

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

На тему: «Исследование изменения водного баланса Щучинско-Боровской курортной зоны в условиях современного климата и водопотребления»

Выполнила

М.Т.Садуокасова

Алматы 2015

## Содержание

Введение.....	3
1. Краткая характеристика природных условий района расположения основных озер ЩБКЗ.....	4
1.1 Рельеф и геологическое строение.....	4
1.2 Климат.....	10
1.2.1 Температура и дефицит влажности воздуха.....	10
1.2.2 Атмосферные осадки.....	14
1.2.3 Снежный покров.....	16
1.2.4 Ветер.....	17
1.3 Почвы и растительность.....	17
1.4 Гидрография.....	18
2. Характеристика основных озер ЩБКЗ.....	20
2.1 Описание озер.....	20
2.2 Гидрометеорологическая изученность.....	21
2.3 Режим озер.....	22
2.4 Хозяйственное использование.....	24
3. Исследование элементов водного баланса озёр ЩБКЗ.....	25
3.1 Общие сведения о водном балансе озёр и водохранилищ.....	25
3.2 Принятое уравнение для расчёта водного баланса исследуемых озёр.....	32
3.3 Исследование атмосферных осадков и снегозапасов.....	33
3.4 Приток воды в озера.....	34
3.5 Расчет испарения с поверхности озер.....	36
3.5.1 Испарение со снежного покрова.....	37
3.6 Результаты расчета водного баланса озер и анализ полученных данных.....	39
Список использованной литературы.....	42

## Введение

Озера Казахстана с точки зрения хозяйственных интересов являются одним из наиболее важных источников природных ресурсов. Их воды широко используются для водообеспечения различного рода, рыболовства, химической промышленности и других целей.

В связи с новыми создавшимися социально экономическими и политическими условиями, развитием международных связей и туризма усилился интерес местного населения и иностранных граждан к использованию озер Республики в качестве мест лечения и отдыха.

Данные обстоятельства требуют детального гидрологического изучения озер для их рационального, комплексного использования и охраны.

Одними из известных озер Республики Казахстан являются озера Щучинско-Боровской курортной зоны, расположенные на севере Акмолинской области. В их состав входит 10 озер, из которых 3 озера основные: Шортан, Бурабай и Улькен Шабакты.

Цель работы – расчет водного баланса основных озер ЩБКЗ и его элементов за многолетний период, выявление изменений водного баланса озер в начале 21 века в сравнении со второй половиной 20 века и причин изменений. Оценить величину водных ресурсов, необходимых для компенсации негативных последствий сохранения объемов озер.

Работа выполнена с привлечением данных гидрометеорологической сети РГП «Казгидромет» по 2012 год включительно, данных ГГИ, содержащихся в [11], научных отчетов различных организаций и литературных источников.

Тема работы согласована со специалистами УГИР (Управление гидрологических исследований и расчетов) ДИКВП (Департамент исследования климата и водных ресурсов) РГП «Казгидромет». Автор выражает благодарность научному руководителю к.г.н., доц. Мазур Л.П. за консультации и помощь в процессе выполнения работы, а также специалистам УГИР за предоставление ряда исходных данных и консультации.

# 1. Краткая характеристика природных условий района расположения основных озер ЩБКЗ

## 1.1 Рельеф и геологическое строение

Широкое распространение на территории исследований метаморфизованных пород докембрия, прорванных среднепалеозойскими гранитоидными интрузиями, предопределило наличие двух типов литогенной основы: низкогорного и мелкосопочного.

*Низкогорный* тип литогенной основы сформирован метаморфическими породами рифея, представленными тремя сериями: нижнерифейской (боровская свита порфиридов, амфиболитов, кварц-серицит-хлоритовых сланцев), среднерифейской (шарыкская и кокшетауская свиты кварц-серицитовых и серицит-хлоритовых сланцев и кварцитов) и верхнерифейской (андреевская свита кварцитовых песчаников). В геологическом строении доминируют породы кокшетауской свиты среднерифейского возраста – 1,24-1,65 млрд. лет. [1] На севере узкой дугообразной полосой вдоль северной периферии Боровского гранитного массива и вдоль южной периферии озерных котловин Улькен и Киши Шабакты прослеживаются отложения ереметауской серии (зерендинская свита осадочных и вулканических фаций), формировавшихся в рифтовых условиях. Среди них преобладают зеленоватые полимиктовые песчаники, диабазовые, базальтовые порфириты и их туфы, туфопесчаники и кремнистые алевролиты, андезитовые порфириты с горизонтами туфопесчаников и глинистых сланцев. Также здесь выделяют шарыкскую свиту среднего рифея, для которой характерен хемогенно-терригенный тип осадконакопления в условиях, аналогичных кокшетауской свите. [2]

Низкогорный тип литогенной основы характерен для хребта Кокшетау. Средние абсолютные отметки низкогорья 600-900м с вершинами Синюха (947,6 м), Седловатка (826,2м), Бурабай /Верблюды/ (690,1м), относительные превышения 200 - 400м. Основные формы рельефа - гривы и остроконечные холмы, разделенные неглубокими седловинами, межгрядовыми понижениями. Склоны хребта асимметричные: западные пологие 20 - 25<sup>0</sup>, восточные крутые 55 - 70<sup>0</sup>, местами обрывистые.

Особый тип литогенной основы представляет собой *мелкосопочник* Боровского и Жукейского гранитных массивов, образование которых происходило в позднем силуре – раннем девоне с абсолютным возрастом 410±20 млн. лет. [3] Мелкосопочные массивы, мощностью до 5-6 км в центральной части и крутыми (до 90<sup>0</sup>) контактами, характеризуются плоскоцилиндрической формой округлых очертаний. Направление большой оси Боровского массива ориентировано в северо-западном направлении (размеры 22x18 км), Жукейского – в субширотном (12x8 км). Вследствие концентрически-зонального строения гранитные фации ядра представлены биотитовыми и роговообманковыми нормальными, реже калишпатовыми гранитами. [4] Краевые граниты, которые обнажаются практически по всему

обрамлению Боровского и Жукейского массивов, характеризуются меньшей зернистостью и преобладанием роговой обманки над биотитом, меньшим содержанием редкоземельных элементов и повышенной магнитностью, осложнены многочисленными мелкими тектоническими разломами, заполненными крутопадающими дайками пегматитов, апплитов и кварцитов.

В течение всего палеозоя Боровской и Жукейский массивы развивались в условиях преимущественного поднятия, лишь краевые северные и восточные их части испытывали в ордовике кратковременное опускание, перекрываясь терригенными отложениями. Вокруг гранитных массивов шло образование кольцевых и линейных разломов разрывного характера, к которым в дальнейшем были приурочены озерные котловины.

Литогенные комплексы северной и восточной периферии Боровского массива представлены базальтами, гранитами, габбро, диоритами, зеленовато-серыми разномзернистыми песчаниками, туфо-песчаниками и кремнисто-глинистыми сланцами. Граниты территории исследований легко поддаются разрушению, образуя грубообломочные накопления различной мощности у подножья многочисленных гряд, увалов, отдельных сопок.

В мезозое и первой половине кайнозоя район исследований испытывал направленное поднятие, прерывавшееся эпохами стабилизации с формированием площадных и линейных кор выветривания. На низкогорье маломощная кора выветривания распространена фрагментарно на высотах от 350 до 800 м. Кора выветривания линейного простирания приурочена к зонам контакта пород или разломам и имеет значительную мощность. Возраст кор выветривания определяется как верхнемеловой-палеогеновый. Четвертичные отложения формировались в континентальных условиях и представлены озерно-аллювиальными, озерными и делювиально-пролювиальными литогенными комплексами.

*Делювиально-пролювиальный* тип литогенной основы приурочен к эрозионным и тектонически-эрозионным депрессиям западной окраины Боровского массива от пос. Акылбай до пос. Бармашино. Литологические комплексы залегают на жестком палеозойском цоколе и представлены красно-бурыми глинами с гравийно-галечниковым наполнением переотложенных пород мощностью до 30 м, с прослоями гипса и карбонатных стяжений. Их достаточно условно относят к жиландинской свите нижнего-среднего плиоцена.

В плоских или вогнутых понижениях рельефа, а также по периметру озерных котловин локализовались *озерно-аллювиальные* отложения, которые выделяются в жуншиликскую свиту верхнего плиоцена-нижнего плейстоцена [5], которые представлены однородными плотными желто-бурыми и коричневыми карбонитизированными глинами, местами опесчаненными глинами и суглинками. Озерно-аллювиальные отложения верхнечетвертичного возраста сформировались на высоких террасах озер Боровской группы, залегающие маломощной толщей на цоколе коренных пород. Сложен данный тип литогенной основы светло-желтыми разномзернистыми песками с включением гравия, реже угловато-окатанной

галькой с прослоями темно-серых песков и супесей мощностью от одного до 15 м.

Непосредственно в озерных котловинах в голоцене сформировался *озерный* тип литогенной основы, представленный разнозернистыми песками, гравием, галькой, реже суглинками, супесями мощностью не более 5 м. [6-8] В пределах местной водораздельной поверхности между оз. Шортан и Бурабай в многочисленных понижениях рельефа озерные отложения представлены иловатыми глинами, илами и реликтовыми торфяниками мощностью до 4 м, которые подстилаются дресвяно-щебнистыми отложениями мезозойской коры выветривания.

*Аллювиальный* тип литогенной основы голоценового возраста приурочен к тектоническим разломам, по которым закладывалась речная сеть, однако данный тип имеет крайне ограниченное распространение.

Сложное тектоническое строение территории во взаимодействии с фактором экзогенного морфогенеза в течение неотектонического этапа создали своеобразный рельеф, включающий разновозрастные морфогенетические типы низменных, возвышенных, мелкосопочных равнин и низкогорий, в плановом устройстве которых преобладают в основном кольцевые морфоструктуры.

Уникальность и неповторимость территории бассейнов ЩБКЗ придает *низкогорный тип рельефа*. Низкогорный массив, сложенный мелко- и среднезернистыми биотит-роговообманковыми гранитами, полукольцом в 20 км от Щучинских сопков до г. Болектау резко поднимается над прилегающим мелкосопочником и равнинами на высоту до 600 м. Здесь сформировался грядово-гривовый тип рельефа с узкими скалистыми крутосклонными водораздельными (более 40°) поверхностями. Длительное физическое и механическое выветривание привело к образованию причудливых скальных форм рельефа: башен, пирамид, конусов (г. Окжетпес, г. Верблюд и др.). Низкогорье эрозионно-тектонического генезиса, о чем свидетельствует резкий перелом профиля от гор к равнине, связанный с неотектонической активностью кольцевых разломов, ограничивающих массив. О молодости поднятий гор Кокшетау свидетельствует также поперечный профиль современных долин и ложковой сети, отсутствие развитых шлейфов у подножий, наличие глубоких озерных котловин с приуроченностью максимальных глубин к нагорной части, отсутствие мощных озерных отложений, наличие прилавка вдоль внешнего северо-западного склона гор. [9]

На большей части территории ЩБКЗ сформировался *мелкосопочный тип рельефа*, местами пенепленизированный (центр Боровского массива и Жукейское плато на юго-востоке, абс. отм. 390 - 480м), относительные превышения от 5 - 15 до 25 - 50м. Наивысшие отметки приурочены к куполовидным сопкам: Лысая (621,6м), Семенова (554,2м), Сарыкаска (534,4м), Беркуты (523,6м), Майлыкора (495,0м), Керзуха (446,0м) и многие другие безымянные. Увалы, сопки с мягкими очертаниями расчленены

неглубокими плоскодонными логами и долинами с характерным наличием в днище заболоченностей, реже мелких болот.

Центральная часть Боровского мелкосопочного массива представляет собой пенеплен гранитно-гнейсового купола, осложненного концентрически расположенным холмисто-увалистым и увалистым мелкосопочным типом рельефа. Причем, ближе к низкогорному рельефу расчлененность и, следовательно, относительная высота мелкосопочного рельефа увеличивается. Здесь сформировался увалисто-гривистый средний, низкий и гривистый высокий, низкий мелкосопочник. Все типы мелкосопочного рельефа сложены крупно- и среднезернистыми биотитовыми гранитами. Более сглаженный рельеф центральной части гранитного купола, вероятно, связан как с удаленностью от тектонически-активных окраинных разломов, так и со структурными особенностями: граниты ядра образуют субгоризонтальные пластообразные залежи, среди гранитов внешнего кольца развиты преимущественно крутопадающие дайки.

Вдоль юго-восточного побережья оз. Киши Шабакты непосредственно к северо-западному склону низкогорного массива примыкают тектонически-денудационный холмисто-увалистый средний и холмистый низкий мелкосопочник, сложенный лавами основного состава и их туфами, слюдянистыми сланцами, гнейсами, амфиболитами архея. Абсолютные высоты составляют 380-400 м, а относительное превышение отдельных холмов и увалов не более 25-30 м. Водораздельные поверхности сглажены, однако для приводораздельных частей склонов характерна значительная крутизна ( $30-35^{\circ}$ ) с современными гравитационными процессами и обвальными осыпными формами рельефа. Средние и нижние части склонов выположены, у подножий сформировался делювиальный шлейф, задернованный кустарниково-травянистой растительностью.

