

Шаршеев Э.С., Жакеев Б.М., Асанакунова Г.

КЛИМАТТЫН ГЛОБАЛДЫК ЖЫЛУУЛАНЫШЫНДА ЫСЫК-КӨЛ
СУУСУНУН ДЕҢГЭЭЛИНИН ӨЗГӨРҮШҮ

Шаршеев Э.С., Жакеев Б.М., Асанакунова Г.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОВНЯ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ ПРИ
ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

E.S. Sharshееv, B.M. Zhakeev, G. Asanakunova

VARIABILITY OF ISSYK-KUL LAKE UNDER
GLOBAL WARMING CLIMATE

УДК: 551.583:556.55

Бул илимий эмгек “Климаттын глобалдык жылууланышындагы Ысык-Көл суусунун деңгээлинин өзгөрүшү” деп аталган макала көлдүн морфометриялык көрсөткүчтөрүн карайт. 1926-2019-жылдар аралыгындагы акыркы 94 жылдагы маалыматтардын катарларынан (суунун деңгээлинин көтөрүлүшү (H), Ысык-Көлдүн суу бетин (C), суунун көлөмү (V) статистикалык ыкма менен эсептелген Ысык-Көл. Математикалык моделдөө жана Ысык-Көлдүн деңгээлинин өзгөрүлмөлүүлүгүн В.А. Кузмиченок жана В.В. Романовский атуу окумуштуулар изилдеп келишкен. Көлдүн деңгээлин окумуштуу В.В. Романовский тарабынан 1926-1975-жылдар аралыгында 50 жылга эсептелген. Бул катарларды 2019-жылга чейин (1975-2019, 44 жылга) улантып келдик, бул жалпы 94 жыл аралыгын түздү. Эсептелген убакыт катарларын окшоштуруу үчүн, В.В. Романовский тапкан 0,9813кө барабар болгон “e” бөлүүчү. Романовский геометриялык прогрессия экспоненциалдык теңдеме аркылуу билдирет. Кийинки ар бир сан мурунку сандан 0,9813кө көбөйтүлүп алынган, ошентип көлдүн деңгээлинин агымынын убакыт аралыгы улантылган. В.В. Романовскийдин эсептөөсү боюнча көлдүн деңгээлинин өзгөрүшүн эске алганда, акыркы 94 жыл ичинде жалпысынан Ысык-Көлдүн деңгээлинин төмөндөшү көптөгөн тармактардын ишмердүүлүгүнө, айрыкча айыл чарбасына, жээк зоналарын рекреациялык пайдалануусуна ж.б. экинчи жагынан түздөн-түз таасир эткен климаттын өзгөрүшүнөн көз карандуу болуп саналат. Буа байланыштуу Ысык-Көлдүн деңгээлин изилдөө, актуалдуу маселе болуп саналат. Бул илимий эмгек ушул көйгөйдү изилдөөгө арналган.

Негизги сөздөр: климат, суу, көлдөр, абанын температурасы, атмосфералык жаан-чачындар, статистикалык параметрлер, стандарттык четтөө, вариация коэффициентти, асимметрия.

Данная научная работа является одной из серий статей по теме «Изменчивости уровня озера Иссык-Куль при глобальном потеплении климата», в работе рассмотрены морфометрические показатели озера Иссык-Куль рассчитанные методом статистики из рядов данных (высотные отметки уровня воды (H), площадь зеркала воды оз. Иссык-Куль (S), объем воды (V) за последние 94 лет с 1926-2019 гг. Вопросами математического моделирования и изменчивостью хода уровня озера Иссык-Куль занимались ученые В.А. Кузмиченок и В.В. Романовский. Уровни озера Иссык-Куль В.В. Романовского рассчитаны за 50 лет с 1926 -1975 гг. Нами продолжена эти ряды до 2019 года (1975-2019, 44 года), что составила в общей сложности 94 года. Для моделирования расчетных временных рядов была использована знаменатель “e” равный 0,9813 найденный В.В. Романовским посредством уравнения экспоненты выражающие геометрическую прогрессию. Каждое последующее число получалось из предыдущего числа умножением его на

