



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Особенности увлаженности
бассейнов озерных систем в
условиях аридного климата**

Исполнитель _____ Кичигин Николай Максимович _____
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ д.г.н., проф. _____
(ученая степень, ученое звание)

_____ Мякишева Наталья Вячеславовна _____
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

_____ (подпись)

_____ канд. геогр. наук., доцент
(ученая степень, ученое звание)

_____ Сикан Александр Владимирович _____
(фамилия, имя, отчество)

« 8 » июня 2018 г.

Санкт-Петербург
2018



Оглавление

	Стр.
Введение.....	2
1 Общие сведения об озерах Казахстана.....	4
1.1 Физико-географическое описание региона.....	4
1.2 Климат и увлажненность территории Казахстана.....	7
2 Особенности строения озерных систем.....	10
2.1 Распространение озер и состояние их изученности.....	10
2.2 Распространение и количество озер.....	19
2.3. Подстилающая поверхность.....	21
2.4 Хозяйственная деятельность.....	24
2.5 Общая характеристика озер.....	27
3 Индексы увлажненности территории.....	32
3.1 Метод расчета индексов увлажненности территории.....	32
3.2 Метод анализа исходных данных.....	37
3.3 Расчет внешнего водообмена озер.....	46
3.4 Расчет коэффициентов внешнего водообмена озер.....	49
Заключение.....	53
Список использованной литературы.....	54

Введение

Казахстан, являясь девятой по площади территорией в мире, обладает крайне ограниченными и расположенными неравномерно ресурсами питьевой воды. На протяжении десятилетий наблюдается тенденция к дефициту воды, что связано с увеличивающейся антропогенной нагрузкой на водные экосистемы, изменением климата и увеличением водозабора с трансграничных рек сопредельными с Республикой Казахстан государствами.

Наряду с активными исследованиями настоящего и будущего водообеспеченности Республики (речной сток, подземные и ледниковые воды, водохранилища), существует недостаток полной информации о состоянии озерного фонда Казахстана (за исключением изучаемых отдельно уникальных водных объектов: Каспийское море, Аральское море, озеро Балхаш и т.д.).

Озеро- водоем замедленного водообмена, а относительно исследуемой аридной области является конечным звеном гидрографической сети, которое очень чутко реагирует на изменения окружающей среды. Изменения увлажнения территории, равно как хозяйственная деятельность являются причинами изменений размеров озер во времени, что выражается в колебаниях лимнологических характеристик, определяющий гидрологический режим водоемов.

На территории огромной страны насчитывается более 48 000 естественных озер (Муравлев, 1973), из которых около 90% являются малыми с площадью менее 1 км². Систематическое исследование водных объектов проводилось преимущественно в)1950- 1980 гг. За эти годы был накоплен обширный материал натурных данных. Но значительная часть озер до настоящего времени остается неизученной, ввиду особенностей географических условий распространения, недостаточности и неэффективности работы по сбору и систематизации данных, а затем и анализу

дальнейшего использования имеющихся озерных ресурсов.

В связи с этим, принимая во внимание задачи Государственной программы управления водными ресурсами Казахстана (Указ Президента Республики Казахстан от 04.04.2014 №9786), актуальными являются анализ распределения и уточнение оценок количественных и качественных характеристик озер Казахстана, ресурсы которых при комплексном подходе могут быть рационально и эффективно использованы в различных отраслях экономики государства.

Целью данной работы является оценка увлажненности озерных систем рассматриваемого района. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) рассчитать различные индексы увлажненности территории
- 2) выявить особенности распределения индексов по территории
- 3) выполнить районирование

Объектами исследования являются бассейны озерных систем Казахстана. *Исходные материалы.* Для решения поставленных задач использовались следующие данные: данные по температуре воздуха (T ,) и осадков (P , мм), снятые с карт атласа Мирового водного баланса 1974 г. и отнесенные к центрам водосборов озер;

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались метод рандомизированных сводных показателей, методы линейной и низкочастотной фильтрации Баттерворда, методы теории порядковых статистик (квантильный анализ).

1 Общие сведения об озерах Казахстана

1.1 Физико-географическое описание региона

Территория Северного Казахстана находится между 55° и 50° с. ш., 62° и 78° в. д. Она удалена от морей и океанов. Северная часть входит в природную зону лесостепи, где отдельные группы березово-осиновых колок заходят далеко к югу (до линии Карталы -Кустанай -Урицкое -ст. Шортанды, далее на СВ до оз. Теке и затем на восток до р. Иртыша)[10]. Южнее этой линии распространяется степная зона: ковыльно-разнотравная на севере и ковыльно-типчаковая с полынями на юге. Южная граница последнего типа степей проходит несколько севернее озер Сарыкопа и Тенгиза. Южная часть всей территории входит в зону полупустынь Центрального Казахстана. Кроме того, названная территория Северного Казахстана на западе, севере и востоке занята низменными равнинами, а центральная часть возвышенностями Казахского мелкосопочника.

Географическое положение Северного Казахстана в двух природных зонах отражается на характере размещения озер. В первой, лесостепной зоне озер много, и пресные среди них встречаются чаще.

В целом озера расположены довольно равномерно в пределах зоны, но больше их сосредоточивается в древних ложбинах стока, в межгрядовых понижениях и котловинах. В степной зоне озера, особенно крупные, приурочены чаще к древним долинам стока (Тургайская долина), к межсопочным понижениям (оз. Имантау, Коксенгирсор и др.), к устьевым участкам рек, стекающих с Казахской складчатой страны (Селетыттенгиз, Жалаулы и др.), имеющих в этих местах обширные пологие впадины и понижения. В пределах полупустынной зоны озера преимущественно встречаются в обширных котловинах (Тенгиз-Кургальджинская группа озер,

Сарыкопа). Вода в этих озерах нередко сильно минерализована. Геологическое строение территории определяется следующими данными[10]. Здесь выделяются четыре основных структуры: на западе-Тургайский прогиб, где палеозой и мезозой прикрыты толщей третичных и четвертичных глинисто-песчаных и лессовидных отложений; на севере-южные окраины Западно-Сибирской низменности, а на востоке-Иртышская впадина; последние заполнены теми же отложениями, что и в Тургайском прогибе. Центральная часть представлена палеозойским массивом, где часто выступают на поверхность твердые и кристаллические породы на палеозоя и более древние. Ряд авторов (Н. И. Николаев и др.) отмечает, что в современную эпоху первые три структуры испытывают погружение, а четвертая -медленное поднятие (за исключением Тенгизской впадины). Следует отметить, что именно на северной и восточной окраинах палеозойского массива, на стыке с прилегающими низинами —Прииртышской и Западно-Сибирской, размещаются крупнейшие озера Северного Казахстана-Селегытенгиз, Жалаулы, Улькункарой, Чаглы, Теке и др. Возможно, эти обширные котловины озера расположены в пределах понижений палеозойского ложа, на заполненные еще позднейшими отложениями. Не исключена вероятность, что котловины названных озера имеют недавнее и даже современное погружение. На это, в частности, указывают уступы из палеозойских пород, окаймляющих котловину оз. Селегытешиз с юга, юго-запада и юго-востока. Причем современное озеро заполняет только северную часть этой обширной котловины.

Значительные по занимаемой площади озера расположены в древней Тургайской долине (оз. Кушмурун, Тенгиз, Аксуат, Сарымоин, Сарыкопа). Возможно, и в данном случае можно предположить, что котловины озера занимают отдельные участки с более интенсивным опусканием. Не исключается предположение, что котловины перечисленных озера представляют углубленные части дна древней долины стока сибирских вод четвертичного оледенения.

Озера, расположенные на палеозойском массиве Казахского мелкосопочника, имеют значительную глубину: от 3-5 до 1520 м. Генезис их часто связан с погребенными долинами. Озера низменных равнин, окружающих палеозойский массив, обычно достигают глубины не более 3 м.

Волновая абразия энергичнее проявляется на озерах, берега которых сложены песчано-глинистыми и лессовидными отложениями. Мелкие озера, подобно топару или бидаяку, также чаще попадаются из названных равнин. Такого вида озер много на поверхности Тургайского прогиба, на равнинах Западно-Сибирской низменности и Прииртышской впадины. Таким образом, геологические структуры и отложения оказывают определенное влияние на размещение озер в Северном Казахстане.

1.2 Климат и увлажненность территории Казахстана

Климат Казахстана определяется солнечной радиацией, атмосферной циркуляцией и подстилающей поверхностью [64, 118]. На равнинах Казахстана четко выражена зональность в распределении тепла и влаги, которая проявляется в заметном увеличении с севера на юг количества поступающего солнечного тепла и уменьшении атмосферных осадков, что и определяет характер расположения природных зон. Зональность распределения важнейших элементов климата осложняется лишь Центрально-Казахстанским мелкосопочником и горными хребтами, протягивающимися на юге и востоке страны.

По данным обзорам мониторинга изменения климата Казахстана [57]. публикуемого РГП "Казгидромет" за период 1941 -2013 гг. наблюдается потепление (за счет повышения среднемесячной, среднесезонной и среднегодовой температуры воздуха). Отмечено, что «если в период 1940-2008 гг. среднегодовая температура увеличивалась в среднем по Казахстану на 0.29 °C/10 лет, то в период 1976-2008 гг. на 0.50 °C/10 лет». Также заметно различие изменения среднегодовой температуры воздуха в отдельных регионах Казахстана: «за период 1940-2008 гг. составлял от 0.29 °C/10 лет (Арало-Сырдарьинский бассейн) до 0.39 °C/10 лет (Тобол-Тургайский бассейн). В последнее тридцатилетие рост среднегодовых температур более значительный -от 0.43 °C/10 лет (Шу-Таласский бассейн) до 0.66 °C/10 лет (АралоСырдарьинский бассейн)».

Там же [57] отмечается, что «в период 1941-2013 гг. годовые суммы осадков незначительно уменьшались -в среднем по Казахстану на 0.6 мм/10 лет или примерно на 0.4 % нормы/10 лет. Слабая тенденция (статистически незначимая) : уменьшению среднего по Казахстану количества осадков наблюдается в весенний, летний и осенний сезоны».

Таким образом, литературными источниками и различными авторами отмечается [11, 22, 63, 77, 137 и др.] тенденция к потеплению климата на территории страны.

Одной из важнейших характеристик климата является увлажненность территории [3]. Вместе с температурными условиями она определяет тип растительности и всего географического ландшафта, решающим образом влияет на характер многих сторон быта и хозяйственной деятельности человека, в первую очередь на сельскохозяйственное производство. Увлажнение территории определяет также местные водные ресурсы, возмещающие потенциально происходящее испарение.

Степень увлажнения в качественном аспекте характеризуется понятиями сухость (аридность) и влажность (гумидность) климата той или иной территории, зоны, области и т.д. Для количественной характеристики степени увлажнения используются разнообразные показатели (индексы, коэффициенты) сухости или влажности климата.

Показатели сухости (влажности) климата прямо или косвенно отражают соотношение между средними за многолетний период (год, сезон, месяц) осадками (P , мм) или испаряемостью с открытой поверхности пресных вод или поверхности почвы (E_0 мм) (первая группа показателей), либо характеризуют отношение осадков к температуре воздуха (T °C) (вторая группа показателей). При этом температура учитывается непосредственно или в линейной комбинации с некоторыми числовыми константами. Первая группа показателей включает индексы Иванова, Высоцкого, индекс сухости и радиационный индекс сухости Будыко, индекс аридности Стенца, индекс гумидности (аридности) климата Торнтвейта и др [3]. Числовой смысл показателей этой группы понятен: при избытке увлажнения ($P > E_0$) индексы >1 , при недостатке ($P < E_0$) индексы <1 .

Ко второй группе показателей относят индекс Де-Мартона, показатели Кеппена, Волобуева, индекс засушливости Сазонова, индексы Педя и т.д. Переходным между первой и второй группой показателей является, например,

широко применяемой в агроклиматологии гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова [3, 81, 138].

2 Особенности строения озерных систем

2.1 Распространение озер и состояние их изученности

На обширных пространствах Казахстана рассеяно озер значительное количество озер, принадлежащих южному озерному поясу Северного полушария. По данным Г.Г. Муравлева (1973) насчитывается 48262 озера, из которых 45248 относятся к малым, площадью менее 1 км². Особенно многочисленны озера в северной части Казахстана, где много замкнутых понижений.

Сильная изменчивость климатических условий и водного баланса по годам и сезонам обуславливает непостоянство площади и режима озер, общей минерализации и солевого состава их вод. Водный, а также солевой балансы озер в основном связаны с зональными условиями. В соответствии с нарастанием засушливости с севера на юг доля бессточных озер и минерализация озерных вод к югу увеличивается.

Большая часть озер, главным образом небольших по площади зеркала, размещена в лесостепи и северной части степной зоны, их много также в поймах крупных рек и дельтовых участках бессточных рек, теряющихся в песках [64]. В степной полосе, в горах и по долинам крупных рек преобладают пресные озера, а в полупустынях, пустынях и межгорных впадинах -соленые [118].

Под данным [93, 94, 132] суммарная площадь поверхности озер Северного Казахстана более 19 тыс. км². Здесь насчитывается 11195 пресных озер и 2513 соленых с площадью зеркала от 0.01 до 50 км² и больше. В Центральном Казахстане пресные и солоноватые озера чаще всего можно встретить в Кокшетауском, Баянаульском, Каркаралинском горных массивах и в низовьях рек. В полупустынной и пустынной зонах озера распространены по долинам рек, особенно в низовьях, в местах рассеивания речного стока.

Основная масса озер размещается на абсолютных высотах от 100 до 350 м, преимущественно в рыхлых четвертичных и третичных отложениях.

Водосборы имеют большей частью площадь от 10 до 320 км², но в зонах полупустынь и пустынь она резко возрастает. Средняя глубина большинства озер не более 2 м, максимальная -от 7 до 54 м.