Вдоль северных и восточных окраин Боровского гранитного мелкосопочника простирается денудационный и денудационно-тектонический мелкосопочник, представленный тремя подтипами: низким (25-50), средним (50-100) и высоким (100-200 м). Вертикальная расчлененность мелкосопочного рельефа, следовательно, и относительная высота, находятся в прямой зависимости как от устойчивости слагающих пород к выветриванию, так и от неотектонической активности региона. Морфологически выделяются несколько типов мелкосопочного рельефа, но преобладающими являются холмистый, увалистый и их сочетания. В пределах восточного обрамления Боровской кольцевой структуры неширокой полосой (1,5-2,0 км) сформировался рельеф увалистого высокого мелкосопочника денудационно-тектонического генезиса (максимальная высота г. Лысая), сложенного серицитовыми кварцитами докембрия. В центральной части Боровского гранитного массива сформировалась *денудационная цокольная равнина*, представленная в рельефе тремя подтипами: волнистой (относительные высоты более 20 м), слабоволнистой (10-20 м) и плоской (до 10 м). Волнистая равнина, как бы обрамляя мелкосопочный рельеф в зонах контакта с последним существенно

выполаживается. Местная водораздельная поверхность, соединяющая оз. Шортан и Бурабай, представляет собой плоскую цокольную равнину, наиболее низкие гипсометрические уровни которой перекрыты маломощной мезо-кайнозойской корой выветривания. По окраинам пенепленизированной равнины, где литологические комплексы представлены более устойчивыми к физическому и химическому выветриванию мелкозернистыми гранитами, создаются условия для формирования рельефа типа «койтас».

Подобное ярусное строение рельефа характерно и для Жукейского гранитно-гнейсового купола, одновозрастного с Боровским. Местные водораздельные поверхности массива занимают высокий ярус и представлены увалистым средним мелкосопочным рельефом со скальными выступами. Низкий ярус формируется денудационной цокольной равниной (пенеплен) двух генераций: слабоволнистой, развитой в центральной слегка приподнятой части массива и плоской, примыкающей к внешнему мелкосопочному рельефу.

*Аккумулятивный тип рельефа* на территории ЩБКЗ получил крайне ограниченное распространение и представлен делювиально-пролювиальными, озерно-аллювиальными и озерными равнинами.

*Делювиально-пролювиальные* наклонные равнины образовались вдоль западного склона Боровской морфоструктуры шириной до 5 км южнее оз. Шортан, в ее внутренней части (до 1 км), на крайнем северо-востоке и юго-западе.

*Озерно-аллювиальная равнина* сформировалась неширокой полосой (4-5 км) на севере Катаркольской котловины, на востоке Улькен Шабакты, в пределах которой наиболее пониженные участки заняты в настоящее время плоскодонными озерами.

Несмотря на то, что озерные котловины района исследований тектонического происхождения, в них неширокой полосой сформировались *озерные равнины*, представляющие собой серию разновозрастных террасированных поверхностей, свидетельствующих о колебаниях уровня озер не только в геологическом прошлом, но и в исторический отрезок времени. По результатам полевого обследования установлено, что во всех озерных котловинах четко обособливаются четыре террасы, низкие смешанного генезиса, высокие выражены фрагментарно и образованы в основном за счет абразионных процессов. Однако З.А. Сваричевская [10] указывает на наличие здесь еще двух высоких террас (15-ти и 25-30-ти метровые), которые могли быть общими для озер внешнего и внутреннего кольца, то есть и для озер Бурабай и Шортан.

Несмотря на то, что озерные котловины внутреннего кольца – Бурабай и Шортан гипсометрически располагаются выше, чем Улькен и Киши Шабакты, здесь так же сформировались террасированные озерные равнины, но существенно меньших размеров. Так, почти вдоль всего побережья оз. Бурабай прослеживается терраса высотой 1,5 м и шириной до 150 м. Вдоль северо-западного, северного и юго-восточного побережий терраса абразионно-аккумулятивного генезиса, на остальном – чисто абразионного.



Зачастую зоны сочленения современного пляжа с террасовым уступом осложнены береговым валом высотой от 0,3 м и шириной до 6,0 м, сложенного песчано-гравийным материалом. Абразионные участки берега, особенно на юге и западе, выражены обрывистыми клифами, подножья которых осложнены нагромождением глыбово-валунного материала.

Котловина оз. Шортан занимает самый высокий гипсометрический уровень по сравнению с другими озерами Боровской группы. Как и для всех озерных котловин региона, для нее характерна асимметричность профиля, с максимальными глубинами в западной части, тяготеющими к мелкосопочному рельефу. Вдоль выположенных южных, северных и восточных бортов котловины сформировалась озерная равнина, ширина которой колеблется от 100-200 м (на севере) до 500-700 м на южном и восточном побережьях. Здесь четко прослеживаются четыре террасовых уровня, ограниченных в рельефе уступами. На аккумулятивных побережьях пляж и первая озерная терраса сложены разнозернистыми песками, песчано-гравийно-галечными отложениями, на абразионных – глыбово-валунными. Более высокие террасы покрыты древесной и лугово-кустарниковой растительностью; абразионные в основном сосной с редким участием березы, а аккумулятивные – тростником, осоково-луговым разнотравьем с участием ивняка, облепихи и березы.

Полевыми натурными исследованиями установлено, что геолого-геоморфологическая строение бассейнов ЩБКЗ в результате хозяйственного освоения, претерпела изменения локально-линейного характера. В первую очередь следует отметить разработку метаморфических (гранит, сланцы, доломиты) пород в пределах юго-западного склона Щучинских сопок и Беркутинского массива, осадочных пород (песок, гравий, галька) озерных террас, добыча которых осуществлялась карьерным способом для промышленного и бытового строительства, а также стекольной промышленности.

Прокладка и обустройство новых автомобильных магистралей помимо позитивного аспекта внесла существенную корректировку в планацию естественного рельефа, что выразилось в уничтожении как положительных, так и отрицательных форм рельефа, а также появлении нового антропогенно-обусловленного рельефа (автострад с присущими им элементами и формами антропогенного рельефа).

Строительство санаторно-курортных комплексов, особенно на оз. Бурабай и Шортан, приводит к нарушению геологической среды при закладке фундамента и коммуникационных систем, а обустройство прилегающей территории – к уничтожению исходных форм и элементов рельефа, особенно в пляжной зоне.

## 1.2 Климат

Климат Кокшетауской области резко континентальный, засушливый, характеризуется небольшим количеством осадков, значительным дефицитом влажности и сравнительно интенсивным испарением. Лето жаркое; зима суровая, малоснежная. Переход от зимы к лету быстрый. Преобладающая зональная циркуляция воздуха зимой связана с распространением далеко на запад азиатского антициклона, располагающегося приблизительно по 50-й параллели. Зимние антициклоны приносят ясную погоду.

В летнее время в основном преобладает зональная циркуляция, которая обеспечивает перенос больших масс морского влажного воздуха на восток. Существенное влияние на местный климат оказывает сильно расчлененный мелкосопочный рельеф. В районе мелкосопочника наблюдается повышенное количество осадков и равномерное распределение их в году. Засухи здесь реже и менее интенсивны, чем на окружающих равнинах.

Мелкосопочник оказывает влияние на климат прилегающих к нему равнин с юга и запада, и сказывается на расстоянии 30-50 км от него. При юго-западных ветрах на подветренных склонах мелкосопочника развивается мощный фёновый воздушный поток и происходит резкое региональное иссушение. [11]

### 1.2.1 Температура и дефицит влажности воздуха

Средняя месячная температура воздуха самого теплого месяца – июля, составляет +18,2-19,3 °С, самого холодного месяца, января, от минус 17,8 до минус 14,6 °С (таблица 1). Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха равна 32,0-35,9 °С.

Таблица 1 – Средняя многолетняя температура приземного воздуха, °С

Метеостанция	Период	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	1992-2011	-16,5	-15,2	-8,4	3,0	12,2	17,1	18,2	16,4	10,2	3,3	-7,2	-14,0	1,6
СФМ Боровое	1992-2011	-14,6	-13,2	-6,2	4,3	12,5	17,4	18,6	16,8	10,7	3,9	-6,2	-12,1	2,7
Щучинск	1992-2011	-16,1	-14,9	-7,8	3,6	12,2	17,2	18,4	16,5	10,3	3,5	-7,0	-13,6	1,9
Бурабай	2008-2011	-17,8	-15,2	-4,6	5,3	12,4	18,1	19,3	17,9	12,1	5,6	-2,8	-12,5	3,1
Степняк	2011							18,3	15,3	13,8	5,1	-9,9	-15,7	

Средний максимум температуры воздуха в летние месяцы превышает 20 °С (таблица 2). В период с мая по сентябрь температура воздуха может превышать 30 °С (таблица 3). В отдельные жаркие дни температура воздуха повышается до +39-42 °С.

Таблица 2 – Средняя максимальная температура приземного воздуха, °С

Метеостанция	Период	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	1992-2011	-11,7	-9,8	-3,0	9,1	19,5	24,1	24,8	23,5	17,4	9,3	-2,9	-9,7	7,6
СФМ Боровое	1992-2011	-9,9	-8,1	-1,1	10,4	19,3	23,9	24,7	23,2	17,1	9,4	-2,0	-7,9	8,3
Щучинск	1992-2011	-11,3	-9,5	-2,4	9,6	19,0	23,8	24,5	22,9	16,8	9,1	-2,8	-9,3	7,5

Таблица 3 – Абсолютный максимум температуры приземного воздуха, °С

Метеостанция	Период	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	1992-2011	1,7	3,5	14,1	29,0	34,0	36,0	36,7	37,1	33,7	26,3	14,5	2,5	37,1
СФМ Боровое	1992-2011	2,7	5,1	16,3	30,3	35,2	37,7	38,3	37,7	34,5	27,6	16,5	4,4	38,3
Щучинск	1992-2011	1,8	3,3	15,1	28,3	34,4	37,4	37,4	36,2	33,4	26,0	14,8	2,2	37,4
Бурабай	2008-2011	0,2	3,6	17,0	26,1	31,1	36,9	36,4	35,3	32,8	23,2	13,0	7,7	36,9
Степняк	2011							30,0	30,2	28,8	21,0	5,5	-0,5	

Средняя минимальная температура приземного воздуха отрицательная в период с октября по апрель (до минус 18,1-21,3 °С в январе феврале, таблица 4). С мая по сентябрь суточный минимум температуры положителен (до 11,6-12,4 °С в июле). Абсолютный минимум температуры в ноябре-феврале может опускаться ниже 40 °С (таблица 5), в очень суровые зимы на ровных открытых местах температура понижается до минус 52-54 °С, в пониженных частях рельефа до минус 54-56 °С.

Таблица 4 – Средняя минимальная температура приземного воздуха, °С

Метеостанция	Период	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	1992-2011	-21,1	-20,0	-13,6	-2,7	4,8	9,7	11,6	9,6	3,6	-1,7	-11,0	-18,4	-4,1
СФМ Боровое	1992-2011	-19,3	-18,1	-11,4	-1,8	5,1	10	12,1	10	4,5	-0,9	-10,0	-16,4	-3,0
Щучинск	1992-2011	-21,3	-20,3	-13,3	-2,1	5,1	10	12,4	10	4,1	-1,4	-11,1	-18,3	-3,8

Таблица 5 – Абсолютный минимум температуры приземного воздуха, °С

Метеостанция	Период	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	1992-2011	-44,3	-42,1	-35,8	-23,3	-9,6	-3,1	-0,2	-3,3	-8,8	-21,2	-38,2	-41,6	-44,3
СФМ Боровое	1992-2011	-41,1	-39,9	-35,8	-22,5	-7,3	-1,5	0,9	-2,8	-8,8	-18,0	-38,3	-40,8	-41,1
Щучинск	1992-2011	-43,5	-40,2	-37,1	-25,5	-8,9	-3,1	0,5	-2,8	-8,5	-20,3	-41,3	-39,8	-43,5
Бурабай	2008-2011	-39,0	-39,3	-28,5	-12,2	-5,0	3,1	3,1	3,6	-2,1	-12,0	-21,9	-34,3	-39,3
Степняк	2011							8,0	2,7	-1,4	-7,6	-24,0	-31,6	

Абсолютная годовая амплитуда (разность между абсолютной максимальной и абсолютной минимальной температурами воздуха) составляет более 80 °С. В годовом ходе средние месячные отклонения температуры воздуха имеют максимум в зимний период, достигая 3,8-3,9 °С. Летом же эти величины составляют только 1,5-1,6 °С, Это указывает на большую межгодовую изменчивость зимних температур и относительно высокую устойчивость летних температур.

Продолжительность теплого периода с температурой выше 0 °С составляет в среднем 195 дней. Безморозный период на открытых ровных местах бывает 100-125 дней, а в холодных частях микрорельефа сокращается до 85-100 дней.

