеология рудных месторождения Северного Казахстана. Костанай, 2013 г., с. 308.
14. Лагутин Е.И. Геогидрология Кыргызстана. Бишкек, изд-во “Текник”, 2013 г., с. 274.