Озера Казахстана можно разделить по их географическому положению на десять главных групп (рисунок 2.1.1)

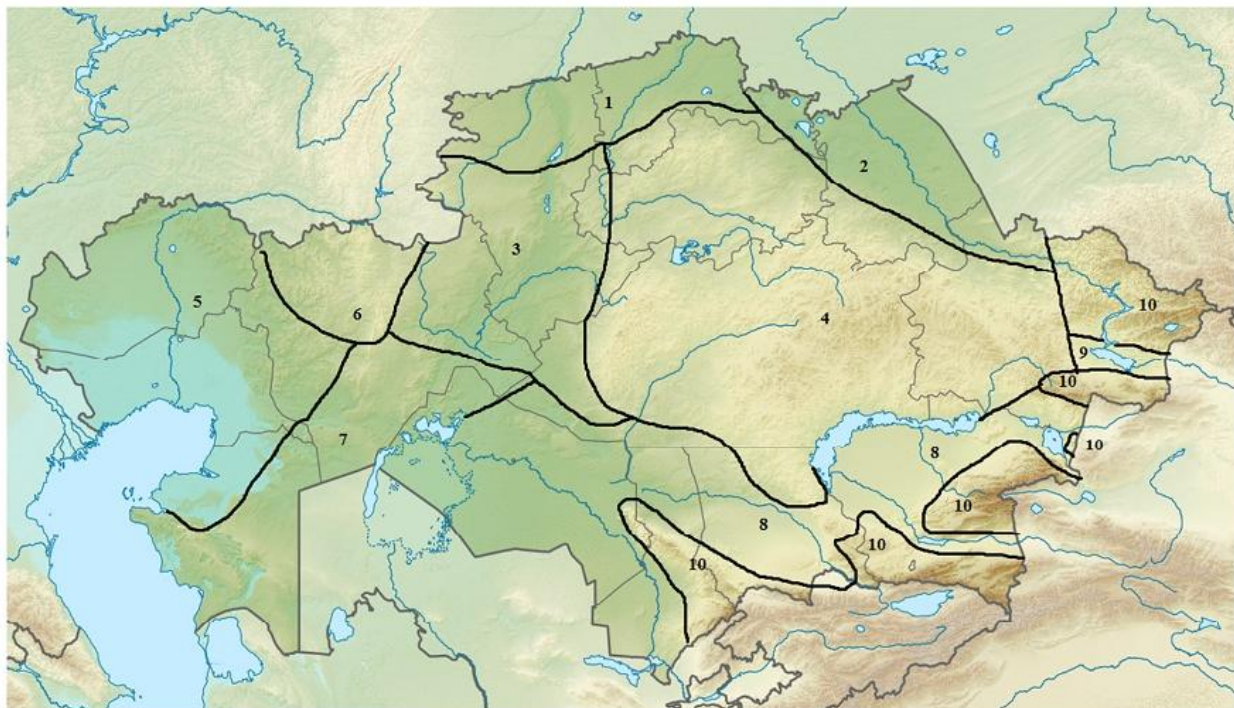


Рисунок 2.1.1- Природно-лимнологические области [79, 94]:

- 1 – Тоболо-Ишимская, 2 – Прииртышская, 3 – Тургайская,
- 4 – Центрально-Казахская, 5 – Прикаспийская,
- 6 – Урало-Мугоджарская, 7 – Закаспийско-Северо-Аральская,
- 8 – Арало-Балхашская, 9 – Зайсанская, 10 – Горные

По происхождению котловин в Казахстане наиболее характерны тектонические, эоловые, просадочные, пойменные, дельтовые и завальные озера. К тектоническим относятся Каспийское и Аральское моря, Балхаш, Алаколь, Зайсан, Маркаколь, Тенгиз с Кургальджином, некоторые небольшие озера Казахского мелкосопочника и высокогорных хребтов.

В образовании небольшого числа котловин в Кокшетауских, Каркаралинских и других невысоких горах большую роль сыграли тектонические процессы и неравномерность выветривания различных горных

пород. Например, озерные котловины, расположенные в гранитном массиве Кокшетауской возвышенности, отражают специфические условия выветривания грантов в аридных областях. Берега их гранитные, скалистые, нередко поросшие сосновым лесом круто спускаются под воду. Глубины некоторых озер значительны: Щучье -31 м, Большое Чебачье -37 м, Малое Чебачье -15.5 м. Рельеф дна отдельных озер неровен, встречаются скальные острова.

Очертания береговой линии озера зависит от формы впадины, в которой оно находится; на его конфигурацию влияют также притоки и развитие дельт. По геометрическим формам озера Северного Казахстана можно подразделить на четыре типа и десять видов.

Первый тип является простейшим. Он характерен для небольших бессточных озер, расположенных, как правило, на равнинной местности. Котловины таких озер неглубокие и имеют блюдцеобразную форму. К типу простейших относится большинство озер в северо-восточной и северо-западной части Кустанайской области и в западной части Северо-Казахстанской области. Из общего числа всех озер Северного Казахстана к простейшим относится более 70%.

На равнинах и в низкогорьях многие озера возникли во впадинах, образованных выдуванием мелких частиц с поверхности земли (эоловые озера) или в результате оседания грунта от выщелачивания и вымывания лежащих ниже пород (просадочные). В таких впадинах скапливаются воды от таяния снегов, а еще чаще от разлива рек. Многие из этих озер соленые и даже самосадочные. Обычно они не глубокие, с тонкими извилистыми берегами, поросшими солянками и полынями. Большинство из них к лету или к осени пересыхают. Эоловые озера встречаются на плато Устюрт и Бетпак-Дала, а просадочные - на Западно-Сибирской равнине.

Второй тип характерен для более или менее крупных озер с притоками. Здесь намечается три вида: а) озера, имеющие один приток без дельты, как правило, они имеют каплевидную форму (Токтас, Жаксыалаколь и др);

б) озера, имеющие приток с разветвленной дельтой. Здесь за счет отложений возникает конус выноса, который отодвигает береговую линию вглубь озера, образуя ряд заливов, расположенных с одной стороны озера; в) более крупные озера, имеющие несколько притоков, впадающих с различных сторон озера; типичным представителем их является озеро Теке в Кокчетавской области.

Третий тип характерен для озер, расположенных в долинах и в районе мелкосопочника. Здесь различаются пять видов: а) продолговатые озера, расположенных в древних долинах (Кушмурун, Шалкар, Шолакшолкар, и др); б) изогнутые, или серповидные озера; в) зигзагообразные озера. Такие озера также приурочены к долинам г)грушевидные озера(Тенгиз, Мендыгаринский, Койбагар и др.). Такие озера приурочены к двум впадинам сообщаящимся между собой; д)лопастные озера. Эти озера встречаются главным образом в районах мелкосопочника.

Четвертый тип является сложным (Сарыкопа, Улькенкарой и др.) Здесь форма озера зависит от различных факторов (рельеф,притоки и т.д.)В северном Казахстане многие озера образовались в ложбинах древних рек. На Тургайском плато образование небольших котловин и степных блюдеч связано с суффозией и просадкой, а местами с древним термокарстом мерзлых толщ. Такие озера поддерживаются снеговым и грунтовым питанием. Обычно эти озера располагаются цепочкой и имеют продолговатую форму. Одна из таких «цепочек» занимает древнюю ложбину реки Тургай. Начинается она озером Кушмурун. включает озеро Сарыкопа и заканчивается группой мелких озер, наполняющихся водой при разливах реки Тургай. Вся эта длинная цепь с пресными и солеными водоемами, с берегами, утопающими в зарослях тростника или опущенными солончаками, тянется более чем на 500 км.

Другая цепь озер тянется по древнему руслу реки Иртыш из северных районов Казахстана в Омскую область России. Озера эти небольшие и соленые, отчего вся их цепь известна под названием горькой линии.

Однако больше всего в Казахстане дельтовых и пойменных озер. Они образовались вследствие непостоянства русла рек, текущих в рыхлых породах, и развития речных стариц. Только в дельте реки Иле 9513 таких озер. Также много таких озер в низовьях рек Сырдарьи, Чу, Каратал и других больших рек.

Большинство озер равнин и низкогорий очень небольшие, площадью менее 1км². Они составляют 90 % общего числа озер страны. Среди них много временных: весной они переполнены водой, а к осени пересыхают, превращаясь в соры и солончаки. Большинство озер лишены стока, что при огромной испаряемости способствует их минерализации. Поэтому на равнинах Казахстана преобладают озера с солоноватой и соленой водой, а в особенно сухих районах-самосадочные, содержащие самые разнообразные соли.

От водоемов равнин резко отличаются горные озера, которых много на Алтае, в Джунгарском и Заилийском Алатау. Обычно они лежат в долинах подпруженных горными обвалами или моренными отложениями ледников, и тектонических впадинах. Завальные озера встречаются на разных высотах, а моренные в районах бывшего и современного оледенения. Большинство горных озер невелики, но довольно глубокие с живописными, большей частью облесенными берегами. Вода в них холодная, пресная и чрезвычайно прозрачная.

С развитием ирригационного, промышленного и гидроэнергетического строительства в Казахстане появилось много искусственных водоемов больше 4000 прудов и несколько десятков водохранилищ -Бухтарминское на реке Иртыш, Чардаринское на реке Сырдарья, Сергеевское на реке Ишим и Каратомарское на реке Тобол [63, 79, 99-101, 118]. В истории изучения озер Казахстана можно выделить три основных периода.

Первый период -до начала 90-х годов 19 в. Озера исследовались в связи с развитием рыболовства, водного транспорта и соляных промыслов. Для этого периода характерно накопление фактического материала. Этот период начался со времени античной географии, когда появились самые общие, далеко не точные сведения, касающиеся Аральского и Каспийского морей. В начале 18

века появились первые обобщающие картографические материалы в виде схематических чертежей и их описаний, например «Книга большому чертежу», «Чертежная книга Сибири» С. Ремезова, 1701 год. В ней отмечены крупнейшие озера Казахстана Балхаш, Алаколь, Зайсан, Кургальджин и др.

Создаются местные очаги изучения и исследования природы, населения и хозяйства, в том числе озер, в связи с организацией отделений Русского географического общества в 1858 г. в Оренбурге, затем Семипалатинске, Уральске, Верном. В 1859 г. Вышла книга В.П. Кеппена «Главнейшие озера и лиманы России», в 1862 1867 гг. пятитомный «Географо-статистический словарь» П.П. Семенова, содержащий ценные данные по гидрографии страны, в 1866 1877 гг. карта Генштаба в масштабе 40 верст в одном дюйме, на которой было обозначено большое количество озер (из них выделены соляные). Большое теоретическое значение имеет труд русского ученого географа и климатолога А.И. Воейкова (1884 г.). Им впервые определена связь колебаний уровня озер с их водным балансом, выведено уравнение водного баланса.

Во время экспедиций и путешествий накапливались разнообразные сведения об озерах Казахстана. Это труды П. Семенова-Тян-Шанского, Н. Северцева, А. Голубева, В. Обручева, Г. Потанина, А. Красовского, М. Лемпицкого, И. Словцова, В. Гаркема, Л. Берга, П. Игнатова, И. Жилинского, А. Козырева и многих других.

Во второй период —90-е годы 19 в. -Великая Октябрьская социалистическая революция- расширялись и укреплялись теоретические и методические основы озероведения как науки. Наряду с общин проводилось специализированное изучение озер- биологическое, гидрологическое к гидрохимическое. Образцом такого комплексного является работа Л.С. Берга на Аральском море (1889- 1902 гг.) и озеро Балхаш (1903 г.). Им приводится идея о связи озер с климатом и ландшафтом. Гидробиологические исследования в Казахстане в этот период носили чисто познавательный характер.

Третий период изучения озер начался после Великой Октябрьской социалистической революции. В это время были выдвинуты новые задачи, связанные с проблемой использования новых ресурсов, регулирования стока, строительства и эксплуатации крупных водохранилищ и гидроэлектростанций.

Проводятся исследования озер и озерных районов в интересах хозяйственного использования их природных богатств (Аральское море, Балхаш, Алакольские озера, Маркаколь, Зайсан, Кургальджин).

В 30-е годы Соляной лабораторией и Научно-исследовательским институтом галургии АН СССР в озерах Казахстана были выявлены запасы химического сырья и определены возможности их использования. В 1928 - 1931 гг. под руководством П.Ф. Домрачева впервые были проведены комплексные исследования озера Балхаш. Изучены батиметрия, грунты, термика, химический состав воды, дана характеристика планктона и бентоса.

Организованная в 1932 г. Казахстанская база АН СССР, в состав которой входили зоологический и ботанический секторы, положило начало планомерному изучению флоры и фауны пресноводных водоемов. В этот период были начаты работы по перестройке гидрофауны водоемов.

Большое значение в изучении водных объектов Казахстана имело издание «Водного кадастра», начатое в 1931 г. В 1940 г. вышла монография Г.В. Никольского «Рыбы Аральского моря», которой описаны биология 20 видов рыб, состав и распределение планктона и бентоса, их роль в питании рыб. В течение десяти лет (с 1941 г.) изучением соляных озер Казахстана занимался Е.В. Посохов.

В годы войны на водоемах Казахстана работала группа биологов и ученых: С.А. Зернов, Н.Н. Воронихин, В.А. Догель, В.И. Жадин, Я.Я. Цееб, Н.А. Акатова, В.Я. Панкратова, Г.Х. Шапошникова и другие, изучавшие растительный и животный мир. После войны гидробиологические и ихтиологические исследования озер возглавляет Институт зоологии АН КазССР. Над изучением гидробиологического режима озер, реконструкцией, обогащением их ихтиофауны и ее кормовой базы работают Н.П. Серов, А.С.

Малиновская, А.И. Горюнова, С.К. Тютеньков, В.И. Ерещенко, В.А. Киселева, П.Ф. Мартехов, В.Я. Пильгук, И.К. Иванов.