Относительная влажность воздуха является одной из существенных характеристик климата и характеризует степень насыщенности воздуха водяным паром. В сочетании с температурой воздуха относительная влажность воздуха дает представление об испаряемости влаги с поверхности почвы, растительности и водоемов. В регионе ЩБКЗ наибольшие значения относительной влажности воздуха наблюдаются в период ноябрь-март (таблица 6, рисунок 1). С наступлением теплого периода года и увеличением притока солнечного тепла, повышением температуры воздуха наступает некоторое иссушение воздуха. Эти процессы ярче всего проявляются в мае-июне.

Таблица 6 - Среднегодовая относительная влажность воздуха (%), рассчитанная за период 1992-2011 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	80,4	79,7	80,2	69,3	57,1	60,8	68,3	66,4	65,2	71,9	83,1	81,9	72,0
СФМ Боровое	76,2	73,1	71,2	61,1	54,3	58,6	65,1	64,3	63,1	67,9	77,6	76,6	67,4

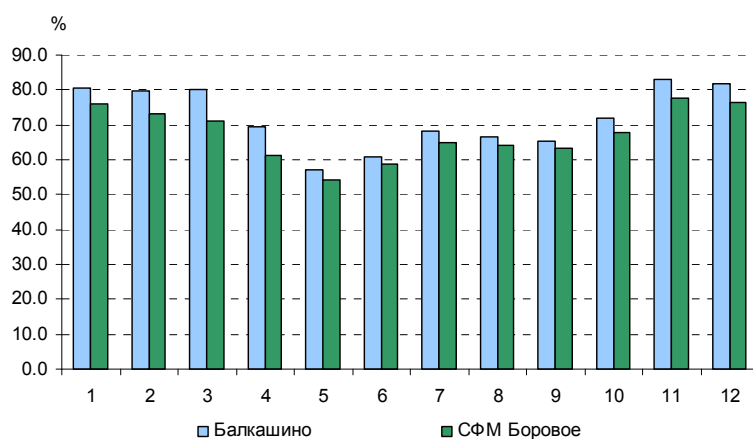


Рисунок 1. Внутригодовой ход относительной влажности воздуха (%) по данным метеостанций в регионе ЩБКЗ (рассчитано за период 1992-2011 гг.)

К основным обуславливающим температуру почвы факторам относятся температура воздуха, солнечная радиация, снежный и растительный покров, осадки, а также механический состав самой почвы. Тепловые характеристики почвы в значительной степени зависят от состояния увлажнения. В регионе ЩБКЗ средняя многолетняя температура поверхности почвы отрицательная в период с ноября по март (таблица 7), но может быть отрицательной и в апреле и в октябре (таблица 7). Самые низкие температуры почвы наблюдаются в январе-феврале – ниже 22 °С (таблица 8), максимально почва прогревается в июне-июле, когда максимальные температуры поверхности около 42 °С (таблица 9).

Таблица 7 - Среднемесячная температура поверхности почвы (°С) по данным метеостанций в регионе ЩБКЗ, рассчитанная за период 1992-2011 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	-18,4	-16,7	-9,8	2,1	15,5	22,4	23,2	20,6	12,2	3,2	-7,8	-15,0	2,6
Щучинск	-17,1	-15,7	-8,3	4,6	15,6	22,0	22,9	20,1	12,1	3,5	-7,4	-14,5	3,2

Таблица 8 - Среднемесячная минимальная температура поверхности почвы (°С) по данным метеостанций в регионе ЩБКЗ, рассчитанная за период 1992-2011 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	-23,8	-23,0	-16,7	-4,6	3,5	9,0	11,0	9,0	2,7	-2,8	-12,4	-20,3	-5,7
Щучинск	-23,2	-22,6	-15,5	-3,9	2,9	8,9	11,4	9,0	2,5	-3,1	-12,6	-20,1	-5,5

Таблица 9 - Среднемесячная максимальная температура поверхности почвы (°С) по данным метеостанций в регионе ЩБКЗ, рассчитанная за период 1992-2011 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	-12,4	-9,4	-2,1	11,5	33,7	42,3	41,9	38,9	28,0	13,4	-2,5	-10,1	14,4
Щучинск	-10,6	-7,3	0,5	17,9	35,0	42,3	41,9	38,8	28,3	14,7	-1,4	-9,1	15,9

Режим атмосферного давления складывается из сочетания макроциркуляционных факторов, теплового баланса и особенностей рельефа. Межгодовой и сезонный ход давления воздуха обуславливается в основном положением и состоянием планетарной высотной фронтальной зоны и климатических центров действия атмосферы (азиатского, азорского и полярного максимумов, исландского и индостанского минимума), развитием и повторяемостью основных форм атмосферной циркуляции.

В противоположность годовому ходу температуры воздуха, наибольшие среднемесячные значения давления имеют место в зимний период (выше 975 гПа в декабре-январе), когда завершается становление сибирского максимума и территория Казахстана, включая ЩБКЗ, попадает под влияние его западного отрога (таблица 10). Наименьшее в году давление воздуха (около 963 гПа) наблюдается в наиболее жаркий месяц – в июле, когда получает наибольшее развитие термическая депрессия, которая возникает и развивается в летний период в результате сочетания большого прогрева и усиленной трансформации поступающих воздушных масс. [12, 13]

Таблица 10 – Среднемесячное атмосферное давление на уровне станции (гПа), рассчитанное за период 1992-2011 гг.

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	975,5	973,2	973,6	971,7	968,3	964,2	963,4	965,7	970,5	973,1	975,0	975,6	970,8
Щучинск	976,4	974,2	973,9	972,2	968,8	964,1	963,4	965,7	970,7	973,9	974,5	976,0	971,2

### 1.2.2 Атмосферные осадки

Пересеченный рельеф территории способствует выпадению повышенного количества осадков в сравнении с равниной и обеспечивает более равномерное их внутригодовое распределение (таблица 11). Засухи здесь реже и менее интенсивны, чем на окружающих их равнинах. Наибольшее количество осадков выпадет на склонах западной экспозиции, наименьшее – на восточных. При юго-западных ветрах на подветренных

склонах мелкосопочника развивается мощный турбулентный воздушный поток и происходит резкое иссушение воздуха. Возможно, с этим связано наличие полупустынного климата территории Кзылтуского административного района.

В центральной части исследуемой территории выпадает около 330 мм осадков в год, а на юго-западе около 400 мм. Максимум осадков приходится на теплый период (май-август, рисунок 2). За это время выпадает 50-60 % годовой нормы. Такое распределение осадков является характерным признаком континентальности климата.

Таблица 11 - Средние многолетние месячные и годовые суммы осадков (мм), период 1992-2011 гг

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Балкашино	23,7	22,0	25,2	23,6	40,4	47,5	66,8	42,1	23,6	28,5	34,6	28,4	406,3
СФМ Боровое	9,5	9,2	14,8	22,0	35,1	40,1	77,5	39,9	22,6	22,2	21,8	12,0	328,0
Щучинск	11,2	9,6	14,6	20,8	33,5	43,0	80,8	37,7	22,0	21,1	20,4	14,2	329,0

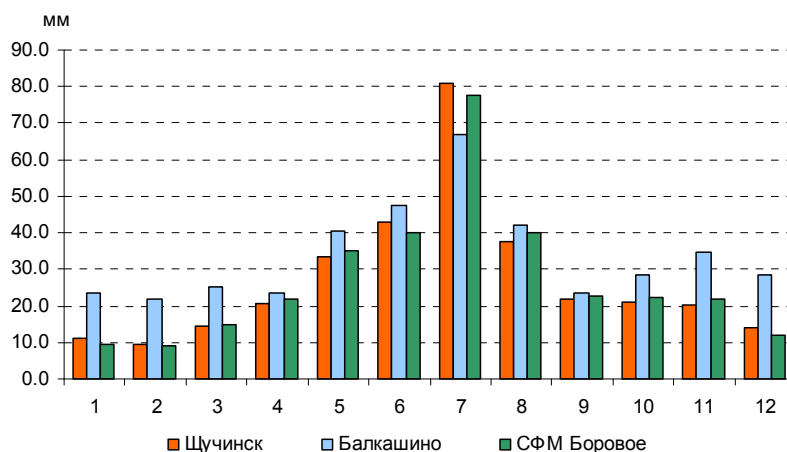


Рисунок 2. Внутригодовой ход месячных сумм осадков (мм) по данным 3 метеостанций Акмолинской области (период 1992-2011 гг.)

В летний период территория ЩБКЗ находится под влиянием континентального воздуха, трансформирующегося из циклонов арктических масс, а также циклонов, приходящих со стороны Атлантического океана, которые имеют большое значение в образовании осадков.

В аномально влажные годы количество выпадающих осадков может почти в два раза превышать средние многолетние величины, а в аномально засушливые годы – составлять 60-70 % от этих величин.

Осадки в жидком виде в районе ЩБКЗ могут выпадать практически круглый год. Осадки в твердом виде можно ожидать в период с сентября по июнь. [14]

### 1.2.3 Снежный покров

В таблице 12 приведены средние за декаду высоты снежного покрова за холодный период года, осредненные за многолетний ряд (1982-2012 гг.). Наибольшая высота снежного покрова образуется в юго-западной части ЩБКЗ (МС Балкашино), где зимой высота снега превышает 40 см. Также и в южной части ЩБКЗ (МС Акколь) высота снега превышает 30 см. В районе самой ЩБКЗ высота снега колеблется в пределах 20-30 см, а к северу от него (МС Кокшетау) высота снега не превышает 20 см. Распределение среднего многолетнего значения наибольшей высоты снежного покрова следующее: Балкашино – 52 см, Акколь – 37 см, Щучинск – 30 см, Кокшетау – 20 см.

Таблица 12 - Средние многолетние (1982-2012 гг.) значения высоты снежного покрова (по данным снегосъемки), см

МС	X			XI			XII			I			II			III			IV		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Кокшетау	1	3	6	8	10	12	14	15	16	16	17	18	17	14	11	3	0	0	0		
Балкашино	1	6	11	16	21	25	29	34	38	40	44	46	47	48	49	44	27	4	1		
Щучинск	2	4	8	11	15	18	21	22	25	25	27	28	28	26	24	13	2	0	0		
Акколь	1	5	8	10	15	18	20	23	26	28	31	32	33	33	34	25	8	0	0		

По территории ЩБКЗ многолетние данные по снегомерным съемкам имеются только по МС Щучинск (на СФМ Боровое не проводятся). На МС Бурабай снегомерные съемки начали проводить только в последние 3 года.

В таблице 13 представлены среднемноголетние данные по высоте и запасам воды в снежном покрове в районе МС Щучинск. Как видно из таблицы устойчивый снежный покров образуется в 3-ей декаде октября имея среднюю высоту около 2 см, далее нарастая доходит максимальной высоты 28 см во 2-ой и 3-ей декадах февраля, когда накапливается до 78 мм запасы воды в снежном покрове ( $\approx 78 \text{ л/м}^2$ ). [15]

Таблица 13 - Среднемноголетние данные (1982-2012 гг.) высоты и запасов воды снежного покрова на МС Щучинск (по данным снегосъемки)

Харак-ка	X			XI			XII			I			II			III			IV		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Высота, см	2	4	8	11	15	18	21	22	25	25	27	28	28	26	24	13	2	0	0		
Запасы воды, мм	3	7	14	22	29	41	46	55	62	66	71	75	78	70	69	37	7	1	1		



## 1.2.4 Ветер

Ветровой режим на территории Акмолинской области, характеризуется преобладанием в течение года ветров юго-западного направления (в среднем 32 %). Средняя годовая скорость ветра составляет 4-5 м/сек., но нередко достигает 8-9 м/сек. Преобладание этого направления сохраняется и во время суховейных ветров.

Суховеи юго-западной четверти составляют 60 % и более, а по району Явленка – Володарское – даже более 80 % повторяемости. Около половины всех суховеев наблюдается при скорости ветра 6-10 м/сек. (таблица 14). [11]

Таблица 14 - Средняя скорость суховеев по сравнению со средней многолетней скоростью ветра (в м/сек.)

Характеристика	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Средняя
Суховой	8,6	8,6	8,4	7	5,6	6,4	7,4
Средняя многолетняя скорость ветра	5,2	5,7	5	4,3	3,6	3,8	4,6

## 1.3 Почвы и растительность

Почвенно-растительный покров территории Акмолинской области делится на две природные зоны: степную и лесостепную и горно-сопочный район.

Степная зона преобладает на территории области. Лесостепная зона расположена на северо-востоке области, горно-сопочный район вытянут с запада на восток.

Основными почвообразующими породами являются бурые тяжелые и лессовидные суглинки, под которыми залегают третичные соленосные глины. Во впадинах озер и долинах рек почвы развиваются на аллювиальных отложениях.

Для степной зоны области характерны среднегумусные (обыкновенные) черноземные почвы. Пониженные участки в степной зоне занимают солонцеватые и осолоделые разности почв, а вблизи замкнутых понижений часто встречаются солончаки.

Подзона засушливой степи занимает восточную часть Кокшетауской области, основными почвами здесь являются глинистые, а иногда суглинистые черноземы.