0,9813, таким образом были продолжены временные расчетные ряды хода уровня озера Иссык-Куль за последние 94 года в общей совокупности с учетом уровней В.В. Романовского. Падения уровня озера Иссык-Куль очень чувствителен к деятельности многих отраслей в частности сельское хозяйство, рекреационное использование прибрежных зон и т.д. с другой стороны влияние изменения климата что непосредственно влияет на изменения уровня озера Иссык-Куль в связи с этим вопрос изучения хода уровня озера Иссык-Куль является актуальной. Исследованию данной проблемы посвящена настоящая научная работа.

Ключевые слова: климат, вода, озера, температура воздуха, атмосферные осадки, статистические параметры, стандартное отклонение, коэффициент вариации, асимметрия.

This scientific work is one of a series of articles on the topic “Variability of the lake. Issyk-Kul under global warming”, the paper considers the morphometric indicators of the lake. Issyk-Kul, calculated by the statistical method from data series (water level elevations (H), water surface area of Issyk-Kul lake (S), water volume (V) for the last 94 years from 1926-2019. Mathematical modeling and variability of the course of the lake level. Issyk-Kul was studied by scientists V.A. Kuzmichenok and V.V. Romanovsky. Lake levels Issyk-Kul V.V. Romanovsky calculated for 50 years from 1926-1975. We continued these ranks until 2019 (1975-2019, 44 years old), which amounted to a total of 94 years. To simulate the calculated time series, the denominator e equal to 0.9813 found by V.V. Romanovsky by means of the exponential equation degenerating geometric progression. Each subsequent number was obtained from the previous number by multiplying it by 0.9813, thus the time series of the course of the lake level was continued. Issyk-Kul over the past 94 years in the aggregate, taking into account the levels of V.V. Romanovsky. The drop in the level of Lake Issyk-Kul is very sensitive to the activities of many industries, in particular agriculture, recreational use of coastal zones, etc. on the other hand, the impact of climate change that directly affects changes in the level of the lake. Issyk-Kul in this regard, the issue of studying the course of the lake level. Issyk-Kul is relevant. This scientific work is devoted to the study of this problem.

Key words: climate, water, lakes, air temperature, precipitation, statistical parameters, standard deviation, coefficient of variation, asymmetry.

Введение. Уровень воды озер – ключевой фактор, влияющий на состояние прибрежной и литоральной зон, определяющий особенности функционирования экосистем, использования крупных озер для гидроэнергетики, навигации, водного транспорта, питьевого и промышленного водоснабжения, рекреации.

Озера Иссык-Куль очень чувствителен к воздействиям климатических условий как атмосферным осадкам, температурам воздуха, так же и немаловажную роль играет относительная влажность воздуха, к речным стокам как поверхностным, так и подземным, к солнечной активности который тоже имеет непосредственное влияние на изменения хода уровня оз. Иссык-Куль.

Влияние солнечной активности на изменения уровня водоемов была исследована, такими зарубежными учеными как Н.Н. Соловьева, Л.С. Берг, Н.В. Максимов, А.А. Гирс и другими учеными в 1930-е годы XX в. посредством изучения многолетних изменений климата, колебаний уровня Каспийского моря и их связей с вековыми колебаниями солнечной активности и других географических характеристик. В работах этих авторов уделено внимание на изменения уровня Каспийского моря, природа которых определялась ими как климатическое проявление планетарного масштаба.

В 2004 г. вышла монография Н.Н. Соловьевой «Исследование зависимости колебания уровня Каспийского моря от солнечной активности» под редакцией профессора А. М. Владимирова.

Вопросами о влиянии климата на изменения уровня оз. Иссык-Куль в Кыргызстане занимались такие ученые как: Маматканов Д.М., Романовский В.В., Кузмиченко В.А., Бажанова Л.В. и другие.