В 1951- 1954 гг. под руководством Г.В. Лопатина велись исследования на Аральском море. В 1949 -1955, 1958, 1962, 1963 и 1965- 1969 гг. в прикаспийской низменности, на плато Устюрт, в Приаралье и Северном Казахстане проводила комплексные работы возглавляемая А.В. Шнитниковым Прикаспийская (затем Казахстанская) экспедиция Лаборатории озероведения АН СССР. В связи с намеченным строительством Капчагайской ГЭС на реке Иле в 1955 1957 гг. этой лабораторией и рядом других научно исследовательских учреждений изучались озеро Балхаш, дельта реки Иле и ее озера.

После Великой Отечественной войны наряду с изучением больших водоемов начали исследовать малые озера, особенно в связи с освоением целинных и залежных земель. Значительная работа в этом направлении проведена экспедицией ГГИ в 1954 -1956 гг. под руководством А.П. Богородицкого. С 1954 г. периодические малые озера Казахстана изучаются учеными кафедры физической географии КазГУ под руководством Г.Г. Мурашова. С 1957 г. ведут изучение озер сотрудники Сектора географии АН КазССР Т.Р. Омаров, Е.А. Казанская, Т.М. Трифонова, П.И. Кравченко. Под руководством П.П. Филонца с 1963 г. Сектор географии АН КазССР проводит исследование озер Центрального, Южного и Восточного Казахстана: составлен кадастр озер, изучены батиметрия, гидрологический режим, иловые отложения, термика и химический состав вод (в том числе содержание микроэлементов). Отдельные элементы (свойства) озер Казахстана изучались ГГИ, Институтами озероведения и географии АН КазССР и др.

В настоящее время, уже в 21 веке, согласно опубликованным работам современных авторов [!] в Казахстане активно исследуются озера Иле-Балхашский Водохозяйственной системы, озера Арало-Сырдарьинского бассейна (Институт Географии Республики Казахстан), озера Щучинско-

Боровской курортной зоны Акмолинской области (РГП «Казгидромет»), в рамках исследований водно-биологических ресурсов озер КазНИИРХ опубликован ряд обзорных работ [27-30], также выделяются исследования водно-болотных угодий (дельта реки Урал и прилегающее побережье Каспия, Тенгиз-Коргалжынская и Алаколь-Сасыккольская системы озер) на территории особо-охраняемых природных зон Казахстана.

2.2 Распространение и количество озер.

Общая площадь поверхности всех озер Северного Казахстана составляет свыше $19\,000\text{ км}^2$, что несколько превышает площадь оз. Балхаш и почти равна половине Азовского моря.

Если учесть, что площадь Северного Казахстана исчисляется примерно и $485\,000\text{ км}^2$, то окажется, что под озерами здесь занято более 4% от этой территории, приближенные вычисления показывают, что при глубине озер 2 м общий объем воды составляет около 40 млрд м^3 , общая площадь пресных озер занимает не менее $3\,000\text{ км}^2$; при глубине пресных озер в 2,5 м общий объем воды составит более 7,5 млрд м^3 .

Наибольшая сосредоточенность озер наблюдается в северо-западной и северо-восточной частях, а также в Семиозерном районе Кустанайской области, в Кургальджинском районе Акмолинской области и в западной части Северо-Казахстанской области [10]. В отдельных местах Пресногорьковского района Кустанайской области на 100 кв. км местности приходится до 25 озер, а в Семиозерном районе – даже до 50. Наиболее крупные озера расположены вдоль Тургайского прогиба (Кушмурун, Аксуат, Сарыкопа, Сарымоин, Тенгиз и др.), в северо-восточной части Кокчетавской области (Шаглытенгиз, Улькункарой, Теке, Селетытентиз и др.), на юге Акмолинской области (Тенгиз, Кургальджин, Алаколь и др.) и на северо-западе Павлодарской области (Кызылкак, Жалаулы и др.). Пресные озера в основном приурочены к лесостепной зоне (Федоровской и Пресногорьковский районы Кустанайской области, Мамлютский и Пресновский районы Северо-Казахстанской области) и к Казахскому мелкосопочнику (Кокчетавская возвышенность, северная часть Акмолинской области и т. п.), а также к низовьям крупных рек (Нуры, Сары-Тургая).

В Павлодарской области, в восточной части Кокчетавской и Акмолинской областей и в центральной части Кустанайской области преобладают соленые озера и соры. Комплексное, многостороннее и систематическое изучение озер

Северного Казахстана началось в основном с 1954 г. в связи с массовым освоением целинных и залежных земель. Из общего числа озер (11 тыс.) комплексному обследованию подверглось лишь несколько десятков озер. Об остальных озерах имеются очень скудные сведения, а большей частью они совершенно отсутствуют, и о размерах их можно судить только по картам [10]. Поэтому в настоящее время нельзя еще говорить, что нам известны и понятны все особенности и компоненты комплекса, определяющего развитие озер на этой территории. Отрадно, Однако, отметить, что материалы в этом направлении накапливаются с каждым годом, и они помогают выяснять новые данные о природе озер.

К общим природным условиям озер, оказывающим существенное влияние на их жизнь и развитие, мы относим географическое положение Северного Казахстана, его геологическое строение, орографию и геоморфологию, климатические и гидрологические показатели, характерные стороны почвенно-растительного покрова, а также хозяйственную детальность населения. Совокупность общих условий в сочетании с местными особенностями природных условий озер создает комплекс, определяющий их размещение, развитие и жизнь.

2.3 Подстилающая поверхность.

Орография территории характеризуется двумя основными чертами. Низменные равнины до 200 м абс. высоты занимают Прииртышскую впадину, казахстанские часть Западно-Сибирской низменности и Кустанайскую равнину (северная часть Тургайского прогиба)[10]. Южная часть Тургайского прогиба в указанных выше пределах имеет высоты более 200 м. Казахский мелкосопочник обладает высотами, превышающими 200 и даже 300 м. Здесь нет определенной ориентировки в направлении массивов, сопок и кряжей. Самые высокие вершины г. Акпет (возле Баян- Аула, 1052 м) и г. Синюха-887 м (кур. Боровое). Причем площадь мелкосопочного рельефа несколько меньше, чем площадь окружающих его равнин. Дно котловины оз. Теке имеет самую меньшую абс. высоту (56 м) на всей территории Северного Казахстана. Существенными чертами в орографии Северного Казахстана являются долины рек и древние ложбины стока (Тургайская, Горькая линия и др.), дно которых местами лежит на десятки метров ниже бортов долины.

В геоморфологическом отношении на территории Северного Казахстана проявляют себя как эндогенные, так и экзогенные силы. Как уже отмечалось, опускание проявляется в окружающих мелкосопочник равнинах и низинах. Помимо того, на окраинах мелкосопочника и в его пределах имеются районы опускания или относительно незначительного поднятия по сравнению с окружающими пространствами. Дифференцированные вертикальные движения на указанной территории способствуют образованию некоторых крупных черт рельефа, и с ними связана часть озерных котловин (Тенгиз-Кургальджинские озера, Селетытенгиз, Теке и др.) Кроме того, подобные движения в прошлом приводили к изменению в направлении долин сточных вод, водные потоки меняли свое направление, что также способствовало образованию замкнутых котловин в покинутых реками речных долинах- древняя Тургайская долина, древняя долина стока «Горькой линии», древняя долина р.Нуры,

расположенная к югу от современной долины, тоже на левобережной части Иртыша.

Скульптурные формы рельефа, связанные с избирательной денудацией, особенно распространены в пределах палеозойского массива Казахского мелкосопочника. Эрозионные древние и современные формы рельефа имеются в границах всех основных структур. Следы древней и современной эрозии сохранились на поверхности Тургайского прогиба, Прииртышской впадины, Западно-Сибирской низменности Казахского мешкосопочника. Причем эрозионные формы приурочены как к древним, так и к современным долинам и котловинам. На плоских равнинах замкнутые отрицательные формы рельефа, наполненные водой или сухие, встречаются чаще, чем в мелкосопочнике. Очевидно, это различие объясняется большей дренированностью мелкосопочника, чем низменных равнин, окружающих его с трех сторон. В образовании мелких впадин, блюдцеобразных понижений среди рыхлых отложений принимают участие процессы проседания грунтов. Возможно, образование значительной части мелких котловин связано с деградацией вечной мерзлоты, которая была здесь в прошлом, в четвертичном периоде.

Почвенный покров на всей территории довольно пестрый, что объясняется различиями в материнских породах, в формах рельефа, условиях увлажнения, близости залегания грунтовых вод и резко континентальным климатом. Несмотря на указанную пестроту почв, все же можно заметить широтную зональность в их размещении. На междуречных пространствах, вне речных долин и значительных понижений с озерами можно увидеть следующую смену почв с севера на юг (по меридиану Петропавловск-Акмолинск-оз. Тенгиз). На севере распространены черноземные почвы-солонцеватые, среднегумусные, с солодами и солонцами или в комплексе с серыми лесными почвами, лугово-солонцеватыми и т. п. на глинах и лессовидных суглинках. Далее их сменяют черноземы на тех же породах с разновидностями (среднегумусные, малогумусные, карбонатные, глинистые, солонцеватые и т. д.) до Атбасара, южнее распространены темнокаштановые и

светлокаштановые с разновидностями (малоразвитые, каменистые, солонцеватые и др.)[10]

Если мы проследи изменение растительного покрова с севера на юг в тех же местах, что и для почв, то увидим широтную зональность, совпадающую в основном с границами распространения основных типов почв.

В самой северной части территории, в районе Петропавловска, распространена лесостепь с березовыми колками, чередующимися участками луговой степи. Далее к югу, до широты Атбасара, господствует ковыльно-разнотравная степь с березовыми и осиновыми колками, а на сопках- местами сосновые леса иногда с примесью березы. Этот тип степи с небольшими лесными массивами сменяется ковыльно-типчаковой степью, которая простирается до района оз. Тенгиз. В районе оз. Тешиз преобладают комплексы полынно-злаковосолянковые, отдельные участки занимают заливные луга.

В Прииртышской впадине, на севере, господствует ковыльно-разнотравная степь с колками. На правобережье, к югу, широко распространяются песчано-ковыльные степи. Кроме того, на левобережье, в районах озер и их разливов, встречаются комплексы ковыльно-типчаковые, полынно-солянковые и др. На крайнем юге господствуют преимущественно ковыльно-типчаково-полынные группировки и кокпековые полупустыни.

Как правило, вокруг озер растительность более разнообразная. И богатая по сравнению с ближайшими окрестностями, особенно в южной половине территории.

Древесная растительность-колки, боры, кустарники и заросли тростников - в озерах накапливают значительные запасы снега зимой, что, безусловно, положительно сказывается на уровне воды в озерах после весеннего таяния снегов. Кроме того, они снижают скорость ветра и тем самым уменьшают испарение с водной поверхности.

2.4 Хозяйственная деятельность

Наш краткий обзор общих условий, определяющих жизнь озер, будет неполным и незаконченным, если мы не отметим значение в жизни озер хозяйственной деятельности местного населения. Эта деятельность в той или иной степени отражается на все другие, ранее перечисленные, природные условия. Здесь ведется добыча различных полезных ископаемых-угля, железной руды, золота и др, произведена распашка громадных площадей целинных и залежных земель, идет освоение новых сенокосных угодий и пастбищ, заготовка тростника (камыш) для строительства. Построены сотни новых совхозных поселков, проложены дороги создано большое количество прудов, водоемов, систем лиманного орошения и т.п. Все это влияет прямо или косвенно на жизнь и развитие естественных водоемов[10].

До неузнаваемости изменяется поверхность в районах горных разработок возле новых поселков; здесь нарушаются естественные пути стока, развитие почвенно-растительного покрова. Подобное же влияние на окружающую природу оказывают, новые ж.-д. пути, шоссейные и частично грунтовые дороги.

Большие изменения создаются в местах сплошной распашки целинных и залежных земель. Здесь начинают интенсивно развиваться процессы ветровой и водной эрозии на поверхности почв; изменяется сток, усиливаются процессы перемещения мелкозема, особенно после бурь, ливней и таяния зимних снегов. Принос илистых частиц в котловины, заполняемые водой, резко увеличивается.

Сплошное скашивание тростниковых зарослей в озерных котловинах уменьшает накопление снега за зиму, а это приводит частично, к уменьшению, запасов воды в озерах. Сооружение прудов, лиманов орошения на пути паводковых вод весной тоже сокращает объем воды, поступающей в озера. В свою очередь лиманы и пруды изменяют некоторые стороны природных условий занимаемой ими площади. условий занимаемой ими площади. Иначе

говоря, та вековая естественная связь и взаимозависимость, которая существовала между основными факторами, формирующими природную географическую среду, нарушается, образуются новые и временные связи и взаимоотношения [12]. Все это получается в результате хозяйственной деятельности местного населения.

В итоге общего обзора Северного Казахстана можно сказать, что общие природные условия благоприятствуют формированию озер в бессточных впадинах, но они обладают резкой изменчивостью своих показателей, как в течение года, так и в многолетнем периоде. Эти изменения еще резче выступают на фоне местных природных условий отдельных групп озер.

Мы кратко отметили общие природные условия Северного Казахстана, выявляя значение и влияние каждого фактора в отдельности на распределение и природу озер. Теперь нам остается на основе природных условий выделить озерные области и районы. Эта задача более сложная и трудная. Вполне понятно, мы можем дать лишь более или менее ориентировочную схему, которая не может еще претендовать на окончательные контуры границ разделения озер Северного Казахстана на области, районы, групп и полноту характеристики озер.

Исходя из рассмотренных выше общих факторов природных условий Северного Казахстана, мы считаем целесообразным, что здесь нужно выделить следующие крупные озерные области: область Тургайского прогиба, область Прииртышской впадины, область Западно-Сибирской низменности, область палеозойского массива. Казахской складчатой страны, Как будет указано ниже, внутри области имеются свои различия, созданные более ограниченными, специфическими местными условиями, Названные области отличаются друг от друга целым рядом природных особенностей, многие из них уже были отмечены выше, Мы предлагаем карту-схему разделения Северного Казахстана на озерные области, районы и группы.