Для лесостепной зоны на севере и северо-востоке области характерны лугово-черноземные почвы. Участки колков лиственного, нередко заболоченного леса (осиново-березовые рощи), занимающие неглубокие замкнутые понижения, а также встречающиеся по балкам и речным долинам, чередуются с большими пространствами луговых черноземных степей. В горно-сопочном районе преобладают малогумусные черноземы. [11]

Формирование растительного покрова тесно связано с обособлением

низкогорно-мелкосопочного Боровского массива, располагающегося в пределах 400-900 м абс. выс. [16, 17] Особенности вертикальной и горизонтальной расчленённости, несколько большее в сравнении с прилегающими равнинными территориями количество осадков (300-350 мм), повышенная влагообеспеченность, предопределили развитие лесостепных сообществ внутри степной зоны. Доминирующий фон здесь создают сочетания злаково-разнотравных, разнотравно-злаковых и богаторазнотравно-красноковыльных степей с березовыми, березово-сосновыми и сосновыми лесами и представлены лесной, степной, луговой и болотной типами сообществ.

*Лесные сообщества* – сосновые и мелколиственные, относятся к группе формаций Уральско-Казахстанских остепненных и опустыненных, обедненных травянистых и травяно-кустарниковых сосновых и березовых лесов и входят в состав провинции остепненных островных низкогорий и равнинных сосновых и березово-осиновых лесов, лесорастительного района степных сосняков Кокшетау-Мунчактинских холмогорий и скалистого мелкосопочника. [18-22]

Классификация лесной растительности Щучинско-Боровского низкогоро-мелкосопочного массива детально разработана. [18-22] В ее основу положен тип условий местопроизрастания – участок земной поверхности с количественно и качественно однородными режимами экологических условий. [11]

#### 1.4 Гидрография

Гидрогеологические условия территории Щучинско-Боровской курортной зоны определяются разнообразными факторами, как способствующими, так и препятствующими накоплению подземных вод, район исследований относится к зоне недостаточного увлажнения и характеризуется бедностью подземных вод. [11] К положительным факторам относятся: наличие бессточных отрицательных форм рельефа, обеспечивающих условия для водосбора и дальнейшей инфильтрации атмосферных осадков; выходы на поверхность или близко к ней трещиноватых коренных пород; практически сплошной древесный покров, снижающий величину испарения в жаркий период, способствующий накоплению снега и замедленному его таянию, что повышает долю инфильтрации талых вод по отношению к поверхностному стоку. Отрицательными факторами являются: засушливый климат, создающий дефицит влаги; малое количество осадков и неравномерное их распределение в течение года и по территории; высокий уровень транспирации, особенно лиственных пород древостоя, в засушливый период при близком залегании уровня; местный подземный сток в озера, с акватории которых влага интенсивно испаряется, что в совокупности с водоотбором на бытовые и производственные нужды приводит к сработке уровня подземных вод;

ненормированное использование водосборных комплексов в сельскохозяйственном производстве. [23, 24, разд 1.2, 2]

На территории области насчитывается около 100 водотоков длиной более 10 км, большинство из них представляют временные водотоки, протяжением до 100 км. Рек длиной свыше 100 км – 6, а свыше 200 км – всего 1 (р. Чаглинка).

Крупным водотоком области является р. Есиль (Ишим) с притоками - рр. Аккан-Бур лук и Нижний Бурлук, протекающая в западной, окраинной ее части.

На востоке, западе и северо-западе от Кокшетауского массива расположено около 50 водоемов к ним относятся и озера Щучинско-Боровской группы: Улькен Шабакты (Большое Чебачье), Киши Шабакты (Малое Чебачье), Шортан, Бурабай (Боровое), Текеколь, Майбалык, Сулуколь, Жукей, Карасье, Катарколь. [11]

## 2. Характеристика основных озер ЩБКЗ

### 2.1 Описание озер

Озеро Шортан (52°59' с.ш., 70°13' в.д.) расположено у г. Щучинска. Озеро имеет удлиненную форму, вытянуто с северо-запада на юго-восток, бессточное, постоянных притоков не имеет. Прилегающая местность - слабоволнистая равнина. Берега преимущественно пологие, на юго-западе умеренно крутые, сливаются со склонами Щучинских сопок, покрыты сосновым лесом, сложены суглинистыми грунтами, имеется выход скальных пород.

Дно в районе поста илистое, у северо-восточного и юго-восточного берегов - песчаное, у юго-западного - песчано-галечное. Водная поверхность открытая, без растительности.

Береговая линия изрезана небольшими открытыми бухточками. У подножия Щучинских сопок встречаются многочисленные выходы грунтовых вод с дебитом 0,5-2 л/сек. Озеро бессточное и постоянных притоков не имеет. Минерализация воды озера в течение всего года остается постоянной и составляет около 250 мг/л, а жесткость – 2,0-2,5 мг-экв (мягкая). Ионный состав воды характеризуется преобладанием ионов  $\text{HCO}_3^-$  (40 % экв.) и Ca (25 % экв.). [11,25,26]

Озеро Боровое (53°04' с.ш., 70°17' в.д.) - расположено на возвышенности Кокшетау в центральной части курортного поселка Борового Акмолинской области. На восточном берегу озера расположен гидрологический пост оз. Бурабай - с. Боровое, на котором ведутся наблюдения РГП «Казгидромет». Гидрологический пост оз. Бурабай - с. Боровое действует с 21.06.1979 г. по настоящее время.

Водосбор озера расположен в горной лесной местности, а само озеро - в северной части бассейна, у восточного подножия горы Синюха. Озеро отделено от соседних озер (У. Шабакты, Шортан и др.) небольшими хребтами с абсолютными высотами 400 - 800 м (гора Синюха 887 м абс.). Около 90% площади водосбора покрыто лесом (сосна и береза), являющимся заповедником. Остальная часть бассейна занята степными участками, имеющими островной характер, и огородами. Водная поверхность озера в основном открытая; только вдоль западного и южного побережий имеются заросли тростника, камыша и кувшинки, занимающие около 5% общей площади. Значительная часть озера занята погруженной водной растительностью (рдесты и водоросли). Дно ровное, с уклоном на север, у берегов песчаное и каменистое, в середине илистое; мощность ила в северной части озера 0,5-1 м, в южной-1,6 м. Хорошо заметны конусы выноса со стороны притоков.

В северо-западном заливе озера находится небольшой скалистый островок Сфинкс, имеющий форму гриба и возвышающийся над водной поверхностью на 20 м.

Южный, западный и северный берега озера сложены гранитами, местами возвышающимися над водой в виде утесов. На северном берегу выделяются утес Корова и мыс Пахомовка, на западном — мысы Максима Горького и Горелый, утес Кзыл-Тас. Восточный берег песчаный, отлогий; близ уреза воды тянется песчаный вал шириной 2-5 м, высотой 1,5 м. Все берега поросли сосновым лесом.

Озеро проточное, в него впадают: с юго-восточного берега - руч. Сарыбулак, с западного - руч. Имайский и два ключа без названия. Из озера, в его северо-восточной части, вытекает р. Громотуха длиной 1,5 км, сбрасывающая излишние воды в соседнее оз. Улькен Шабакты.

Наивысший уровень озера (6,7 м усл.) наблюдался в 1914 и 1919 гг. Изменения уровня озера в среднем относительно незначительны, так как при увеличении притока соответственно увеличивается и сток из него. Минерализация воды в течение всего года составляет 100 - 150 мг/л, а жесткость - 1,0- 1,5 мг-экв. (очень мягкая). Вода хорошая, чистая, используется для питья местным населением и санаторием, находящимся на восточном берегу озера, а также для полива огородов. [11,25,26]

Озеро Улкен Шабакты (53<sup>0</sup>7' с.ш., 70<sup>0</sup>17' в.д.) расположено у курорта Водосбор расположен возле мелкосопочника, в котором открытые равнинные участки, занятые целинной степью, чередуются с холмами, покрытыми смешанным лесом. К югу от озера находятся склоны горного массива, поросшего сосновым лесом, а северная и восточная части бассейна безлесные.

Грунты равнинной части бассейна супесчаные, холмы и горный массив сложены каменными породами. Площади степных и лесных участков примерно одинаковы и охватывают около 90% поверхности водосбора. Озеро открытое, без водной растительности, имеет удлиненную форму, вытянуто с запада-северо-запада на восток-северо-восток. Северный и восточные берега озера пологие, степные высотой 5-6 м. Южным и юго-западным берегам служат склоны горного массива, поросшие сосновым лесом. Озеро бессточное. С южного берега у курорта Бурабай в озеро впадает р. Громотуха, вытекающая из оз. Бурабай. Минерализация воды озера в течение всего года изменяется в пределах 400-600 мг/л, а жесткость - в пределах 3-5 мг-экв. (умеренно жесткая). Озерная вода используется для питьевых целей, водопоя скота и других хозяйственных надобностей с. Борового. [11,25,26]

## 2.2 Гидрометеорологическая изученность

На северном берегу озера у санатория «Щучинский» расположен гидрологический пост оз. Шортан - г. Щучинск, на котором ведутся наблюдения РГП «Казгидромет». Гидрологический пост оз. Шортан - г. Щучинск действует с 21.06.1979 г. по настоящее время. Местность, прилегающая к посту, представляет собой слабоволнистую равнину. Берега озера преимущественно пологие. Дно в районе поста илистое, у северо-

восточного и юго-восточного берегов – песчаное, у юго-западного – песчано-галечное. Пост свайного типа. Отметка нуля поста 380.038 м БС.

Пост на озере Бурабай – с. Боровое расположен на восточном берегу. Пост свайного типа. Отметка нуля поста 311.23 м БС.

На озере Улькен Шабакты расположен гидрологический пост Улькен Шабакты – с. Боровое на северном берегу. Прилегающая местность представляет собой мелкосопочник, частично покрытый смешанным лесом. Пост свайного типа. Отметка нуля поста 289.50 м БС. В 2008 году уровни пересчитаны на новый нуль поста в БС с поправкой (129 см), путем привязки. [11]

### 2.3 Режим озер

Режим водной массы озер Акмолинской области определяется величиной слагаемых водного баланса, вариацией этих слагаемых и характером чередования их величин во времени. Основными слагаемыми приходной части водного баланса большинства озер являются приток талых снеговых вод, стекающих с водосбора озера в течение кратковременного весеннего половодья, и осадки, выпадающие на поверхность озера в виде дождя и снега. Расходная часть водного баланса почти целиком определяется испарением воды с поверхности озера, так как большинство водоемов области бессточны. [11] Данные о водозаборах отсутствуют.

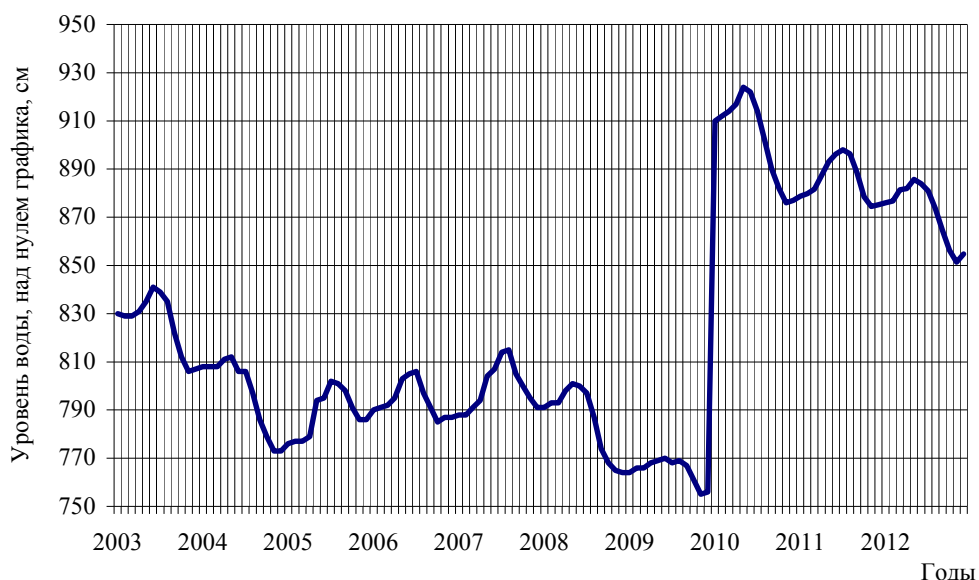


Рисунок 3. Многолетние колебания уровня воды озера Шортан за 2003-2012 гг.

На рисунке 3 изображен график многолетних колебаний уровня воды озера Шортан за период 2003-2012 гг. На графике видно, что самое низкое значение наблюдалось в ноябре 2009 года отметка уровня воды 755 см и с

декабря этого же года произошло резкое увеличение уровня воды, возможно это были сбросы воды из внешних источников. Максимальное значение наблюдалось в мае 2010 года 924 см.