До сих пор не решены проблемы надежного долгосрочного прогноза сезонной и внутривековой изменчивости уровня как крупнейших (Великих) озер Евразии (ВОЕ): Байкал, Ладозское, Онежское, Каспийское, так и системы Великих американских озер (ВАО): Верхнее, Сент-Клэр, Мичиган, Гурон, Эри, Онтарио, которые играют значительную роль в экономике России, США, Канады и пяти прикаспийских государств.

Материалы и методы. Материалами для анализа являются многолетние ряды полученные на гидрологических постах озера Иссык-Куль за последние 33 лет с 1969 по 2001 г: 1. высота уровня воды (H в метрах), 2. площадь зеркала воды (S в км^2), 3. объем воды (V в км^3) на конец каждого года. Для анализа атмосферных осадков использованы материалы многолетних рядов метеорологической станции Ак-Суйского района Иссык-Кульской области Республики Кыргызстан. Наблюдения проводились с 1960 по 1990 г.

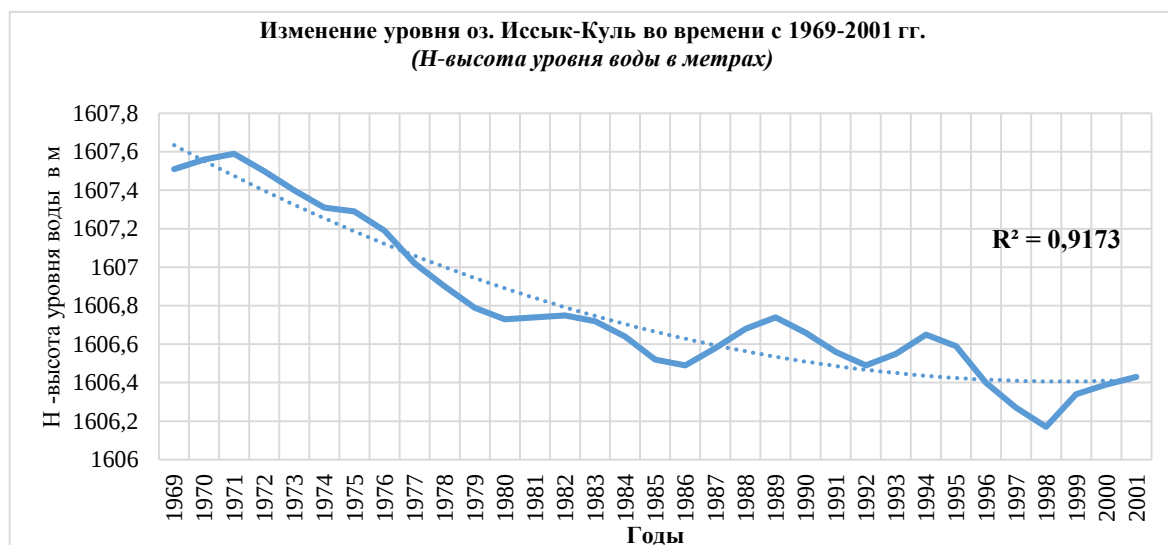


Рис. 1. Морфометрические данные оз. Иссык-Куль.

Статистические параметры высотных отметок (H) уровня воды оз. Иссык-Куль (за последние 33 года) с 1969-2001 гг.