Мелиорация логов, ложбин и других понижений рельефа для достижения более устойчивого водного баланса естественных и искусственных водоемов в

Северном Казахстане. Применяется пока что в ограниченных масштабах, освоение огромного массива целинных и залежных земель и проведение на них агротехнических мероприятий, направленных к задержанию на полях снега, ранее сдуваемого ветром в овражно-балочную сеть, повлечет уменьшение стока талых вод. В результате и без того неустойчивый водный режим озер Северного Казахстана будет еще более неустойчивым[10]. Особенно важна мелиорация в маловодные годы, когда в отдельных водосборах талые воды почти полностью аккумулируются в верхних западинах и озерах, а в низовье озера воды поступает очень мало или совсем не поступает. Данная особенность распределения талых вод по микропонижениям рельефа приводит к одной, на первый взгляд, парадоксальной особенности водного режима, озер, когда два рядом расположенные озера одновременно переживают различные стадии: одну стадию наполнения, а другую стадию обмелению или даже совсем остается без воды.

2.5 Общая характеристика озер

В разделе было много взято данных из лимнологической базы WORLDLKE, и проанализированы 3380 в разной степени изученных озер, что составляет примерно 7% естественных озер Казахстана. Содержащей обширные лимнологические и др. данные для 51-104 естественных и 8.1.103 искусственных озер мира.

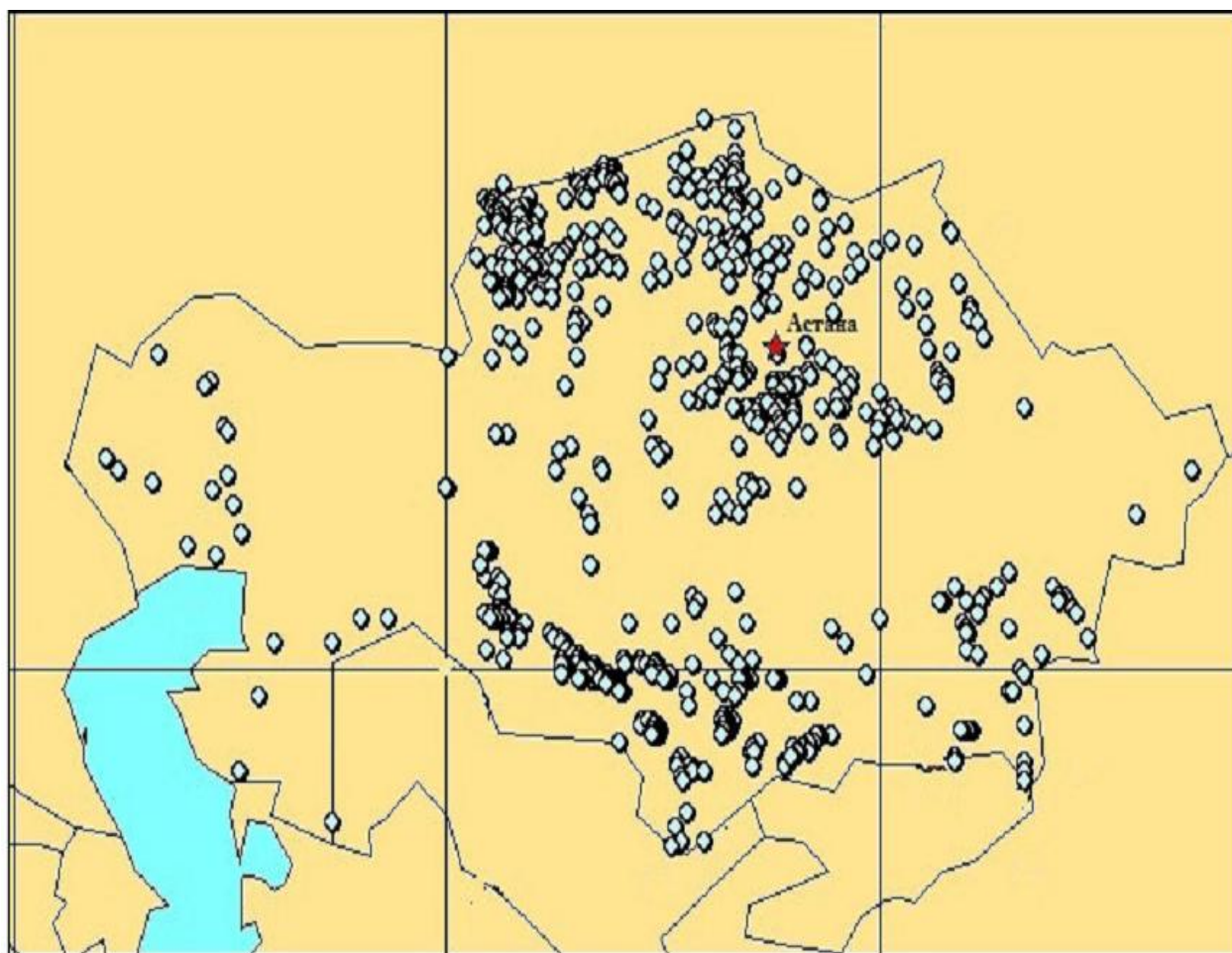
Географическое распределение. ЕОК характеризуется большим разнообразием рельефа и условий увлаженности обуславливает неравномерность распределения. Сравнительно мало озер в пустынных западных и восточных районах, существенно больше их на севере и в горах. Зачастую озера отделены одно от другого сотнями километров или, напротив, расположены так густо, что образуют озерные области, например, Шалкарскую, Камыш-Самарскую и др. На Северный Казахстан приходится 45% озер, на Центральный и Южный -36%, на другие регионы 19% (рисунок 1.2а). Административное распределение.

Административное распределение. Казахстан делится на 14 областей. Больше половины ЕОК (1960 или 58% рассматриваемых озер) расположено в Костанайской, Акмолинской и Павлодарской областях (рисунок 1.2б). Значительное число ЕОК сосредоточено также в Северо-Казахстанской и Актюбинской областях: 330 (10%) и 242 (7%) озера соответственно. При этом озера почти отсутствуют в Мангистаусской и Южно-Казахстанской областях (21 озеро, <1%).

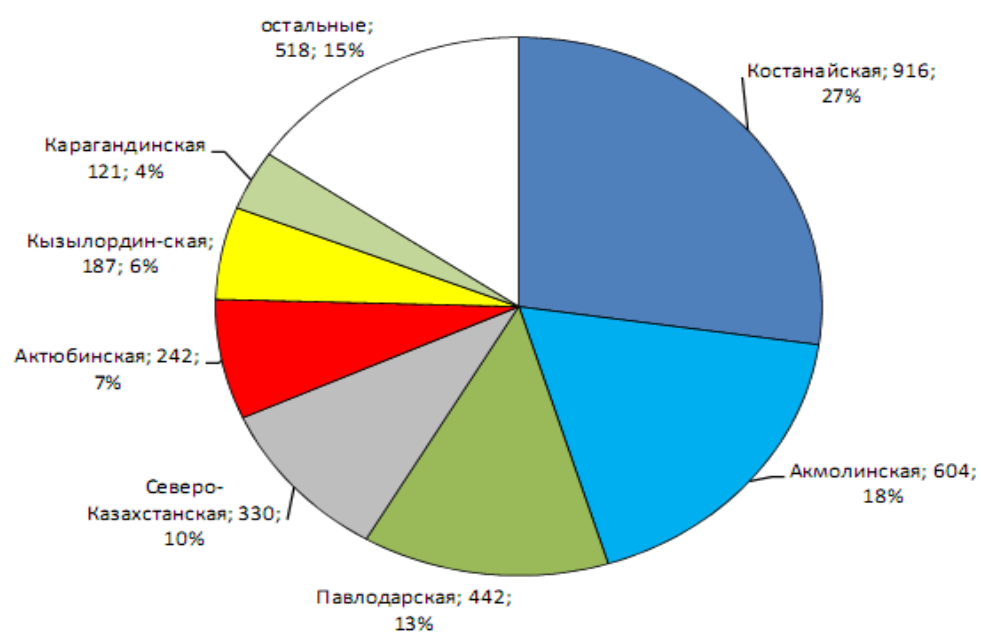
Высота над уровнем моря. Высота Z , известная для 3058 ЕОК (90%), меняется от <132 м гиперсоленого оз. Батыр ($47^{\circ}12'$ с.ш., $52^{\circ}02'$ в.д., 140 км^2), расположенного на полуострове Мангышлак, до 3064 м тьянь-шанского ледникового пресноводного оз. Кара-Коль ($42^{\circ}30'$ с.ш., $79^{\circ}52'$ в.д., 0.5 км^2). Распределение озер по высоте (рисунок 1.23) показывает, что 0.2% и 2.6% (6 и 88 озер) всех ЕОК расположены в горах на $Z > 2000 \text{ м}$ и ниже уровня моря и

соответственно. Большинство первых располагаются на юго-востоке, а вторых на востоке Казахстана (на рис 1.2)

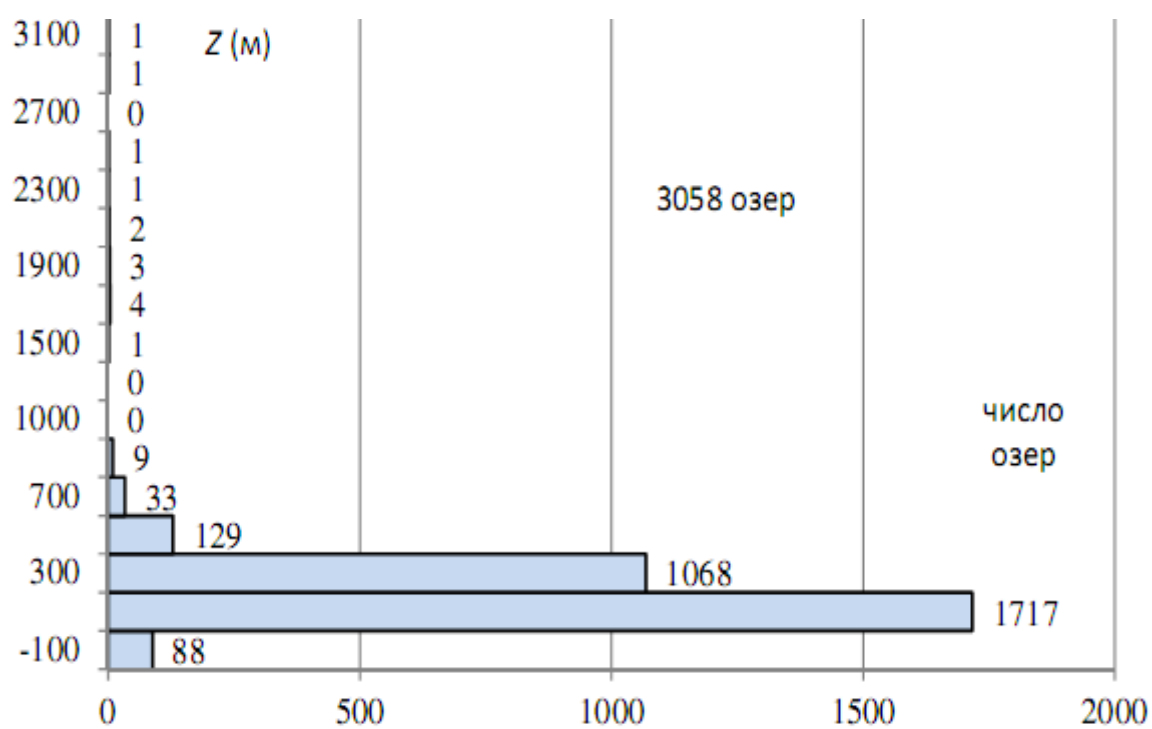
Рисунок 1.2 - Распределения озер Казахстана: 3 380 озер по географическим координатам, административным областям, 3 058 озер по высоте над уровнем моря Z и 111 озер по генезису котловин.

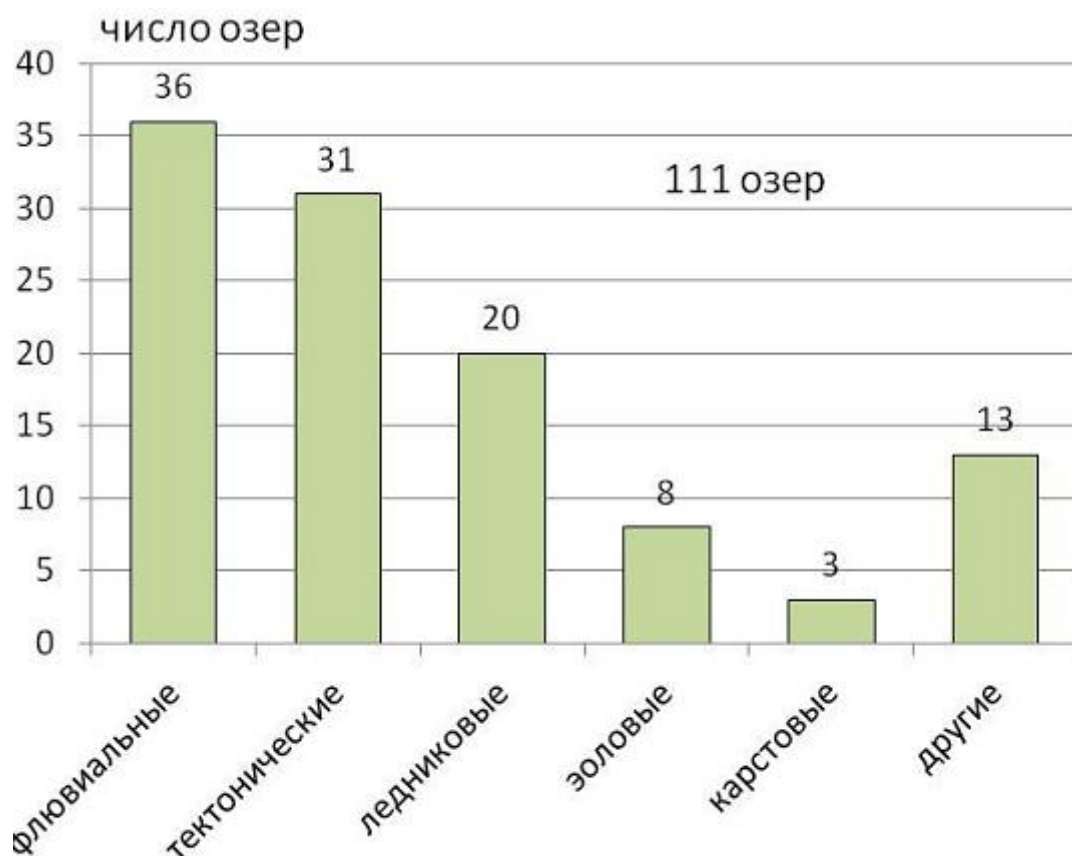


а



б





Г

При этом подавляющее большинство ЕОК (2785 озер или 82% лежит на высотах 0-400м, при высоте $Z > 400$ м число ЕОК быстро убывает с ростом Z .