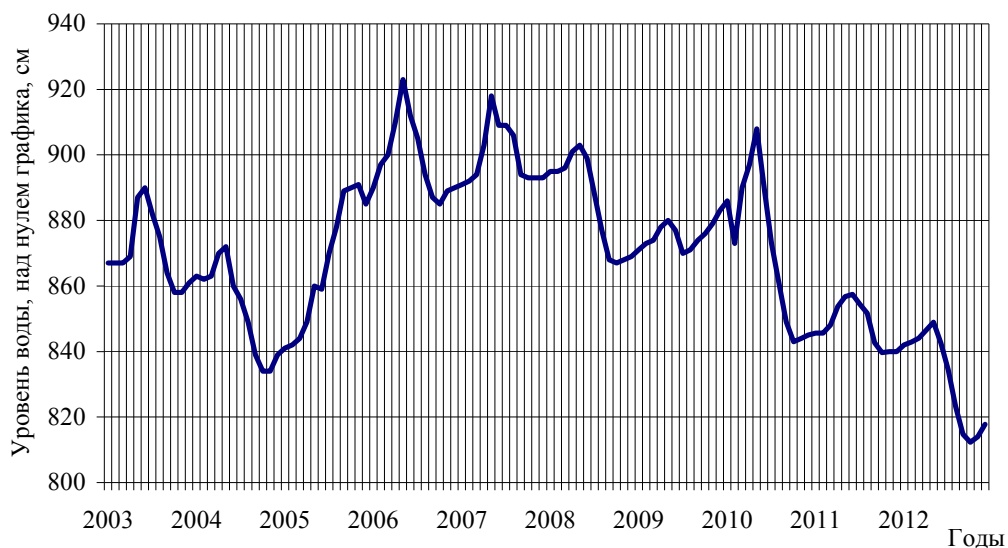


Рисунок 4. Многолетние колебания уровня воды озера Бурабай за 2003-2012 гг.

Рисунок 4 свидетельствует о том, что максимальное значение уровня наблюдалось в мае 2006 года (923 см), а минимальное значение – в октябре 2012 года (812 см).



Рисунок 5. Многолетние колебания уровня воды озера Улькен Шабакты за 2003-2012 гг.

График колебаний уровня воды по озеру Улькен Шабакты приведен только за три года (рис.5), по причине отсутствия данных. По графику видно снижение уровней воды.

#### 2.4 Хозяйственное использование

На территории Щучинско-Боровской курортной зоны расположено большое количество санаториев, курортов и зон отдыха, оздоровительных центров. С каждым годом увеличивается число отдыхающих и туристов.

Природные объекты Боровского горно-лесного массива, где расположена Щучинско-Боровская курортная зона, имеют особую научную, культурную, экологическую и рекреационную ценность. В регионе расположено более 80 санаторно-курортных и оздоровительных объектов и в настоящее время завершается строительство еще нескольких объектов. В летний оздоровительный сезон в здравницах Щучинско-Боровской курортной зоны отдыхает по некоторым оценкам более 500 тыс. человек. Это в 10 раз превышает численность населения, проживающего по берегам озер.

Вода в озере Шортан используется для коммунального и питьевого водоснабжения г. Щучинска и санаториев, расположенных по берегам водоема. А также вода в озерах используется для полива огородов и сельскохозяйственных угодий.



### 3. Исследование элементов водного баланса озёр ЩБКЗ

#### 3.1 Общие сведения о водном балансе озёр и водохранилищ

Рассмотрение вопроса о водном балансе озёр весьма существенно, так как озёра являются естественными регуляторами стока и широко используются как водохранилища. В последнем случае, конечно, меняется их режим и водный баланс, что должно быть принято во внимание при водохозяйственных расчетах. Водоохранилища, создаваемые на реках, также как и озёра, могут быть отнесены к водоемам с замедленным стоком, поэтому все, что касается водного баланса озёр, имеет прямое отношение и к водному балансу водохранилищ.

Рассмотрим прежде всего классификацию озёр по условиям стока. С этой точки зрения следует различать озёра:

- 1) приточно-сточные, т. е. такие, в которые поступает вода из рек и из которых вытекают реки;
- 2) бессточные — такие, из которых нет стока, например Каспийское и Аральское моря;
- 3) сточные — такие, в которые не наблюдается поверхностного притока.

Строительство гидроузлов на реках приводит к изменению гидрологического режима и элементов водного баланса озёр и водохранилищ, которые располагаются на этих реках.

Водные балансы озёр и водохранилищ находят широкое применение для контроля выработки энергии на ГЭС, при проектировании водохозяйственных мероприятий (заборы воды на орошение и водоснабжение, переброски стока в другие бассейны), при составлении графиков лесосплава и работы водного транспорта, при оценках качества воды, при прогнозах уровня воды озёр и заполнении водохранилищ.

В последнее время в связи с практической ценностью работ по расчётам водного баланса повысился интерес к составлению их во всём мире, появились работы, обобщающие сведения о водном балансе озёр и водохранилищ Земного Шара, по выявлению связи между средними годовыми значениями приходных и расходных компонентов водного баланса и характеристиками их водосборных площадей, а также по оценке степени влияния водоемов на сток рек.

*Водный баланс водохранилищ* составляется за декадный, месячный и годовой интервалы времени.

Уравнение водного баланса для водохранилища за декаду, месяц, сезон, год имеет вид:

$$P + Q_{\text{п}} + Q_{\text{п.подз}} + Q_{\text{сбр}} - (E_{\text{вдхр}} + Q_{\text{о}} + Q_{\text{гр}} + Q_{\text{заб}}) = \Delta S_{\text{вдхр}} + \Delta S_{\text{русл}} + \Delta G + \Delta S_{\text{сн}} \pm \eta_{\text{б}}, \quad (1)$$

где  $P$  — осадки, выпадающие на зеркало водохранилища;

$Q_{\text{п}}$  — приток в водохранилище поверхностных (речных) вод;

$Q_{п.подз}$  — приток подземных вод, не дренируемых реками;

$Q_{сбр}$  — возвратные (сбросные) воды, т. е. воды, непосредственно поступающие в водохранилище (минуя реки, сток которых учитывается элементом  $Q_{п}$ ) после использования на орошение земель, водоснабжение населенных пунктов и т. д.;

$E_{вдхр}$  — испарение с зеркала водохранилища;

$Q_o$  — отток воды из водохранилища через сооружения замыкающего гидроузла (турбины, водосливные отверстия, шлюзы, рыбоходы, бревнопуски, ледосбросы, а также потери воды на утечку и фильтрацию через эти сооружения);

$Q_{гр}$  — отток воды подземным путем (фильтрация) через борта и ложе водохранилища в нижний бьеф ГЭС (в обход сооружений замыкающего гидроузла);

$Q_{заб}$  — забор воды из водохранилища на орошение, водоснабжение и т. д.;

$\Delta S_{вдхр}$  — изменение запаса воды в чаше водохранилища за расчетный интервал времени;

$\Delta S_{русл}$  — изменение запаса воды в устьевой части русел основных впадающих в водохранилище рек (в зоне влияния подпора ниже замыкающих гидрометрических створов);

$\Delta G$  — водообмен с грунтами ложа и берегов водохранилища;

$\Delta S_{сн}$  — изменение запаса воды в водохранилище за счет оседания на берегах зимой (при сработке) и всплывания весной (при наполнении водохранилища) льда и покрывающего его снега;

$\eta_b$  — невязка водного баланса.

Все составляющие уравнения должны быть выражены в объемах воды (в тысячах или миллионах  $m^3$ ,  $км^3$ ).

Составляющие  $Q_{п}$ ,  $Q_{п.подз}$ ,  $Q_{сбр}$  и  $P$  относятся к приходным компонентам баланса,  $E_{вдхр}$ ,  $Q_o$ ,  $Q_{заб}$  и  $Q_{гр}$  — к расходным, а  $\Delta S_{вдхр}$ ,  $\Delta S_{русл}$ ,  $\Delta G$  и  $\Delta S_{сн}$  — к «аккумуляционным». В левой части уравнения приходные составляющие записываются со знаком плюс, а расходные — со знаком минус. Аккумуляционные составляющие, записанные в правой части уравнения, могут иметь разный знак (плюс или минус). Знак аккумуляционных составляющих, представляющих величины изменения объема воды за расчетный период, может быть различным в зависимости от того, рассчитываются ли они по разности значений на конец и начало расчетного интервала времени или наоборот — на его начало и конец. [27-29]

### *Методы расчёта отдельных элементов водного баланса*

Осадки  $P$ , выпадающие на зеркало водохранилища в жидком виде, определяются по данным наблюдений островных и береговых осадкомерных пунктов, а в твердом виде (снег) — по материалам береговых метеопунктов.

Погрешности измеренных отдельными приборами осадков обуславливаются недобором их за счет смачивания, ветрового недоучета и

испарения между сроками измерения. Исправленная сумма осадков  $P$  за расчетные интервалы времени определяется по формуле:

$$P = P_0 + P_0(K_c + K_v + K_i), \quad (2)$$

где  $P_0$  — измеренная сумма осадков;

$K_c$ ,  $K_v$ ,  $K_i$  — поправочные коэффициенты на смачивание, ветровой недоучет и испарение. Значения этих коэффициентов за месячные интервалы времени по областям приведены в «Справочнике по климату СССР».

Экспериментальными данными установлено, что значения поправки на смачивание для одного измерения составляют 0,2 мм для жидких осадков и 0,1 мм для твердых. Потери на испарение могут достигать 6 % суммы осадков тёплого периода года. Потери на ветровой недоучет определяются по сложным зависимостям, используя для этого скорость ветра и вид осадков. Эти коэффициенты для твердых осадков изменяются от 1,0 при скорости ветра, равной нулю, до 1,80 - 2,40 при скорости ветра 7 - 8 м/с, а в среднем равны 1,40 - 1,60. Для жидких осадков коэффициенты на ветровой недоучет в среднем равны 1,10 - 1,20.

Данные островных станций за зимний период обычно не используются из-за погрешностей, обусловленных надуванием (или выдуванием) снега в осадкомеры. Расчёт средних для акватории водоема и его водосборного бассейна значений осадков производится методами среднего арифметического, среднего взвешенного и изогьет. При незначительном изменении месячных сумм осадков и при равномерном размещении осадкомеров по площади средний слой осадков для зеркала водохранилища вычисляется как среднее арифметическое. При неравномерном размещении пунктов наблюдений и значительных изменениях значений осадков по акватории или водосборному бассейну применяются методы среднего взвешенного (при небольшом количестве осадкомерных пунктов) и изогьет (при достаточно большом количестве пунктов наблюдений за осадками, а также в сложных условиях — в горных водосборных бассейнах). Кроме того, в горных условиях средние атмосферные осадки на водосборе могут определяться с применением зависимостей осадков от высоты местности и гипсографической кривой водосбора

За рубежом получил широкое распространение расчет осадков на акваторию водоемов по данным радиолокационных измерений. Этот метод, видимо, в будущем займет ведущее место при такого рода расчётах.

Имеющиеся к настоящему времени данные наблюдений за осадками на акваториях крупных озер и водохранилищ указывают на то, что распределение осадков на их поверхности связано с термическими свойствами водоёмов, гладкостью зеркала воды и отчасти с топографией местности (озерные котловины). Термические различия проявляются прежде всего в период открытой, а не замерзшей водной поверхности. Водоёмы из-за своей термики и малой шероховатости обычно уменьшают осадки.

В летний сезон значительная доля осадков образуется за счет термической конвекции. Однако именно в этот период относительно холодная поверхность водоемов препятствует ее развитию. Весной и летом в воздушном потоке над относительно холодными поверхностями водоемов появляется нисходящая составляющая. Способствует уменьшению осадков и сравнительно малая шероховатость зеркальной поверхности водоемов. Над незамерзающими водоемами осенью и зимой возникают воздушные потоки с восходящей составляющей. Обратная картина возникает над замерзающими водоемами - термические различия сглаживаются или совсем исчезают. Сохраняет свое действие лишь фактор пониженной шероховатости, поэтому проявление отрицательного эффекта воздействия водоемов на осадки в этот период значительно ослаблено.

Объем осадков вычисляется умножением значения слоя на среднюю за расчетный период площадь зеркала водохранилища.

*Приток поверхностных вод*  $Q_{\text{п}}$  оценивается по данным измерений стока на основной реке и других водотоках, впадающих в водохранилище. Для неизученных рек сток определяется с использованием его удельных характеристик (модуль в л/(с·км<sup>2</sup>) или слой стока в мм) для небольших изученных рек-аналогов, по картам изолиний стока и т. д.

*Приток подземных вод*  $Q_{\text{п.подз}}$ , не дренируемых впадающими в водохранилище реками, для глубоких водоемов определяется по данным гидрогеологической съемки и наблюдений, выполнявшихся в период строительства гидроузла и ведущихся во время эксплуатации водохранилища. При постановке детальных воднобалансовых исследований на водосборном бассейне водоема подземный приток для годового интервала времени может быть получен по уравнению водного баланса водосборного бассейна с достаточной точностью. На неглубоких водоемах он практически отсутствует, поэтому необходимость в специальной его оценке отпадает.

*Учет возвратных (сбросных) вод*  $Q_{\text{сбр}}$  необходим лишь в случаях, когда имеются сбросы вод непосредственно в водохранилище или его притоки (ниже гидрометрических створов) после их использования на хозяйственные нужды. В случаях если эти воды поступают в реки выше гидрометрических створов, они учитываются элементом  $Q_{\text{п}}$  и не требуют специальной оценки.