1. Максимальное значение высотной отметки уровня воды – 1606.17 м
2. Минимальное значение высотной отметки уровня воды – 1607.59 м
3. ΔV (разность между макс. и мин) – 1.42 м
4. Среднее значение – 1606.792 м

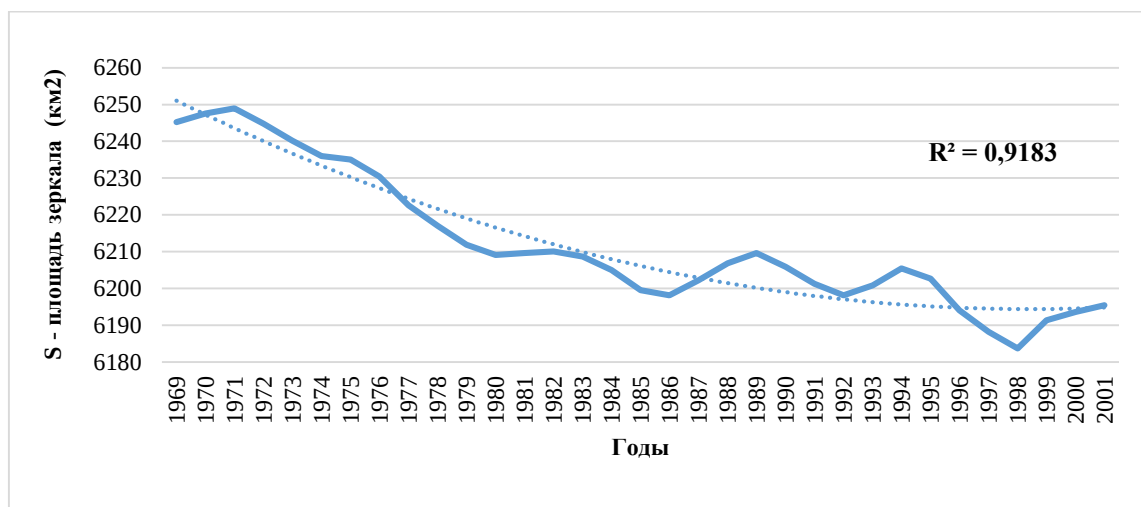


Рис. 2. Изменение площади зеркала (S км²) оз. Иссык-Куль во времени с 1969-2001 гг.

Статистические параметры площади зеркала оз. Иссык-Куль (за последние 33 года) с 1969-2001 гг.

1. Максимальное значение площади зеркала воды – 6183.68 км²
2. Минимальное значение площади зеркала воды – 6248.93 км²
3. ΔV (разность между макс. и мин. значениями) – 65.25 км²
4. Среднее значение - 6212.094

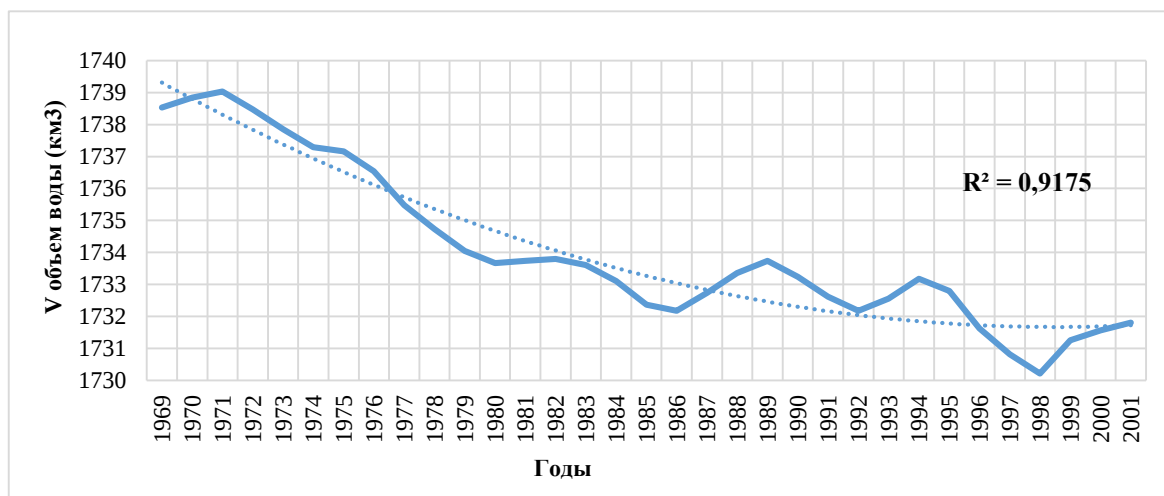


Рис. 3. Изменение объема воды оз. Иссык-Куль во времени с 1969-2001 гг.