Генезис котловин. Преобладают флювиальные, тектонические и ледниковые (87 озер или 78%) (рис. 1.2г). А так же, присутствуют карстовые и эоловые озера. К категории «другие» отнесены озера смешанного генезиса: ледниково-тектонические, флювиально-ледниковые и др. Среди флювиальных озер доминируют старицы, крупнейшее из которых кызылординское солоноватое оз. Ашичи-Коль ($45^{\circ}08'$ с.ш., $67^{\circ}15'$ в.д., 74 км²). Среди ледниковых озер выделяются моренные и каровые, а крупнейшее из них акмолинское солоноватое оз. Желанды ($53^{\circ}04'$ с.ш., $69^{\circ}18'$ в.д., 8.9 км²).

Характер внешнего водообмена. Характер внешнего водообмена: сточные/бессточные. При этом подавляющее большинство (1520 озер) устойчиво бессточные. Имеются также ЕОК с сезонным стоком и несколько

десятков постоянно сточных. К последним относятся пресноводные высокогорные озера, например, тектонические оз. Большое Алматинское ($43^{\circ}03'$ с.ш., $76^{\circ}58'$ в.д., 0.44 1042) и глубокое лавинное запрудное оз. Иссык ($45^{\circ}15'$ с.ш., $77^{\circ}28'$ в.д., 0.86 км^2).

3 Индексы увлажненности территории

3.1 Метод расчета индекса увлажненности территории

Многими свойствами обладает теория стохастического моделирования дефицита информации и неопределенности суждений о приоритетах оценивания и разработанный на ее основе метод рандомизированных сводных показателей (МРСП) [135]. Отдельные приложения этого метода для оценки экологического состояния водных объектов и качества среды различных территорий даны [39, 40, 51, 83].

Процесс оценки информации в МРСП делится на следующие этапы:

1. задание отдельных показателей;
2. выбор синтезирующей функции;
3. определение весовых коэффициентов.

Для их осуществления разработаны и используются следующие три принципа [135].

1. Принцип линеаризации, позволяющий переходить от частично упорядоченного множества векторов отдельных показателей объектов к линейно упорядоченному множеству сводных оценок этих объектов.

2. Принцип арифметизации, позволяющий получать числовые оценки для исходной нечисловой информации, лежащей в основе построения показателей и определения весовых коэффициентов.

3. Принцип рандомизации, позволяющий моделировать дефицит, обычно существующий на всех этапах синтеза сводных оценок сложных многопараметрических объектов. Эти три принципа составляют теоретическую основу метода многокритериального оценивания. Реализация методики построения обобщенных показателей на основе моделирования дефицита информации осуществляется в виде последовательности операций четырех этапов:

На первом этапе отбирается обоснованная система показателей, посредством которых возможно описание состояния сложного природного объекта.

На втором этапе с помощью функциональных преобразований создают отдельные показатели q_i . К примеру, отдельные показатели могут быть получены с помощью нормирующих функций вида:

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 0, & x_i \leq x_{\min}, \\ \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x_i \leq x_{\max}, \\ 1 & x_i > x_{\max}. \end{cases}$$

или

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 1, & x_i \leq x_{\min}, \\ \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x_i \leq x_{\max}, \\ 0 & x_i > x_{\max}. \end{cases}$$

Таким образом, исходные параметры, полученные в различных шкалах измерения, приводятся к единой безразмерной школе, после чего над их значениями стало возможно производить математические действия с целью получения комплексного показателя состояния объекта. На третьем этапе выбирается интерпретирующая функция комплексного показателя $Q(q, w)$. Комплексный показатель строится таким образом, что зависит не только от отдельных показателей $q_1 \dots, w_m$, $w_i \geq 0$, $w_1 + \dots + w_m = 1$, образующими вектор $w = (w_1, \dots, w_m)$.

В качестве выражения для комплексного показателя можно предложить линейную функцию вида

$$Q^{(i)} = Q(q^{(i)}) = \sum_{i=1}^m w_i q_i^{(j)}$$

Где весовой коэффициент (“вес”) w_i указывает степень значимости отдельного показателя q_i .

На четвертом этапе строятся оценки весовых коэффициентов w_i . Как правило, уже само составление программы оценочных исследований является первичных «взвешиванием» параметров. Однако, такое взвешивание является недостаточным, так как влияние отобранных главных факторов также

неравнозначно, что вызывает необходимость придавать при оценке различным параметрам разные приоритеты, веса или коэффициенты значимости. Нередко при этом вес вводится без какого-либо четкого обоснования.

Этот этап в методе построения сводного показателя является самым сложным из-за обычно ограниченной информации о точных числовых значения «весов». Как правило, исследователь обладает лишь нечисловой информацией, которую можно выразить сравнительными суждениями типа «характеристика x_i важнее, чем характеристика x_j », «характеристики x_r , x_s имеют одинаковую важность» и представить в виде системы равенств и неравенств:

$$OI = \{w_i > w_j, w_r = w_s, i, j, r, s = 1, \dots, m\}.$$

В лучшем случае исследователь может знать интервалы возможного изменения весовых коэффициентов, т.е. владеть неточной информацией:

$$\Pi = \{0 \leq a_i \leq w_i \leq b_i \leq 1, i = 1, \dots, m\}. \quad (1.7)$$

Такая нечисловая (порядковая) и неточная (интервальная) информация является зачастую и неполной: не для всех весовых коэффициентов заданы равенства и неравенства, соответствующие интервальной и порядковой информации.

В соответствии с методологией АСПИД оценки, $w_1 \dots, w_m$ весовых коэффициентов $w_1, \dots, w_m$ строятся по экспертной информации I , имеющейся у исследователя.

Поскольку информация I обычно задает не единственный набор весовых коэффициентов, а целое множество допустимых наборов, возникает проблема неопределенности выбора весовых коэффициентов, что затрудняет непосредственное применение метода сводных показателей. Для преодоления этого затруднения Н.В. Хованов предложил использовать байесовскую модель рандомизации неопределенности [135]. Идея этой модели состоит в переходе от неопределенного выбора весовых коэффициентов к их случайному (рандомизированному) выбору из множества всех допустимых наборов. Иначе

говоря, рассчитываются случайные весовые коэффициенты и случайные (рандомизированные) сводные показатели.

Для оценки статистических параметров равномерно распределенного на множестве $W(m,n;I)$, генерируется все возможные элементы этого множества. Дополнительная информация Π , имеющая вид системы неравенств (5.10-5.11) (неполная, неточная, нечеткая).

При синтезе сводных показателей (решение прямой задачи) информация I накладывается на весовые коэффициенты w_i , которые ранжируются с учетом степени влияния отдельных показателей на сводный показатель. При анализе сводных показателей (решение обратной задачи) экспертная информация I задается для объектов, которые выстраиваются в зависимости от степени проявления искомого качества. Последовательное решение прямой и обратной задач позволяет корректировать априорную информацию, задаваемую экспертом.

Переход от первого этапа построения сводных показателей к третьему этапу приводит к частичному упорядочению всех объектов по степени проявления оцениваемого качества. Такое упорядочение производится через введение отношения покомпонентного доминирования на множестве всех рассматриваемых объектов. Это отношение предполагает, что объект q^r предпочтительнее по выбранному качеству, чем объект q^s тогда и только тогда, когда он не менее предпочтителен по каждому отдельному критерию ($q_i^r > q_i^s$) и существует критерий, по которому первый объект предпочтительнее второго ($q_j^r > q_j^s$)

Наличие на третьем этапе большого числа несравнимых объектов приводит к необходимости перехода к четвертому этапу. На этом этапе, привлекая дополнительную экспертную информацию, все же удастся сравнивать несравнимые векторы отдельных показателей. Переход от векторов $q^{(r)}$, $q^{(s)}$ к сводным показателям $Q(q^r, \dots, q^s)$ обеспечивает линейное упорядочение всех объектов по степени проявления искомого качества. Синтезирующая функция $Q(q)$ является монотонной, ее построение

существляет линейризацию множества векторов отдельных показателей, частично упорядоченных на предыдущем этапе отношением покомпонентного доминирования.

3.2 Результаты расчета индекса увлажненности

Основные факторы увлажненности территории определяются индексом увлажненности территории $H(q;I)$ с учетом средней многолетней температуры воздуха (T) и средней многолетней суммы атмосферных осадков (P), отнесенных к центру тяжести озерной системы. Исходные данные для расчета индекса увлажненности территории $H(q;I)$ согласно географическим координатам и высоте расположения озер по абсолютной высотной отметке. При увеличении количества выпадающих на водосбор осадков и уменьшении температуры воздуха и соответственно испарения увеличивается модуль стока, а, следовательно, и приток воды в озеро, что приводит к увеличению индекса увлажненности озер. Сопоставление распределения по территории индексов $H(q;I)$, рассчитанных при разных вариантах задания дополнительной экспертной информации, с распределением многолетнего модуля стока q ($л \cdot с / км^2$) показало, что в условиях современного аридного климата следует отдавать предпочтение третьему варианту расстановки приоритетов ($T < P$) в группе климатических характеристик.

Таблица 3.1. – Оценки весовых коэффициентов $w_i \sim$ при расчете климатического индекса внешнего водообмена озер

Дополнительная экспертная информация (вариант расстановки приоритетов)	$M_{w_i \sim} \pm S_{w_i \sim}$	
	T	P
$T = P$	0.5 ± 0	0.3 ± 0
$T > P$	0.78 ± 0.14	0.23 ± 0.14
$T < P$	0.5 ± 0.3	0.5 ± 0.3

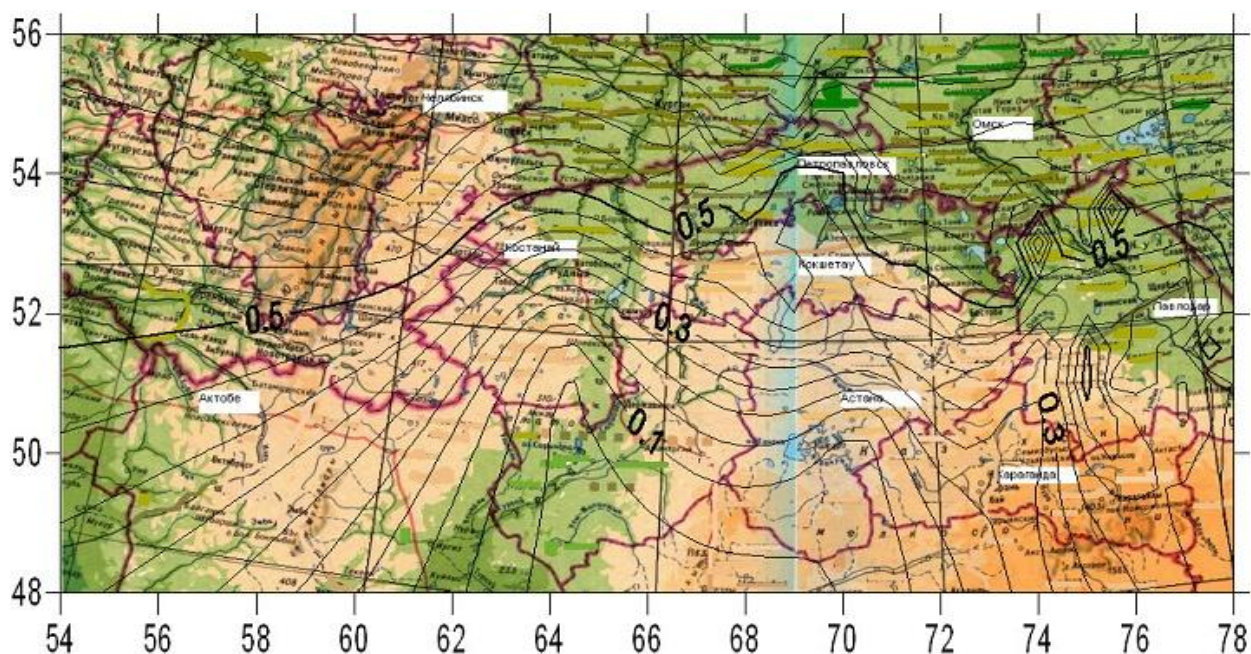


Рисунок 3.1 – Распределение Индекс увлаженности территории Н озер Северного Казахстана

Значения $H(q;I)$ заметно меняются по территории. При этом прослеживается определенная географическая закономерность в их распределении. Высокий климатический индекс озерных систем характерен для северных границ территории (>0.5). Высокие значения индекса $H(q;I)$ для территории Южного Урала и южной части Ишимской равнины и западных частей Барабинской низменности и Кулундинской равнины обусловлены низкими величинами температуры воздуха и достаточным количеством осадков. В пределах этого района средние многолетние значения суммы атмосферных осадков меняются от 300 до 380 мм, а средней многолетней температуры воздуха от 0.3 до 1.3°C .