*Отток воды из водохранилища*  $Q_{\text{о}}$  оценивается по данным учета стока на ГЭС, а в случаях, если этот учет не налажен, — по материалам наблюдений на гидрометрическом створе, расположенном на реке ниже ГЭС.

*Фильтрация воды из водохранилища* в нижний бьеф ГЭС через берега и ложе  $Q_{\text{гр}}$  в обход сооружений замыкающего гидроузла определяется по данным специальных гидрогеологических исследований и расчетов, выполняемых за период, предшествующий заполнению водохранилища, или во время его эксплуатации. В большинстве случаев такая односторонняя фильтрация из речных водохранилищ отсутствует.

*Забор воды из водохранилища* на хозяйственные нужды  $Q_{\text{заб}}$  оценивается по данным организаций, эксплуатирующих соответствующие водозаборные сооружения.

*Определение испарения с водной поверхности водохранилищ* за безледоставный период производится различными методами в зависимости от размеров водоемов и имеющихся исходных материалов. По площади водоемы делятся на малые (до 5 км<sup>2</sup>), средние (от 5 до 40 км<sup>2</sup>) и большие (свыше 40 км<sup>2</sup>). Водоохранилища, для которых составляются текущие водные балансы, относятся, как правило, к большим водоемам.

*Для вычисления испарения с водной поверхности используются данные испарительных установок, эмпирические формулы, методы водного баланса, теплового баланса, турбулентной диффузии, математические модели.*

Измерение испарения с водной поверхности проводится на наземных испарительных площадках, плавучих испарительных установках и испарительных бассейнах.

Данные наблюдений по испарителям ГГИ-3000 приводятся к эталонному по переходным коэффициентам, установленным параллельными измерениями. Испарение по испарительному бассейну непосредственно можно переносить на водоемы площадью до 5,0 км<sup>2</sup>. На водоёмах больших размеров слой испарения в среднем на 15—20 % больше по сравнению с испарительными бассейнами.

Имея данные наблюдений плавучих парителей ГГИ-3000, расчёт месячных величин испарения  $E$  с водоёмов с площадью водного зеркала до 40 км<sup>2</sup> производится по формуле:

$$E = E_n \beta / \alpha, \quad (3)$$

где  $E_n$  — испарение с водоема в месте установки плавучего испарителя;  
 $\beta$  — поправочный коэффициент на площадь водоема, определяется по таблице;

$\alpha$  — коэффициент, зависящий от длины разгона  $L_v$ , определяется по графику.

Величина  $E_n$  определяется по формуле:

$$E_n = 0,88 E' (e_0 - e_{200}) (e_0' - e_{200}), \quad (4)$$

где 0,88 — коэффициент, учитывающий инструментальную поправку;  
 $E'$  — испарение по плавучему испарителю ГГИ-3000 мм,  
 $e_0$  и  $e_0'$  — средняя месячная максимальная упругость водяного пара, вычисляемая соответственно по температуре воды водоёма и испарителя;  
 $e_{200}$  — средняя месячная абсолютная влажность воздуха на высоте 200 см от поверхности воды на плавучей испарительной установке, гПа.

Для водоёмов с площадью водного зеркала до 5 км<sup>2</sup> испарение можно определять непосредственно по данным наблюдений испарительных бассейнов площадью 20 м<sup>2</sup>:

$$E = E_{20}K_nK_{\text{защ}}\beta, \quad (5)$$

где  $E_{20}$  — испарение с испарительного бассейна площадью  $20 \text{ м}^2$ , определяется непосредственно или по карте;

$K_n$  — поправочный коэффициент на глубину водоёма, определяется по таблице;

$K_{\text{защ}}$  — поправочный коэффициент на защищенность водоёма, определяется по таблице;

$\beta$  — поправочный коэффициент на площадь водоема, определяется по таблице.

*Эмпирическая формула*, применяемая для расчёта месячных величин испарения с водоемов, имеет вид:

$$E = 0,14n(e_0 - e_{200})(1+0,72U_{200}), \quad (6)$$

где  $n$  — число суток в расчетном интервале времени;

$e_0$  — среднее значение максимальной упругости водяного пара, вычисленное по температуре поверхности воды в водоёме, гПа;

$e_{200}$  — среднее значение упругости водяного пара (ранее — абсолютной влажности воздуха) над водоёмом на высоте  $200 \text{ см}$ , гПа;

$U_{200}$  — среднее значение скорости ветра над водоёмом на высоте  $200 \text{ см}$ , м/с;

Значения  $e_0$ ,  $e_{200}$ ,  $U_{200}$  над водной поверхностью за расчетный период определяются по данным пунктов наблюдений над акваторией водоема или определяются по материалам наблюдений на ближайших от водоема метеостанциях. Среднее значение максимальной упругости водяного пара в зависимости от температуры воды принимается по таблице.

Среднее значение упругости водяного пара при отсутствии наблюдений над водоёмом рассчитывается по формуле:

$$e_{200} = e'_{200} + (0,8e_0 - e'_{200}) M_T, \quad (7)$$

где  $e'_{200}$  — средняя за расчетный интервал времени влажность воздуха, измеренная на береговой метеостанции;

$e_0$  — среднее значение максимальной упругости водяного пара, вычисленное по температуре поверхности воды в водоёме, гПа;

$M_T$  — коэффициент трансформации, учитывающий среднее изменение влажности и температуры воздуха в зависимости от размера водоёма. Его значение определяется по таблице в зависимости от средней длины разгона воздушного потока над водоемом, разности между температурой воды в водоёме и температурой воздуха на береговой метеостанции.

Средняя скорость ветра над водоёмом  $U_{200}$  на высоте  $200 \text{ см}$  определяется по формуле:

$$U_{200} = U_{\phi} K_1 K_2 K_3, \quad (8)$$

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий степень защищенности метеостанции, принимается по таблице;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий характер рельефа в пункте наблюдений, принимается по таблице;

$K_3$  — коэффициент, учитывающий среднюю длину разгона воздушного потока над водоемом при различной его защищенности, принимается по таблице;

$U_{\phi}$  — скорость ветра на высоте флюгера береговой метеостанции с продолжительностью однородного ряда наблюдений не менее 15 — 20 лет.

Если водоем зарос водной растительностью более 25 — 30 %, то рассчитанная скорость уменьшается на 15 %.

*Метод водного баланса* применяется лишь в том случае, когда надёжно определяются другие составляющие. При этом используется уравнение:

$$E = P \pm \Delta S \pm \Delta Q_s \pm \Delta Q_u, \quad (9)$$

где  $P$  — осадки на зеркало водоема;

$\Delta S$  — изменение запасов воды в водоеме;

$\Delta Q_s = (Q_{п} - Q_{о})$  — разность между поверхностным притоком и оттоком;

$\Delta Q_u = (Q_{п.подз} - Q_{гр})$  — разность между подземным притоком и оттоком.

Для многолетнего периода это уравнение записывается в виде:

$$E = P \pm \Delta Q_s, \quad (10)$$

Для расчета испарения с водной поверхности по методу *теплового баланса* применяется уравнение:

$$E = (R^+ - B)/(1 + 0,64\Delta t/\Delta e), \quad (11)$$

где  $R$  — радиационный баланс;

$B$  — теплообмен с ложем водоёма;

$\Delta t$ ,  $\Delta e$  — разность температуры и абсолютной влажности воздуха на двух уровнях.

Расчёт испарения с водной поверхности по *методу турбулентной диффузии* осуществляется по соотношению:

$$E = a K_1 \Delta e, \quad (12)$$

где  $a$  — коэффициент, зависящий от высоты измерения метеоэлементов и размерностей  $\Delta l$  и  $K_1$ ;

$K_1$  — коэффициент турбулентного обмена на высоте 1 м, для определения которого необходимо знать разность температуры и скорости ветра на двух уровнях;

$\Delta e$  — разность абсолютной влажности воздуха на двух уровнях.

Для расчёта испарения за период с положительной среднемесячной температурой воздуха применяется формула Н.Н. Иванова:

$$E = 0,0018(25 + t)^2 \cdot (100 - a), \quad (13)$$

где  $E$  — испарение за месяц, мм;

$t$  — среднемесячная температура воздуха, °С;

$a$  — средняя месячная относительная влажность, %.

Расчёт испарения  $E_c$  в мм со снежного покрова за месяц и большие интервалы времени выполняется по формуле Кузьмина:

$$E_c = 0,37nD_{200}, \quad (14)$$

где  $n$  — число суток в расчётном периоде;

$D_{200}$  — дефицит влажности воздуха на высоте 200 см, гПа.

При отсутствии данных наблюдений слой испарения с водной поверхности определяется по карте изолиний, а его внутригодовое распределение по типовым схемам, приведенным в региональных монографиях «Ресурсы поверхностных вод СССР». [27-29]

### 3.2 Принятое уравнение водного баланса

Изменение объема бессточного озера в соответствии с уравнением его водного баланса имеет следующий вид:

$$\Delta W = V + S + P - E \quad (15)$$

где  $\Delta W$  - изменение объемов, млн. м<sup>3</sup>;

$V$  - суммарный приток, млн. м<sup>3</sup>;

$S$  - снеготопы на поверхность озера за холодный период, млн. м<sup>3</sup>;

$P$  - поступление воды на поверхность озера в безледоставный период, млн. м<sup>3</sup>;

$E$  - испарение с водной поверхности, млн. м<sup>3</sup>.



### 3.3 Исследование атмосферных осадков и снегозапасов

Систематические наблюдения за уровнем ЩБКЗ в начале 21 века производились только на озерах Шортан, Бурабай и Улкен Шабакты. Для определения изменения элементов водного баланса в начале 21 века была произведена их оценка для озер Шортан, Бурабай, Улкен Шабакты за 2002-2012 гг. Расчет величины снегозапасов, формирующихся на ледяном покрове озер, и осадков, выпадающих на водную поверхность, а также испарения приведены в таблице 20 за 2002-2003 гидрологический год (таблица 15).

Таблица 15 - Определение атмосферных осадков и испарения с поверхности озера Шортан за 2002-2003 гидрологический год

Месяц	Среднемес. уровни, см	Площадь озера, км <sup>2</sup>	Осадки по МС г. Щучинск, мм	Дефицит влажности воздуха по МС г. Щучинск, гПа	Количество дней в месяце	Испарение со снега, мм	Снегозапасы на поверхность озера за холодный период, млн. м <sup>3</sup>	Осадки на поверхность озера за бездефицитный период, млн. м <sup>3</sup>	Температура воздуха, °С	Испарение с воды	
										мм	млн. м <sup>3</sup>
Октябрь 2002	837	12,89	17,0					0,22	2,80	34,5	0,44
Ноябрь 2002	834	12,87	32,6	0,9	30	7,65	0,32				
Декабрь 2002	831	12,84	14,90	0,3	31	1,40	0,17				
Январь 2003	830	12,84	7,70	0,5	31	3,57	0,05				
Февраль 2003	829	12,83	5,8	0,4	28	2,24	0,05				
Март 2003	829	12,83	1,50	0,8	31	1,50	0,00				
Апрель 2003	831	12,84	12,9					0,17	0	0	0,00
Май 2003	835	12,88	48,8					0,63	14,4	131	1,68
Июнь 2003	841	12,93	31,7					0,41	16,3	146	1,89
Июль 2003	839	12,91	65					0,84	16,8	150	1,94
Август 2003	835	12,88	8,2					0,11	20,1	178	2,29
Сентябрь 2003	822	12,77	12,20					0,16	12,2	112	1,43
Сумма	9993	154	259	2,90		16,4	0,59	2,53	82,6	752	9,7
Ср.знач.	833	12,86	21,5	0,58		3,27	0,12	0,36	11,8	107	1,38

Испарение с поверхности водоемов за то время, когда ледовый покров еще не растаял, весьма мало и не превышает 8 мм, поэтому испарение с воды за апрель при проведении расчетов условно принимается равным 0. [11] В октябре месяце при отрицательных температурах воздуха испарение также

условно принималось равным 0. В конце таблицы приведены суммы и средние значения величин, помещенных в отдельных графах этой таблицы. Аналогичные таблицы, составленные за 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 гидрологические годы. Аналогичные таблицы для озера Бурабай за 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 гидрологические годы и для озера Улкен Шабакты за 2006-2007, 2007-2008, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 гидрологические годы.

### 3.4 Приток воды в озера

Приток воды в озера рассчитывался по принципу остаточного члена с помощью уравнения водного баланса, по которому суммарный приток воды в озеро:

$$V = \Delta W - S - P + E \quad (16)$$

Результаты расчета элементов водного баланса за отдельные гидрологические годы приведены в таблице 16.

Таблица 16 - Расчет элементов водного баланса озера Шортан за отдельные гидрологические годы

Гидрологический год	Среднегодовая площадь озера, км <sup>2</sup>	Уровень и объем в начале г.г.		Поступление воды на поверхность озера, млн м <sup>3</sup>		Поступление воды на поверхность озера, мм		Испарение с водной поверхности		Уровень и объем в конце г.г.		Изменение объема озера, млн м <sup>3</sup>	Суммарный годовой приток в озеро, млн м <sup>3</sup>		Приток воды в озеро в весенний период, млн м <sup>3</sup>
		см	млн м <sup>3</sup>	период ледостава	безледоставный период	период ледостава	безледоставный период	млн м <sup>3</sup>	мм	см	млн м <sup>3</sup>		млн м <sup>3</sup>	мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2002-2003	12,86	837	117	0,59	2,53	46,1	196	9,68	752	815	114	-3,1	3,4	267	2,54
2003-2004	12,64	815	114	0,28	2,20	21,9	174	9,56	758	783	109	-4,4	2,7	215	1,25
2004-2005	12,47	783	109	0,61	4,63	48,7	371	9,20	732	794	111	1,5	5,5	441	3,88
2005-2006	12,54	794	111	0,23	3,41	18,0	272	8,91	708	787	110	-1,0	4,3	342	2,88
2006-2007	12,57	787	110	0,96	4,20	76,6	335	8,87	700	800	112	1,8	5,5	441	3,30
2007-2008	12,54	800	112	0,61	2,54	48,7	202	9,21	735	771	108	-4,0	2,0	162	2,26
2008-2009	12,32	771	108	0,42	4,29	33,8	348	8,47	687	763	107	-1,0	2,7	223	1,01

Продолжение таблицы 16

2009-2010	13,19	763	107	1,21	1,54	91,9	117	10,27	764	885	124	17,1	24,6	1866	2,46
2010-2011	13,30	885	124	1,00	3,79	74,9	285	9,51	712	883	123	-0,4	4,3	325	2,85
2011-2012	13,23	883	123	0,37	3,10	28,0	234	10,57	799	860	120	-3,2	3,9	293	2,40
Сумма	128	8117	1134	6,27	32,2	489	2534	94	7347	8141	1137	3,31	59,1	4576	24,8
Ср. знач.	12,8	812	113	0,63	3,22	48,9	253	9,43	735	814	114	0,33	5,91	458	2,48

Приток воды в озеро в весенний период (в млн. м<sup>3</sup>) определялся путем анализа увеличения уровня и объема озера. Суммарный приток в озера, как правило, превышает его величину в весенний период, только в отдельные годы, по-видимому, в связи с неучтенным забором воды в бассейне озера весенний приток оказался несколько больше суммарного притока за гидрологический год. В конце таблицы приведены суммы и средние значения величин, помещенных в отдельных графах этой таблицы за рассматриваемые гидрологические годы.

Аналогичные расчеты были выполнены для озер Бурабай за 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009 - 2010, 2010-2011, 2011-2012 гидрологические годы и Улькен Шабакты за 2006-2007, 2007-2008, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 гидрологические годы.

Результаты расчета элементов водного баланса озера Бурабай за отдельные гидрологические годы приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Расчет элементов водного баланса озера Бурабай за отдельные гидрологические годы

Гидрологический год	Среднегодовая площадь озера, км <sup>2</sup>	Уровень и объем в начале г.г.		Поступление воды на поверхность озера, млн м <sup>3</sup>		Поступление воды на поверхность озера, мм		Испарение с водной поверхности		Уровень и объем в конце г.г.		Изменение объема озера, млн м <sup>3</sup>	Суммарный годовой приток в озеро, млн м <sup>3</sup>		Приток воды в озеро в весенний период, млн м <sup>3</sup>
		см	млн м <sup>3</sup>	период ледостава	безледоставный период	период ледостава	безледоставный период	млн м <sup>3</sup>	мм	см	млн м <sup>3</sup>		млн м <sup>3</sup>	мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2003-2004	10,26	859	35,7	0,13	0,23	12,4	22	7,95	774	836	33,5	-2,1	5,4	531	1,27
2004-2005	10,21	836	33,5	0,56	3,11	54,6	305	7,79	764	888	38,3	4,8	8,9	871	1,82
2005-2006	10,65	888	38,3	0,13	3,01	12,2	283	7,78	731	884	37,9	-0,4	4,2	396	3,55
2006-2007	10,64	884	37,9	0,80	3,42	75,2	322	7,78	731	892	38,6	0,8	4,3	407	2,82
2007-2008	10,58	892	38,6	0,32	2,27	30,4	214	7,89	746	868	36,4	-2,2	3,1	291	0,91
2008-2009	10,39	868	36,4	0,22	3,68	21,5	354	7,33	705	870	36,6	0,2	3,6	350	1,18
2009-2010	10,47	870	36,6	0,74	1,33	70,7	127	8,10	773	845	34,3	-2,3	3,7	355	2,36
2010-2011	10,16	845	34,3	0,51	2,50	50,6	246	7,38	726	840	33,9	-0,5	3,9	384	1,45

Продолжение таблицы 17

2011-2012	10,03	840	33,9	0,23	2,47	22,8	246	8,02	800	812	31,4	-2,5	2,8	281	0,73
Сумма	93,4	7781	325	3,64	22,0	350	2119	70,0	6750	7733	321	-4,3	40,0	3867	16,1
Ср.знач.	10,4	865	36,1	0,40	2,45	38,9	235	7,78	750	859	35,7	-0,5	4,45	430	1,79

Результаты расчета элементов водного баланса озера Улькен Шабакты за отдельные гидрологические годы приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Расчет элементов водного баланса озера Улькен Шабакты за отдельные гидрологические годы

Гидрологический год	Среднегодовая площадь озера, км <sup>2</sup>	Уровень и объем в начале г.г.		Поступление воды на поверхность озера, млн м <sup>3</sup>		Поступление воды на поверхность озера, мм		Испарение с водной поверхности		Уровень и объем в конце г.г.		Изменение объема озера, млн м <sup>3</sup>	Суммарный годовой приток в озеро, млн м <sup>3</sup>		Приток воды в озеро в весенний период, млн м <sup>3</sup>
		см	млн м <sup>3</sup>	период ледостава	безледоставный период	период ледостава	безледоставный период	млн м <sup>3</sup>	мм	см	млн м <sup>3</sup>		млн м <sup>3</sup>	мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2006-2007	15,39	827	102	1,18	5,18	76,4	336	10,9	711	865,7	108	6,2	10,8	703	4,87
2007-2008	15,89	866	108	0,78	3,21	48,8	202	11,7	739	860,5	107	-0,9	6,89	433	2,11
2009-2010	15,57	860	107	1,47	1,82	94,4	117	11,9	765	837,2	103	-3,8	4,86	312	3,30
2010-2011	15,26	837	103	1,15	4,33	75,2	284	10,9	712	809	99,1	-4,4	1,02	66,9	2,53
2011-2012	15,01	809	99	0,42	3,51	28,1	234	12,0	796	767	92,7	-6,4	1,64	109	0,92
Сумма	77,1	4200	520	4,99	18,1	323	1173	57,4	3723	4140	511	-9,13	25,2	1625	13,7
Ср.знач.	15,4	840	104	1,00	3,61	64,6	235	11,5	745	828	102	-1,83	5,05	325	2,75

### 3.5 Расчет испарения с поверхности озер

Для оценки испарения с водной поверхности озер, использованы фактические данные о месячных величинах испарения с водной поверхности испаромеров «ГГИ-3000», расположенных на поверхности водоемов за период с июня по октябрь 1955 г. В результаты наблюдений, полученных с помощью испаромеров, был введен «конструктивный» редуцирующий коэффициент равный 0,72, который учитывает смачивание внутренних стенок испарителя и забрызгивание воды в дождемер. [11] Введение редуцирующего коэффициента в данные наблюдений испаромеров позволило получить значения испарения с водной поверхности озер, которые являются достаточно репрезентативными для рассматриваемой территории Северного Казахстана. Материалы этих наблюдений за 1955 г. позволили установить

зависимость месячных значений испарения с водной поверхности от температуры воздуха. Она имеет следующий вид:

$$E = 8,28 * t_{e-xa} + 11,3, \quad (17)$$

$E$  - испарение с водной поверхности, мм;

$t_{e-xa}$  - температура воздуха, °С.

Коэффициент корреляции составляет  $r = 0,99$ .

Используя зависимость (17) за 1935-2012 гг. произведено определение испарения в безледоставный период (апрель-октябрь) по данным наблюдений за температурой воздуха на метеорологической станции г.Щучинск (таблица 15).

Таблица 19 - Средние значения испарения за различные периоды по данным метеорологической станции г. Щучинск

Период	Испарение, мм	Превышение испарения за периоды 1974-1993 гг., 1994-2012 гг. по сравнению с 1935-1973 гг.
1935-1973	681	0
1974-1993	700	19
1994-2012	725	44

Для указанных выше периодов величина испарения с водной поверхности составила в среднем для периода 1935-1973 гг. - 681 мм, для 1974-1993 гг. - 700 мм и для периода 1994-2012 гг. – 725 мм. Превышения среднего испарения за второй период в сравнении с первым составило 19 мм, а за третий – 44 мм (таблица 19).

Суммарная расчетная площадь ЩБКЗ в естественных условиях составляет 99 км<sup>2</sup> за 1956 год. Для этой площади увеличение испарения с водной поверхности озера на 44 мм составляет объем 4,36 млн. м<sup>3</sup> в год. В начале второго десятилетия 21 века при сокращении площади ЩБКЗ до 79,4 км<sup>2</sup> испарение с водной поверхности сократилось на 3,49 млн. м<sup>3</sup> в год.

### 3.5.1 Испарение со снежного покрова

Снегозапасы за холодный период гидрологического года (ноябрь-март) определялись как разность месячного количества атмосферных осадков и испарения с поверхности снега. [11] Для расчета снегозапасов использовались месячные значения осадков по метеорологической станции г. Щучинск. Испарение с поверхности снега определялось по формуле, предложенной Семеновым В.А. для районов Северного и Центрального Казахстана. [7] Эта формула имеет следующий вид:

$$E = n(0.35d - 0.06), \quad (18)$$

где  $E$  - испарение, мм;

$n$  - число суток расчетного периода;

$d$  – дефицит влажности воздуха, гПа, средний за  $n$  суток.

На рисунке 6 приведена разностная интегральная кривая дефицита влажности воздуха за холодный период по метеорологической станции г. Щучинск за 1965-2012 гг.

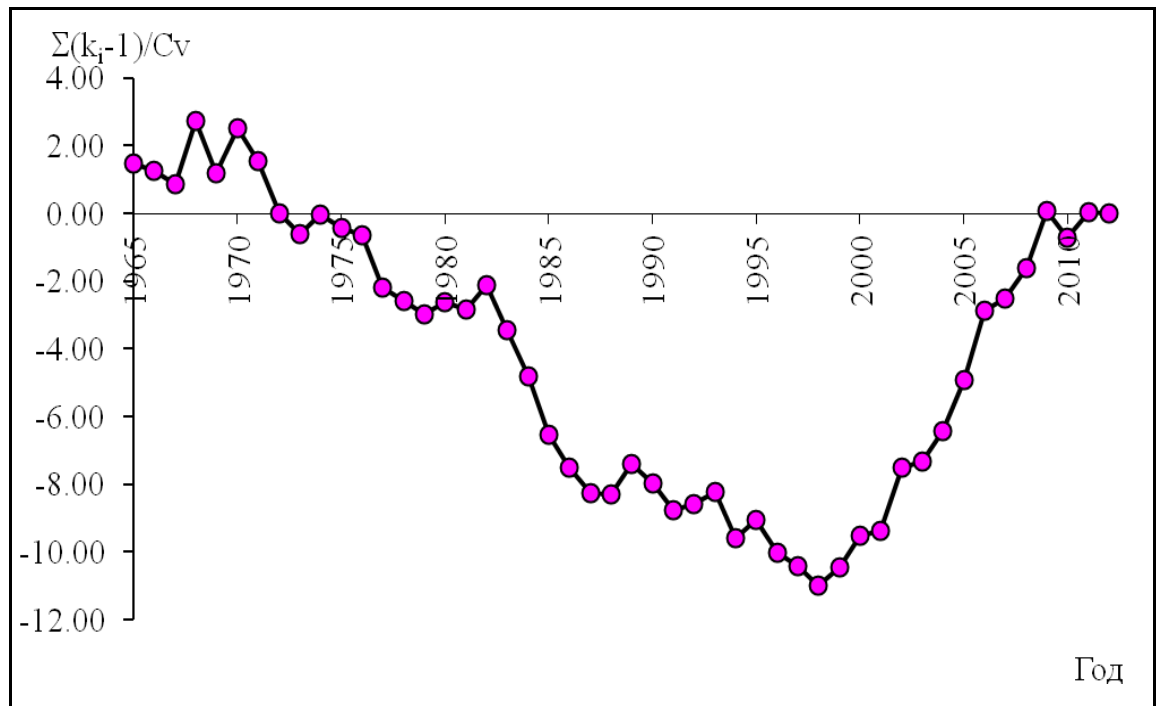


Рисунок 6. Разностная интегральная кривая дефицита влажности воздуха за холодный период по метеорологической станции г. Щучинск за 1965-2012 гг.