Низкий индекс (<0.5) характерен для южной территории, где сосредоточены возвышенности Тургайского плато и Казахского мелкосопочника. Здесь низкие индексы $H(q;I)$ обусловлены высокими величинами температуры воздуха. В пределах этого района средние многолетние значения температуры воздуха меняются от 1.8 до 2.5°C , а средние многолетние суммы атмосферных осадков - от 300 до 250 мм.

Таблица 3.1.1 Исходные данные и результаты расчетов индексов увлажненности

№	Водный объект	T	P	K	M	H(T>P)	H(T<P)	H(T=P)
1	Пресное	1,25	360	0,2	32	0,58	0,77	0,67
2	Озеро б\н	0,75	300	0,2	28	0,63	0,46	0,54
3	Майбалык	0,75	300	0,2	28	0,63	0,46	0,54
4	Борлыкуль	1,25	300	0,5	27	0,47	0,41	0,44
5	Бозайгырь	2	300	5	25	0,24	0,34	0,29
6	Арык-Балык	1,25	300	0,5	27	0,47	0,41	0,44
7	Карагайчик	1,25	300	0,35	27	0,47	0,41	0,44
8	Токсумак	2	300	0,5	25	0,24	0,34	0,29
9	Батпакколь	2	280	0,5	23	0,21	0,22	0,22
10	Зереннинское	1,25	300	0,5	27	0,47	0,41	0,44
11	Сабундыколь	1,5	280	0,35	24	0,36	0,27	0,32
12	Айдабуль	0,75	300	0,5	28	0,63	0,46	0,54
13	Озеро б\н	2	250	0,5	21	0,16	0,05	0,1
14	Жукей	1,25	300	0,5	27	0,47	0,41	0,44
15	б.Чебачье	1,25	300	0,2	27	0,47	0,41	0,44
16	Камышное	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
17	Сор	1,75	380	0,75	32	0,46	0,84	0,65
18	Балыктыколь	2	280	0,2	23	0,21	0,22	0,22
19	Кумдыколь	2,25	260	0,5	21	0,09	0,08	0,09
20	Жамантуз	1,25	300	0,2	27	0,47	0,41	0,44
21	Имантау	1,25	300	0,5	27	0,47	0,41	0,44
22	Атансор	1,25	300	0,5	27	0,47	0,41	0,44
23	Итеймен	1,25	300	0,35	27	0,47	0,41	0,44
24	Алтайсор	1	300	0,35	27	0,55	0,43	0,49
25	Колдар	0,75	300	0,5	28	0,63	0,46	0,54
26	Б.Тарангул	0,75	300	0,5	28	0,63	0,46	0,54
27	Алабота	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
28	Копа	1,25	300	0,35	27	0,47	0,41	0,44
29	Теке	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
30	Аксуат	2,5	260	0,2	21	0,02	0,06	0,04

Продолжение таблицы 3.1.1

№	Водный объект	T	P	K	M	H(T>P)	H(T<P)	H(T=P)
31	Карасор	1	300	0,2	27	0,55	0,43	0,49
32	Селетытенгиз	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
33	Абалыкуль	1	300	0,5	27	0,55	0,43	0,49
34	Аймжан	1,25	350	0,35	31	0,56	0,71	0,63
35	Акжан	1,25	330	0,5	29	0,53	0,59	0,56
36	Акпасты	1,25	350	0,35	31	0,56	0,71	0,63
37	Аксуат	1,25	330	0,35	29	0,53	0,59	0,56
38	Альпаш	1,25	330	0,35	29	0,53	0,59	0,56
39	Баян	1,25	350	0,2	31	0,56	0,71	0,63
40	Белое	0,5	330	0,35	31	0,76	0,66	0,71
41	Бугровое	0,5	320	0,35	30	0,74	0,6	0,67
42	Гусиное	0,5	320	0,35	30	0,74	0,6	0,67
43	Джекекель	1,25	350	0,5	31	0,56	0,71	0,63
44	Екатериновское	1,25	350	0,5	31	0,56	0,71	0,63
45	Ескине	1,25	320	0,75	28	0,51	0,53	0,52
46	Желандыкуль	1,25	300	0,35	27	0,47	0,41	0,44
47	Железное	1,25	350	0,35	31	0,56	0,71	0,63
48	Звезда	0,25	320	0,75	31	0,82	0,62	0,72
49	Зоркуль	0,5	300	0,35	29	0,71	0,48	0,59
50	Иващино	1,25	350	0,35	31	0,56	0,71	0,63
51	Кайран	1,25	320	0,75	28	0,51	0,53	0,52
52	Кайранкуль	1,25	350	0,75	31	0,56	0,71	0,63
53	Камешты	1,25	320	0,75	28	0,51	0,53	0,52
54	Капсыткуль	1,25	320	0,35	28	0,51	0,53	0,52
55	Кладбищенское	1	350	0,75	32	0,64	0,73	0,68
56	Козявочное	1	350	0,55	32	0,64	0,73	0,68
57	Кокан	0,5	310	0,2	30	0,72	0,54	0,63
58	Косагач	1	340	0,75	31	0,62	0,67	0,65
59	Круглое	0,5	330	0,5	31	0,76	0,66	0,71
60	Кундыкуль	0,5	300	0,5	29	0,71	0,48	0,59
61	Курункуль	1,25	330	0,75	29	0,53	0,59	0,56
62	Куюнгиль	0,75	350	0,75	33	0,72	0,75	0,73

Продолжение таблицы 3.1.1

№	Водный объект	T	P	K	M	H(T>P)	H(T<P)	H(T=P)
63	Малкар	1,25	320	0,35	28	0,51	0,53	0,52
64	Мухтыкуль	0,75	300	0,35	28	0,63	0,46	0,54
65	Палочное	0,5	330	0,35	31	0,76	0,66	0,71
66	Плоское	0,5	330	0,75	31	0,76	0,66	0,71
67	Полковникова	0,25	340	0,75	33	0,85	0,66	0,8
68	Принькино	0,5	310	0,5	30	0,72	0,74	0,63
69	Рявкино	0,25	320	0,2	31	0,82	0,54	0,72
70	Сандыкуль	0,75	300	0,2	28	0,63	0,62	0,54
71	Сивкого	0,25	350	0,2	34	0,87	0,46	0,83
72	Стрелецкое	1,75	340	0,5	29	0,39	0,8	0,5
73	Студеное	0,25	350	0,75	34	0,87	0,6	0,83
74	Суаткуль	1,25	330	0,75	29	0,53	0,8	0,56
75	Султан	2	320	0,5	27	0,28	0,59	0,37
76	Сулы	2	320	0,5	27	0,28	0,46	0,37
77	М.Тарангул	1,5	320	0,75	28	0,43	0,46	0,47
78	Тулумбай	1,75	350	0,75	30	0,41	0,51	0,53
79	Тюлекуйнак	1,5	350	0,5	30	0,48	0,66	0,58
80	Усердное	1,5	350	0,75	30	0,48	0,69	0,58
81	Усталое	0,25	320	0,75	31	0,82	0,69	0,72
82	Харьковское	0,5	320	0,5	30	0,74	0,62	0,67
83	Шилегино	0,5	320	0,2	30	0,74	0,6	0,67
84	Ялы	1	320	0,75	29	0,59	0,6	0,57
85	Горькое-Островки	1,25	350	0,75	31	0,56	0,55	0,63
86	Жаркуль-Спасское	1	340	0,75	31	0,62	0,71	0,65
87	Кривое-Сенжарки	0,75	350	0,75	33	0,72	0,67	0,73
88	Майбалык-Майбалык	1,25	340	0,5	30	0,54	0,75	0,6
89	Моховое	1	350	0,75	32	0,64	0,635	0,68
90	Наземное	1	350	0,75	32	0,64	0,73	0,68
91	Паровое	0,75	350	0,75	33	0,72	0,73	0,73
92	Питное-Сенжарки	0,75	350	0,75	33	0,72	0,75	0,73
93	Питное-Казанка	0,75	350	0,75	33	0,72	0,75	0,73
94	Питное-Новорыбенко	0,75	350	0,75	33	0,72	0,75	0,73

Продолжение таблицы 3.1.1

№	Водный объект	T	P	K	M	H(T>P)	H(T<P)	H(T=P)
95	Питное-Островки	0,75	350	0,75	33	0,72	0,75	0,73
96	Рыбное	1	350	0,75	32	0,64	0,75	0,68
97	Светлое	1	350	0,5	32	0,64	0,73	0,68
98	Эбей	1	350	0,75	32	0,64	0,73	0,68
99	Горькое-Дубровное	0,75	350	0,75	33	0,72	0,75	0,73
100	Кривое-Момлюки	0,5	340	0,75	32	0,78	0,72	0,75
101	Куропашкино	0,5	350	0,75	33	0,79	0,78	0,78
102	Щучье	0,5	350	0,75	33	0,79	0,78	0,78
103	Майбалык-Булаевский	0,5	300	0,35	29	0,71	0,48	0,59
104	Обалык	0,5	300	0,75	29	0,71	0,48	0,59
105	Жалтырь-Жалтырь	0,75	320	0,2	30	0,66	0,57	0,62
106	Муктыкуль	0,75	300	0,2	28	0,63	0,46	0,54
107	Узынкуль-Полтавка	0,75	300	0,75	28	0,63	0,46	0,54
108	Жаркуль-Владимировка	0,75	320	0,75	30	0,66	0,57	0,62
109	Жалтырь-Рябиновское	0,75	320	0,75	30	0,66	0,57	0,62
110	Жалтырькуль	0,75	320	0,5	30	0,66	0,57	0,62
111	Узынкуль-Дмитриевка	1,25	330	0,5	30	0,53	0,59	0,56
112	Айдарша	2,25	300	0,3	24	0,16	0,32	0,24
113	Айтеке	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
114	Аккудуксор	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
115	Базарбай	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
116	Байгуту	0	300	0,2	30	0,86	0,52	0,69
117	Байжан	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
118	Бегень	2,25	300	0,2	24	0,16	0,32	0,24
119	Борлокуль	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
120	Босбай	2	300	0,2	25	0,24	0,34	0,29
121	Бащесор	0,25	300	0,2	27	0,47	0,41	0,44
122	Бурлю	2,25	300	0,35	24	0,16	0,32	0,24
123	Голобовка	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
124	Джасыбай	2	300	0,2	25	0,24	0,34	0,29
125	Донгелясор	2	300	0,2	25	0,24	0,34	0,29
126	Ерткамаган	0,75	300	0,2	28	0,63	0,46	0,54

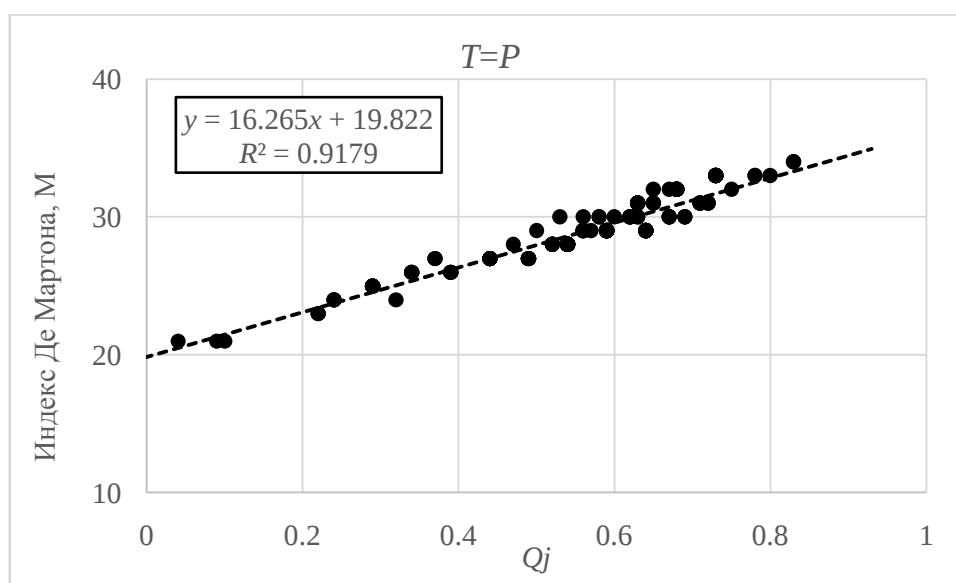
Продолжение таблицы 3.1.1

№	Водный объект	T	P	K	M	H(T>P)	H(T<P)	H(T=P)
127	Жангельды	0,75	300	0,2	28	0,63	0,46	0,54
128	Жаркаин	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
129	Жумырткалыкуль	2	300	0,2	25	0,24	0,34	0,29
130	Журумбай	1,5	300	0,2	26	0,4	0,39	0,39
131	Колгуль	0	300	0,2	30	0,86	0,52	0,69
132	Итпол	0,25	300	0,5	29	0,78	0,5	0,64
133	Кабан	2,25	300	0,35	24	0,16	0,32	0,24
134	Казы	1,75	300	0,35	26	0,32	0,37	0,34
135	Калатуз	1,5	300	0,2	26	0,4	0,39	0,39
136	Камышное	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
137	Кангельды	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
138	Карабеидаик	1	300	0,35	27	0,55	0,43	0,49
139	Куракуль	1,25	300	0,25	27	0,47	0,41	0,44
140	Кемиртуз	2	300	0,35	25	0,24	0,34	0,29
141	Кожа	2	300	0,2	25	0,24	0,34	0,29
142	Кугамыскуль	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
143	Кундугул	1,75	300	0,2	26	0,32	0,37	0,34
144	Кунек	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
145	Куркулдак	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
146	Майнак	0,25	300	0,35	29	0,78	0,5	0,64
147	Маралды	2	300	0,2	25	0,24	0,34	0,29
148	Муялды	1	300	0,2	27	0,55	0,43	0,49
149	Найза	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
150	Оманокуль	1,25	300	0,2	27	0,47	0,41	0,44
151	Ортокуль	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
152	Пришиб	0,5	300	0,2	29	0,71	0,48	0,59
153	Сабундыколь	1,25	300	0,2	27	0,47	0,41	0,44
154	Санкуркуль	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
155	Сулукуль	0,5	300	0,35	29	0,71	0,48	0,59
156	Сынтас	1,75	300	0,2	26	0,32	0,37	0,34
157	Тахты	0,75	300	0,2	28	0,63	0,46	0,54
159	Теренкуль	0,25	300	0,35	29	0,78	0,5	0,64

№	Водный объект	T	P	K	M	H(T>P)	H(T<P)	H(T=P)
159	Тлеуберды	1,75	300	0,2	26	0,32	0,37	0,34
160	Торыад	1,25	300	0,2	27	0,47	0,41	0,44
161	Турайгыр	1,5	300	0,2	26	0,4	0,39	0,39
162	Тугульбай	1	300	0,2	27	0,55	0,43	0,49
163	Улькенсон	0,75	300	0,4	28	0,63	0,46	0,54
164	Черненькое	1,5	300	0,2	26	0,4	0,39	0,39
165	Чикур	0,25	300	0,2	29	0,78	0,5	0,64
166	Шалдык	0	300	0,2	30	0,86	0,52	0,69
167	Шалтыкуль	1,25	300	0,35	27	0,47	0,41	0,44
168	Шарбакты	2	300	0,2	25	0,24	0,34	0,29
169	Шобтыкуль	1,25	300	0,2	27	0,47	0,41	0,44
170	Экибастуз	1	300	0,2	27	0,55	0,43	0,49

Коэффициент регрессии R^2 описывающий связь индекса Де-Мартонни α^M и индекса увлажненности $H(q;I)$ для всего района при равенстве между температурой и осадками составляет 0.91

Рисунок 3.1.2 - график связи между индексом Де-Мартонни и индексом увлажненности $H(q;I)_{T=P}$ построенный для всего района.



Коэффициента регрессии R^2 для связи индекса Мартонни α^M и индекса увлажненности $H(q;I)$ температуре над осадками и рассчитанного для всего района в целом, уменьшилась до 0.85

Рисунок 3.1.3 -график связи индекса Де-Мартонни и индекса увлажненности $H(q;I)_{T<P}$ построенный для всего района.

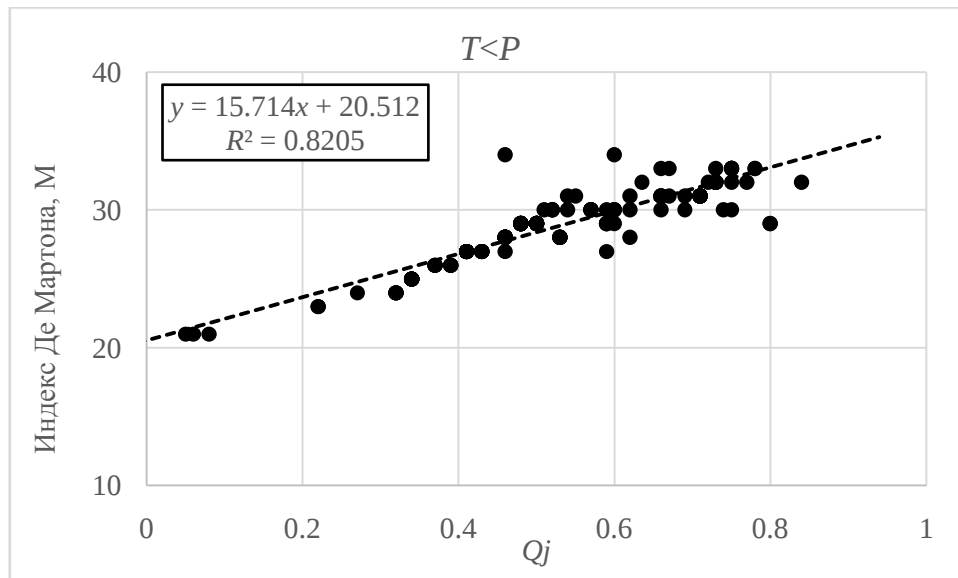
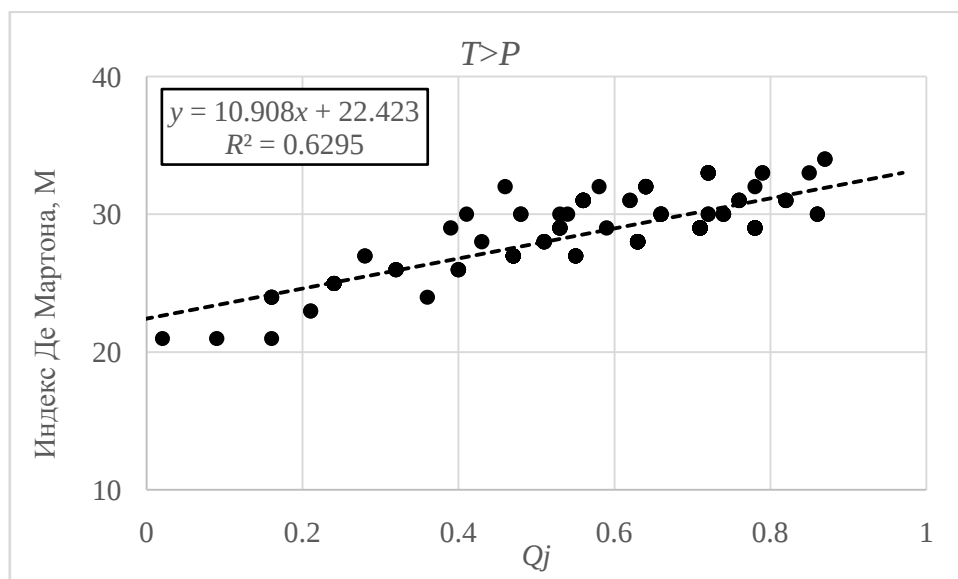


Рисунок 3.1.4- график связи между индексом Де-Мартона и индексом увлажненности $H(q;I)_{T>P}$ для всего района



3.3 Многолетние колебания основных характеристик климата и увлажнения территории

Для характеристики климата и увлажненности территории в работе использовались единичные показатели -температура воздуха, атмосферные осадки, и интегральный показатель -индекс Де-Мартона, являющийся отношением суммы осадков за год к средней годовой температуре воздуха:

$$\alpha^M = P / (T^{\circ}C + 10) \quad (1.1)$$

Значения $\alpha^M < 15$ характерны для аридных зон.

Для обработки и анализа привлекаются ряды средних годовых значений и ряды значений для холодного и теплого периодов года.

Каждый временной ряд рассматривается как реализация случайного процесса $x(t)$, за основную вероятностную характеристику которого принимается функция распределения $F(x_p)$ и её квантили x_p [127]. Наибольший интерес представляют пять квартилей $x_{\min}$, $x_{0.25}$, $x_{0.5}$, $x_{0.75}$, $x_{\max}$.

Алгоритмы оценивания перечисленных характеристик следующие: $x_{\min}$, $x_{\max}$ крайние члены ранжированного (выстроенного в порядке возрастания или убывания) ряда; $x_{0.5}$ медиана, где $x_{0.5}$, $x_{0.75}$ - медианы соответствующих половин ранжированного ряда.

Анализ крайних членов $x_{\min}$, $x_{\max}$ требует чрезвычайной осторожности, поскольку они подвержены сильному влиянию выборочной изменчивости, обусловленной ошибками измерения исходных величин. Значительно большей устойчивостью обладает размах $R = x_{\max} - x_{\min}$ характеризующий ширину выборочного распределения данных. Медиана $x_{0.5}$, являясь центральным членом ранжированного ряда, характеризует центр распределения данных в выборке. Набор квартилей $x_{0.25}$, $x_{0.5}$, $x_{0.75}$ фиксирует “норму” изменчивости анализируемого параметра, $x_{0.25}$ нижний, а $x_{0.75}$ -верхний ее пределы. Величина:

$$Q = x_{0.75} - x_{0.25} \quad (1.4)$$

где Q - интерквартильное расстояние, служит мерой разброса в пределах “нормы”.

Значения анализируемого параметра, выходящие за квантили $x_{0,25}$, $x_{0,75}$ рассматриваются как особые; значения, выходящие за верхний (x_v) и нижний (x_n) внутренние барьеры, вычисляемые по формулам:

$$\begin{aligned}x_v &= x_{0,75} + 1,5 Q \\x_n &= x_{0,25} - 1,5 Q\end{aligned}\quad (1.6)$$

Интерпретируются как экстремальные значения. В качестве оценки центра распределения данных в выборке в работе также рассчитываются среднее арифметическое значение m и трёхсреднее значение T^* , а в качестве оценок масштаба распределения - дисперсия D или стандарт σ . Трёхсреднее значение вычисляется по известной формуле Тьюки [127]:

$$T^* = 0,25(x_{0,25} + 2x_{0,5} + x_{0,75}), \quad (1.7)$$

Сопоставление среднего m с медианой $x_{0,5}$ и стандарта σ с интерквантильным расстоянием $0,74Q$. Дает возможность получить предварительную информацию о типе и параметрах распределения данных в выборке. При симметричности распределения среднее и медиана равны с точностью до выборочной изменчивости. Чем асимметричнее распределение, тем больше отклоняется среднее от медианы.

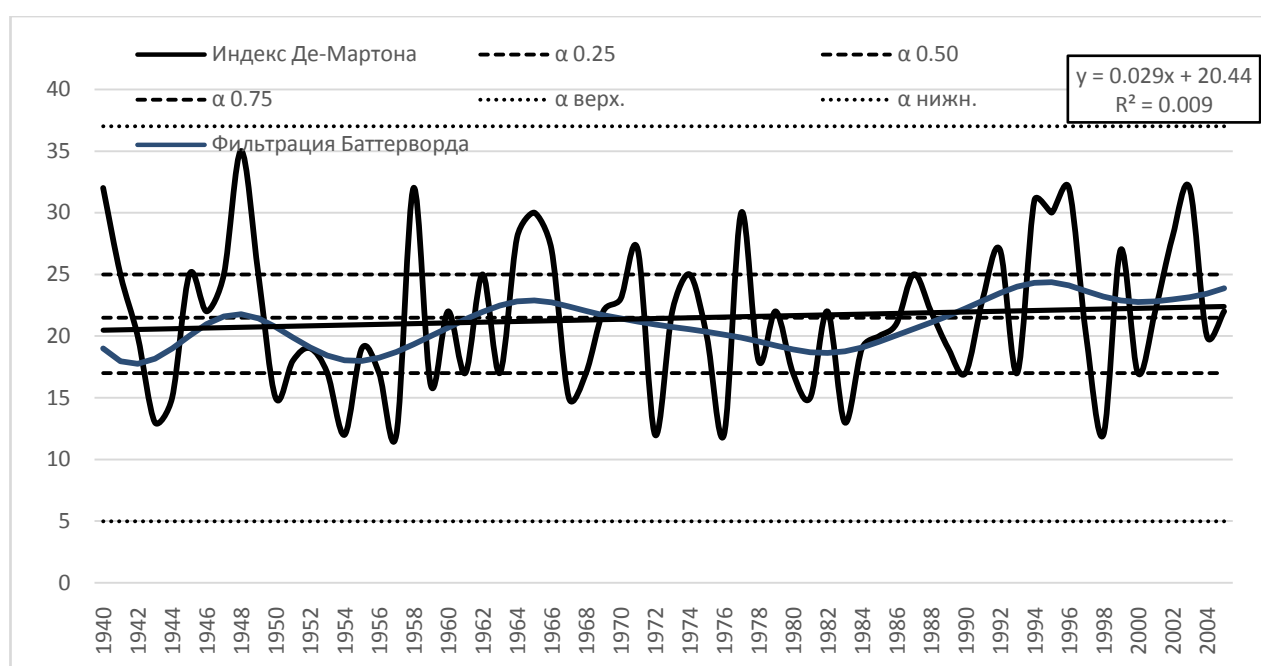
Сопоставление оценок среднего и медианы, стандарта и интерквантильного расстояния удобно проводить графически. Для этого на график наносятся точки, абсциссы которых соответствуют среднему или стандарту, а ординаты - медиане или интерквантильному расстоянию. Если точки группируются около биссектрисы координатного угла, можно считать, что соотношение Q к σ и $x_{0,5}$ к m такое же, как у нормального распределения данных. В качестве другой характеристики асимметрии полезно использовать следующий параметр:

$$A_s = [x_{0,75} - x_{0,5}] - (x_{0,5} - x_{0,25}) / (2Q), \quad (1.8)$$

Расчеты доверительных интервалов A_s , вычисленные по смоделированным нормальным рядам показали, что выборку целесообразно считать симметричной, если $0,31 < A_s < 0,25$, имеющей левую асимметрию, если $A_s < 0,31$ или правую при $A_s > 0,25$.

Периоды локальной нестационарности временных рядов гидрометеорологических характеристик целесообразно выделять с использованием низкочастотной фильтрации Баттерворда. При этом рекомендуется применять цифровую тангенсную низкочастотную фильтрацию. Это связано с тем, что тангенсная фильтрация обладает такими преимуществами, как простота вычисления коэффициентов переданной функции фильтра и большая крутизна её амплитудно-частотной характеристики вблизи частоты среза.

Рисунок 3.3.1 Многолетние колебания индекса Де-Мартона



3.4 Расчет коэффициентов внешнего водообмена озер

Длительность пребывания в водоеме поступивших в него вод - один из основных факторов трансформации этих вод и формирования водных масс. В связи с этим весьма большое значение имеет интенсивность внешнего водообмена – смены заполняющих котловину вод новыми. Исследование водного баланса озер дает возможность оценить характер их внешнего водообмена, что является одним из основных фундаментальных вопросов формирования вод суши. В работе подробно изучался внешний водообмен озер зоны избыточного и достаточного увлажнения.