Анализ интегральной кривой дефицита влажности воздуха за холодный период показывает, что начиная с конца 20 столетия, наблюдается тенденция увеличения дефицита влажности воздуха, которая приводит к увеличению испарения со снежного покрова. Средний дефицит влажности воздуха за период с 2000-2012 гг. в сравнении с его значением за период с 1965-1999 гг. увеличился с 0,53 до 0,65 гПа, т.е. на 0,12 гПа. В соответствии с формулой выше - это приведет к увеличению испарения со снега на ледяном покрове озер (ноябрь-март) с 19 до 25,2 мм, т.е. на 6,2 мм в год. Для суммарной расчетной площади ЩБКЗ в естественных условиях, равной 99 км<sup>2</sup> - это увеличение испарения со снега за холодный период составит 0,61 млн. м<sup>3</sup> в год. В последние годы (2011-2013 гг.) при сокращении площади ЩБКЗ до 79,4 км<sup>2</sup> составит 0,49 млн. м<sup>3</sup> в год.

Таким образом, испарение с водной поверхности и испарение снега с ледяной поверхности озер при естественном режиме в условиях современного климата должно увеличиться на 4,97 млн. м<sup>3</sup> в год. В

настоящее время испарение с водной поверхности и испарение снега с ледяной поверхности озер составляет 3,98 млн. м<sup>3</sup> в год. Кроме этого увеличение температуры и дефицита влажности воздуха оказывает и окажет в дальнейшем определенное влияние на увеличение суммарного испарения с поверхности водосборов озер.

### 3.6 Результаты расчета водного баланса озер и анализ полученных данных

Результаты оценки водного баланса озер Шортан, Бурабай и Улькен Шабакты по данным наблюдений 21 века были сопоставлены с аналогичными данными приведенными в монографии 1956 г. и помещены в таблицах 20, 27 и 22. [11]

Таблица 20 - Основные характеристики водного баланса озера Шортан в середине 20 века и в начале 21 века

Характеристики водного баланса	В середине 20 века		в начале 21 века		Изменение	
	В мм	В млн.м <sup>3</sup>	В мм	В млн.м <sup>3</sup>	В мм	В млн.м <sup>3</sup>
Приток воды с водосбора и водообмен через ложе озера	390	7,25	458	5,91	68	1,34
Запас воды в снеге на поверхности озера к началу весеннего снеготаяния и осадки, выпадающие на поверхность озера за период от начала снеготаяния до начала ледостава	290	5,40	302	3,85	12	1,55
Испарение с водной поверхности озера за период от начала снеготаяния до начала ледостава	680	12,65	735	9,43	55	3,22

Таблица 21 - Основные характеристики водного баланса озера Бурабай в середине 20 века и в начале 21 века

Характеристики водного баланса	В середине 20 века		В начале 21 века		Изменение	
	В мм	В млн.м <sup>3</sup>	В мм	В млн.м <sup>3</sup>	В мм	В млн.м <sup>3</sup>
Приток воды с водосбора и водообмен через ложе озера	390	3,67	430	4,45	40	0,78
Запас воды в снеге на поверхности озера к началу весеннего снеготаяния и осадки, выпадающие на поверхность озера за период от начала снеготаяния до начала ледостава	290	2,72	274	2,85	16	0,13

Продолжение таблицы 21

Испарение с водной поверхности озера за период от начала снеготаяния до начала ледостава	680	6,39	750	7,78	70	1,39
--	-----	------	-----	------	----	------

Таблица 22 - Основные характеристики водного баланса озера Улькен Шабакты в середине 20 века и в начале 21 века

Характеристики водного баланса	В середине 20 века		В начале 21 века		Изменение	
	В мм	В млн.м <sup>3</sup>	В мм	В млн. м <sup>3</sup>	В мм	В млн. м <sup>3</sup>
Приток воды с водосбора и водообмен через ложе озера	390	8,19	325	5,05	65	3,14
Запас воды в снеге на поверхности озера к началу весеннего снеготаяния и осадки, выпадающие на поверхность озера за период от начала снеготаяния до начала ледостава	290	6,09	299	4,61	9	1,48
Испарение с водной поверхности озера за период от начала снеготаяния до начала ледостава	680	14,28	745	11,5	65	2,78

В таблицах 20-22 показано, что запас воды в снеге на поверхности озера к началу весеннего снеготаяния и осадки, выпадающие на поверхность озера за период от начала снеготаяния до начала ледостава с середины 20 в. и начале 21 в. практически не изменились. Это указывает, что в условиях современного климата не произошло увеличения или уменьшения атмосферных осадков в рассматриваемом бассейне.

В то же время, испарение с поверхности озер: Шортан (табл. 20) несколько увеличилось с 680 до 735 мм, Бурабай (табл. 21) с 680 до 750 мм и Улькен Шабакты (табл. 22) с 680 до 745 мм. Это указывает, что в условиях современного климата произошло увеличение среднегодовой температуры воздуха, за холодный и теплый периоды на 1-1,5°С.

Суммарная величина притока воды с водосбора и водообмена через ложе озера Шортан уменьшилась с 7,24 млн.м<sup>3</sup> до 5,91 млн.м<sup>3</sup> - на 18,5 %. В условиях нормы выпадающих атмосферных осадков такое сокращение поступления воды в озеро указывает на значительное водопотребление на хозяйственные нужды.

Для оз. Бурабай эта величина увеличилась с 3,67 млн. м<sup>3</sup> до 4,45 млн. м<sup>3</sup>. По-видимому, это обусловлено сокращением поступления воды из оз. Бурабай в оз. Улькен Шабакты по протоке Громотуха.

Для оз. Улькен Шабакты эта величина уменьшилась с 8,19 млн. м<sup>3</sup> до 5,05 млн. м<sup>3</sup>. Это, по-видимому, обусловлено сокращением или отсутствием поступления воды в оз. Улькен Шабакты из оз. Бурабай по протоке Громотуха, а также забором воды в бассейне озера на хозяйственные нужды.



Суммарный приток в озера Бурабай и Улькен Шабакты в 1956 г. составил 11,9 млн. м<sup>3</sup> (данные табл. 20 и 22), а в 2002-2012 гг. 9,5 млн. м<sup>3</sup>, т.е. на 2,4 млн. м<sup>3</sup> или на 20 % меньше. Общий приток в озера ЩБКЗ в середине 20 в., как отмечалось выше, составлял 35,3 млн. м<sup>3</sup> в год. Если по аналогии с озерами Шортан, Бурабай и Улькен Шабакты принять сокращение притока равным 20 %, то окажется, что величина общего притока в озера ЩБКЗ с учетом водопотребления составит 7,1 млн. м<sup>3</sup> в год. Как отмечено выше, во второй половине 20 века и начале 21 века приток в озеро Шортан сократился на 1,34 млн. м<sup>3</sup>, а приток в озера Бурабай и Улькен Шабакты – на 2,40 млн. м<sup>3</sup>. Таким образом, суммарное сокращение в озера Шортан, Бурабай и Улькен Шабакты составило – 3,74 млн. м<sup>3</sup> или 19,6 %.

Испарение с трех рассматриваемых озер в среднем увеличилось на 63 мм (9,3 %), что при современной площади озер (38,6 км<sup>2</sup>) составляет 2,43 млн. м<sup>3</sup>. Проведенные ранее исследования показали, что площадь всех десяти озер в естественных условиях (1956 г.) составляет 89,5 км<sup>2</sup>, следовательно учитывая среднюю величину увеличения испарения можно «предположить», что общий объем озер уменьшился на 5,64 млн. м<sup>3</sup>. Таким образом, расходная величина водного баланса, которая включает водопотребление и увеличение испарения с водной поверхности, составляет 12,7 млн. м<sup>3</sup> для современной площади озер.

Проведенные исследования озер Шортан, Бурабай и Улькен Шабакты показали, что к началу 21 века в их водном балансе произошли существенные изменения, а именно увеличилось испарение со снега и водной поверхности озер. Для восстановления озер в размерах, наблюдавшихся в середине 20 века, необходима подача в Щучинско-Боровскую курортную зону около 15 млн. м<sup>3</sup> воды из внешних источников, для компенсации увеличения испарения с водной поверхности и водопотребления на хозяйственные нужды. [30]

## Список использованной литературы

1. Старов В.И., Нурлыбаев А.Н., Серых В.И. и др. Раннепалеозойские магматические формации //Магматизм Северного Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1988. С. 31-43.
2. Булыко Л.В. Ордовикская система. Геология Северного Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1987. - 237 с.
3. Нурмамбетов Э.И. Акиянова Ф.Ж. К позднеплейстоцен-голоценовой истории Северного Казахстана //Сб.: Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. - М.: Наука, 1989. - С.102-109.
4. Акиянова Ф.Ж. Современный геоморфогенез и рельефообразующие процессы Боровского массива Кокшетау //Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. - Алматы: Гылым, 1998. - С.333-338.
5. Акиянова Ф.Ж. Современное природно-антропогенное рельефообразование Северного Казахстана, пути решения экологических проблем. Первый Центрально-Азиатский геотехнический симпозиум. - Астана, 2000. - С.860-864.
6. Сваричевская З.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. - Л.: ЛГУ, 1965. - 296 с.
7. Ананьев Н.И., Исенов Ш.А., Мейрамов Э.А. Биоресурсы и экологическое состояние Акмолинской области. - Акмола: Жана-Арка, 1997. - 134 с.
8. Геологическая и гидрогеологическая карты СССР, масштаба 1:200000, серия Карагандинская, лист М-42-V. Объяснительная записка. - М.: Недра, 1968. - 2 л.
9. Использование минеральных вод Казахстана. - Алма-Ата. Наука. 1986. - С. 65-69.
10. Водные ресурсы Казахстана.- Алматы: НИЦ Гылым, 2002. - С. 413.
- 11.Под общей редакцией Урываева В. А., Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Выпуск 3, Кокчетавская область Казахской ССР, Гидрометеиздат, Л.:1959г. 562 с.
12. Справочник по климату Казахстана. Вып. 3 Акмолинская область. Раздел 1: Температура воздуха. - Алматы: РГП Казгидромет, 2004. - 418 с.
13. Климатологический справочник СССР. Вып. 18 Казахская ССР. - Алма-Ата: Управление гидрометеорологической службы Каз. ССР, 1948. - 272 с.
14. Справочник по климату Казахстана. Вып. 3 Акмолинская область. Раздел 2: Атмосферные осадки. - Алматы: РГП Казгидромет, 2004. - 54 с.
15. Справочник по климату Казахстана. Вып. 3 Акмолинская область. Раздел 3: Атмосферные явления. - Алматы: РГП Казгидромет, 2003. - 64 с.
16. Материалы к флоре и растительности Казахстана // Труды института ботаники АН КазССР. Сер. биол.. - 1963. - Вып. 15. - 262 с.
17. Курочкина Л.Я. Растения - индикаторы почв целинных земель Акмолитнской области//Труды Института ботаники АН КазССР. Сер. биол. - Вып. 11. - С. 83-92.
18. Грибанов Л.Н. Классификация типов нагорных островных лесов

- Центрально-Казахстанского мелкоспочника и Калбинского хребта //Вестник с.-х. науки. - 1965. - №2. - С. 12-19.
19. Бирюков В.Н., Бобровник В.П. Типы леса Казахского мелкосопочника и их хозяйственное значение. В кн.: Леса и древесные породы Северного Казахстана. - Л.: Наука, 1974.
20. Бирюков В.Н. Особенности лесов Казахского мелкосопочника и их классификация //Лесоведение. - 1971, - № 4. - С. 15-21.
21. Марыныч О.М. Антропогенная трансформация степной растительности (на примере Центрального Казахстана): автореф. ... канд. биол. наук. - Алматы, 1999. - 29 с.
22. Исаченко Т.И. Растительность мелкосопочника Северного Казахстана // Труды Ботанического института им. В.А.Комарова АН СССР. Серия III. Геоботаника. - 1961- Вып. 13. - С. 29-37.
23. Соболев Л.Н. К характеристике растительного покрова заповедника «Боровое» на фоне его природных ландшафтов // Землеведение Т. XXXIX, Вып. 4 - 5. - Ленинград. 1937.- С 380-425.
24. Создание гидрографического атласа Щучинско-Боровской системы озер (ЩБСО) // Заключительный отчет согласно договору № 05-02-190 от 14.12.2010 г. Астана. 2012. 66 с.
25. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озёра Северного, Западного и Восточного Казахстана ( справочник) Л.: Гидрометеиздат, 1974 -138с.,
26. Филонец П.П. Озёра Казахской ССР. Вестник АН КазССР. Алма-Ата: Наука, 1971, № 1.
27. Болдырев В.М., Качанова Н.Н., Лаврентьев П.Ф. Водный баланс озёр и водохранилищ //Ресурсы поверхностных вод СССР т.13, вып1. Л.: Гидрометеиздат .
28. Галущенко Н. Г. Гидрологические и воднобалансовые расчёты. – Киев: Головное издательство издательского объединения «Вища школа», 1987. – 247 с.
29. Методы изучения и расчёта водного баланса. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 397 с.
30. Голубцов В.В., Садуокасова М.Т., Раченков М.Н. «Об изменении водного баланса озер Щучинско-Боровской курортной зоны», // Гидрометеорология и экология №1, С.45-54.