Внешний водообмен озер является одной из важнейших гидрологических и гидроэкологических характеристик. От скорости обмена водной массы зависит гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы. Он определяется количеством воды, поступившей в водоем, и размером озерной котловины. Количество поступившей воды (поверхностный и подземный приток, осадки на водное зеркало) зависит, прежде всего, от увлажненности территории, от зонального фактора, а также от величины площади водосбора озера и размеров его котловины, т.е. от азональных факторов.

В качестве основной характеристики внешнего водообмена сточных водоемов принят показатель условного водообмена K_v , равный отношению стока из водоема за некоторый промежуток времени $V_{ст}$ среднему объему воды водоема за тот же период V_v :

$$K_v = V_{ст} / V_v \quad (3.1)$$

Для сравнения водообмена различных по структуре водного баланса водоемов, в том числе и бессточных, и оценки общего количества воды, участвующего в водообмене, применяют другой показатель:

$$K_{вб} = V_b / V_v \quad (3.2)$$

где V_b - объем воды, участвующий в водообмене за некоторый промежуток времени; для уровня водного баланса он равен сумме приходных (приток плюс осадки) или расходных (сток плюс испарение)

элементов баланса.

Средний коэффициент водообмена $\alpha_{пр}$ равен:

$$\alpha_{пр} = (V_{ст} + V_{ст}) / V_o. \quad (3.3)$$

Величина, обратная коэффициенту водообмена, называется периодом водообмена и характеризует период времени, в течение которого происходит полная смена воды в водоеме. Условное число лет α_T необходимое для смены воды озера водой с водосборной площади вычисляется по формуле:

$$\alpha_T = V / [F_{оз} \times (P - E) + F_{всб} \times (P - ET)], \quad (3.4)$$

где P – годовые осадки; E – испарение с озера; ET – испарение с водосборной площади.

Коэффициенты внешнего водообмена $K_{В.пр}$ (по притоку) и $K_{В.ст}$ (по стоку) являются условными, так как рассчитываются при допущении, что вода в озере полностью заменяется новой, т.е. вытесняется из него, не смешиваясь. В естественных озерах это встречается крайне редко. Тем не менее, несмотря на такую схематичность, коэффициенты водообмена являются наиболее показательными при сравнительно изучении озер, расположенных в различных физико-географических зонах. Коэффициент водообмена, рассчитанный по притоку, в большей мере определяет преобладание в озере или терригенных, или лимнических процессов.

При этом малые значения $K_{В.пр}$ указывают на приоритет лимнических явлений. При возрастании $K_{В.пр}$ увеличивается роль терригенных процессов [54]. Коэффициент водообмена, определенный по стоку, характеризует транзитно-аккумуляционные возможности озер и также определяет тип лимногенеза.

Отмечается, что в исследовании внешнего водообмена озер нерешен вопрос о роли в формировании водообмена климатических факторов и факторов подстилающей поверхности. Условные коэффициенты, традиционно используемые в гидрологических исследованиях для характеристики внешнего водообмена озер, не учитывают зависимости от физико-географических факторов. В то же время различное строение озерных систем, их

местоположение предопределяют разное участие в формировании водообмена климатических (активных) и морфометрических (адаптивных) факторов. В связи с этим возникает необходимость построения такого комплексного индекса, который учитывал бы не только все многообразие факторов, влияющих на водообмен, но и синтезировал бы единые сводные оценки, учитывающие раздельное влияние активных и адаптивных факторов. Это позволит выявить наиболее чувствительные факторы, влияющие на величину водообмена при антропогенном вмешательстве.

В данной работе были рассчитаны 3 набора коэффициентов внешнего водообмена: по притоку, по притоку и осадкам, по испарению [Приложение Б]. Для этого были использованы данные по 129 озерным системам Северного Казахстана: площадь водосбора (были введены поправки на бессточные понижения), площадь поверхности озера, объем озера, модуль стока (снятый с карт Мирового водного баланса (1974), где были введены поправки на редуцию), также с карт были сняты значения испарения E и осадков P на площадь поверхности озера.

При анализе результатов были сделаны следующие выводы:

- коэффициенты внешнего водообмена по притоку ($K_{в.пр}$) намного меньше остальных двух видов коэффициентов водообмена. Это связано с тем, что объем притока с водосборной площади намного меньше осадков на площадь зеркала. Испарение также преобладает над притоком;

- практически все озера (129) по классификации являются водоемами с замедленным водообменом по водообмену по притоку, притоку и осадкам, испарению, за исключением озера Алтайсор, которое является озером с умеренным водообменом. Следовательно, подавляющее большинство озер Северного Казахстана являются озерами с замедленным водообменом;

- согласно более подробной классификации распределение озер оказалось следующим, часть озер является аккумулятивными. Причем преобладающая доля озер имеет K_v от 1 до 0,1. Здесь играет роль водообмена по притоку и осадкам и водообмен по испарению. Для водообмена по притоку характерны

озера с K_v от 0,1 до значений меньше 0,03.

(на рис 3.6)

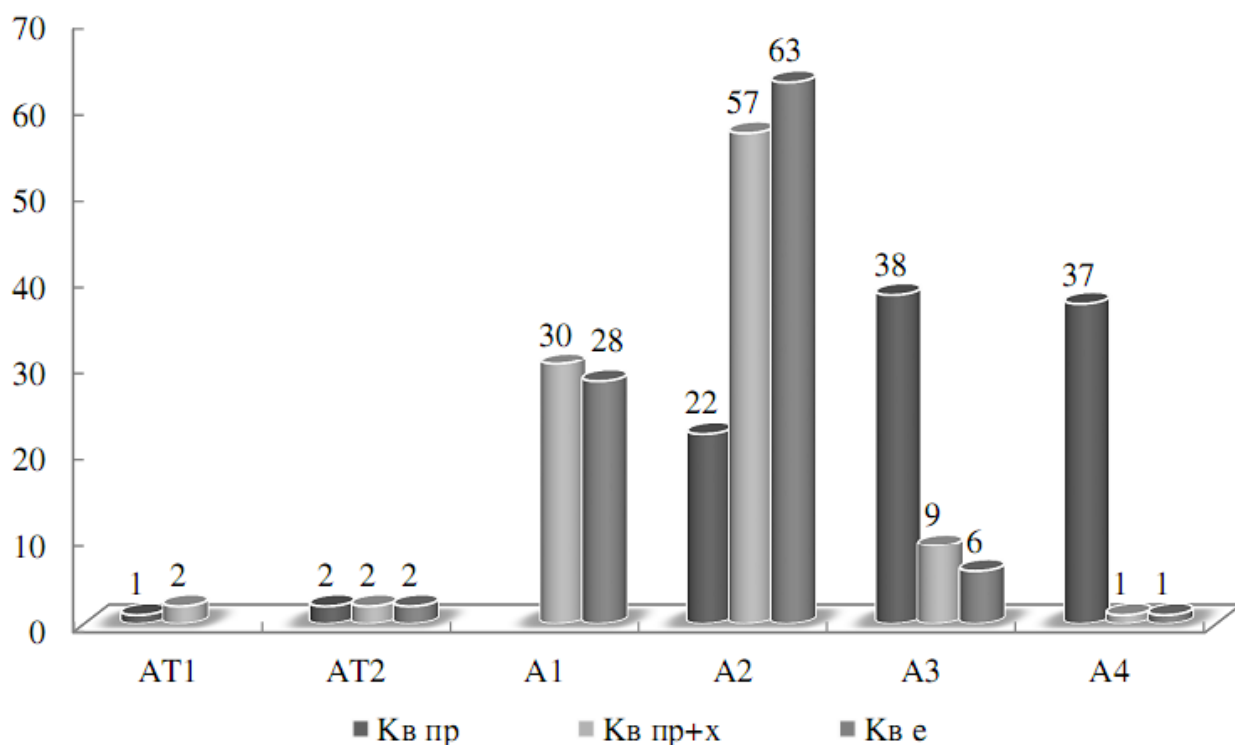


Рисунок 3.1 – Распределение озер Северного Казахстана по коэффициентам внешнего водообмена, %

К среднепроточным озерам относится, к примеру, акмолинское озеро Алтайсор, слабопроточным является кокшетауское озеро Копа. Озером с замедленным водообменом является северо-казахстанское озеро Алабота, озерами с малым водообменном являются карагандинское озеро Токумак и павлодарское озеро Экибастуз. К озерам с весьма малым водообменом относятся Кумдыколь, северо-казахстанское озеро Карасор, восточно-казахстанское озеро Бегень. Исключительно малым водообменном обладают озера Селетынгиз, актюбинское Калатуз, озера Айтеке, Ялы, северо-казахстанское озеро Тулумбай, акмолинское озеро Жукей.

Заключение

В работе были получены статистические распределения, где для территории Казахстана могут быть определены общие количества озер в зависимости от значений этих характеристик. Уточненный на основе выявленных зависимостей коэффициент «озерности» территории Казахстана (1.6%) близок к глобальному среднему значению (1.8%), но превосходит соответствующий для таких стран как Китай (0.8%), Монголия (1.0%), Польша (1.0%).

Озера зоны недостаточного увлажнения достаточно хорошо классифицируются по условиям формирования их внешнего водообмена. Озера Северного Казахстана имеют преимущественно умеренный водообмен ($0.1 < K_v < 1.0$): здесь представлено 4 класса озер в зависимости от диапазона изменения исходных морфометрических характеристик. Также на территории Северного Казахстана выявлены районы влияния климатических факторов формирования внешнего водообмена озер, характеризующие потенциал территории по отношению характера интенсивности внешнего водообмена, который связан с другими гидрологическими и гидроэкологическими параметрами состояния озерной системы. Рассчитанные в работе индексы увлажненности $H(q;I)$ являются обобщенными независимыми признаками многокритериальной классификации озер Северного Казахстана по внешнему водообмену.

Список использованной литературы

1. Абросов, В.Н. Зональные типы лимногенеза /
2. В.Н. Абросов. – Л.: Наука, 1973. – 178 с.
3. В.Н. Адаменко. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 264 с. 4.
4. Алекин, О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
5. Атлас Мирового водного баланса. (Приложение к монографии «Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли»). – М.-Л., 1974.
6. Ахмедова, Н.С. Особенности распространения и морфологического строения котловин карстовых озер мира: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.27/
7. Баранов, И.В. Лимнологические типы озер СССР / И.В. Баранов. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 276 с.
8. Бегалиева, А.Б. Особенности статистической структуры осредненных по площади месячных сумм осадков на севере и юге Казахстана / А.Б. Бегалиева, Е.В. Боголюбова // Гидрометеорология и экология. – 2013. - №1. – С. 52 – 64.
9. Белецкая, Р.В. Морфометрические особенности озерных котловин и их влияние на экологическое состояние лимносистем: (На прим. равнин. озер ледникового происхождения): автореф. дис. ... канд. наук: 25.00.27 / Белецкая Раиса Васильевна. – СПб., 2004. – 24 с.
10. Богданов, В.В. Зонально-региональные свойства лимногенеза и их роль в классификации и районировании озер / В.В. Богданов // Географо- гидрологический метод исследования вод суши. – Л.: изд. АН СССР. Геогр. об- во СССР, 1984. – С. 71-78.
11. Дмитриев, В.В. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей. Ст. 1. Качество природных вод / В.В. Дмитриев, Н.В.

- Мякишева, Н.В. Хованов // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология, география. – 1996. – вып. 3 (№ 21). – С. 40-52.
12. Догановский, А.М. Водный баланс озер зоны недостаточного увлажнения / А.М. Догановский, Н.В. Мякишева, Т.И. Прокофьева // Проблемы современной гидрологии: сб. науч. тр. Сотр. Гидрологич.фак. – СПб. – 2004. – С. 66-76.
13. Догановский, А.М. Гидрология суши: (Общий курс) / А.М. Догановский. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 524 с.
14. Догановский, А.М. Исследование возможностей использования метода расстановки приоритетов для классификации озера / А.М. Догановский, Г.М. Инберг // Расчеты и прогнозы гидрологических характеристик: Сборник научных трудов. – Л.: изд. ЛГМИ, 1989, вып. 103, С. 88-94.
15. Догановский, А.М. Пространственные закономерности строения озерных котловин // Мат. Межвузовской конф. «Герценовские чтения 59» РГПУ им. Герцена 27-28 апреля 2006 г. – Изд. РГПУ им. Герцена. – С- Петербург, 2006. – С. 15-23.
16. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л.: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1974. – 638 с.
17. Мякишева, Н.В. Многокритериальная классификация озер / Н.В. Мякишева. – СПб.: изд. РГГМУ, 2009. – 160 с.
18. Мякишева, Н.В. Особенности увлаженности бассейнов больших европейских озер в условиях современного климата / Н.В. Мякишева // Уч. зап. РГГМУ. – 2009. - №11. – С. 5 – 15.
19. Озера Казахстана и Киргизии и их история / Академия наук СССР, Ин-т озероведения. – Л.: изд. «Наука» Ленингр. отд-е, 1975. – 279 с.
20. Рянжин, С.В. Геоинформационная система для озер мира - ГИС “Озера Мира” (GIS WORLDLAKE) / С.В. Рянжин, Т.Ю. Ульянова // ДАН России. – Вып. 370 (№4). – 2000. – С. 542-545.

- 21.Рянжин, С.В. Распределения озер и рек мира по размерам рассчитанные из базы данных WORLDLAKE / С.В. Рянжин //Охрана и рациональное использование Ладожского озера и других больших озер. – СПб.: изд. СПбГУ, 2003. – С. 435-441.
- 22.Хованов, Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците / Н.В. Хованов. – СПб.: изд-во СПбГУ, 1996. – 195 с.