Статистические параметры объема воды (V) оз. Иссык-Куль (за последние 33 года) с 1969-2001 гг.

1. Максимальное значение объема воды - 1730.21 км³
2. Минимальное значение объема воды - 1739.03 км³
3. ΔV (разность между макс. и мин) – 8.82 км³
4. Среднее значение – 1734.066 км³

На всех 3 (трех) графиках наблюдается тенденция изменения в сторону падения, как видно на графике от изменения высотной отметки оз. Иссык-Куль на -1.42 м, объем и площадь соответственно сокращаются. (-1.42 м составляет 0,09% от среднего значения 1606.792 м)

На 1.05% - сократилась площадь зеркала от среднего значения, объем воды сократился на 0,51%.

Коэффициент корреляции объема воды и площади зеркала оз. Иссык-Куль с высотными отметками составила в среднем 0.999994 $\approx$ 1.

1 (единица) показывает что между этими значениями площади зеркала и объемом воды с высотными отметками уровня воды существует прямая сильная взаимосвязь, что подтверждает зависимость площади и объема от высотных отметок Н.

Прямая сильная взаимосвязь между показателями – это рост или падение одного показателя который сопровождается другими показателями.

Коэффициент корреляции вычислен по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

x_i — значения, принимаемые в выборке X,

y_i — значения, принимаемые в выборке Y;

$\bar{x}$ — средняя по X, $\bar{y}$ — средняя по Y.

Результаты

Продолжая научную работу В.В. Романовского по ходу исследования уровня оз. Иссык-Куль нами построены расчетные временные ряды с 1976-2019 гг за 44 лет и того в общей совокупности с наблюдаемыми и с расчетными годами В.В. Романовским составила 94 года, на 6 лет меньше одного века.

На рисунке 4 представлен ход изменения озера Иссык-Куль во времени с 1926-2019 гг. за последние 94 года.

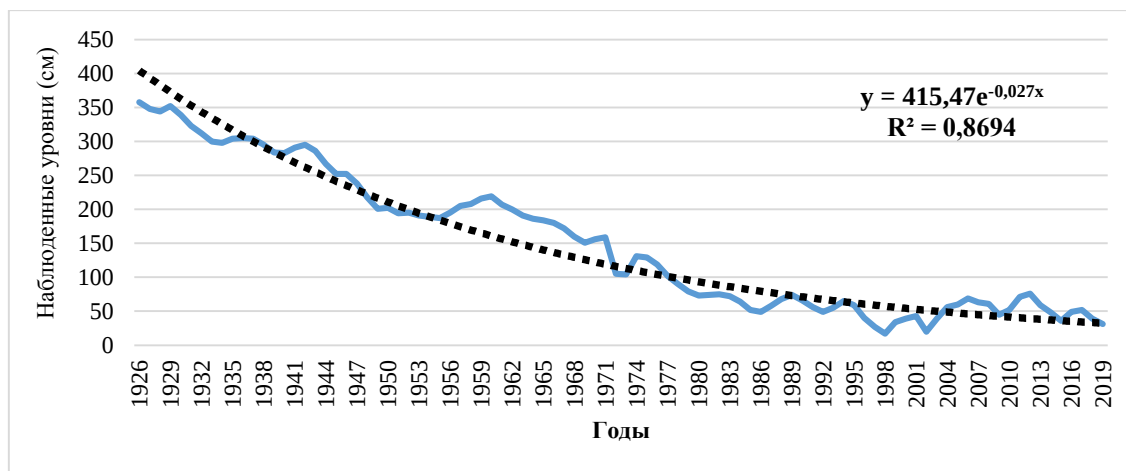


Рис. 4. Ход изменения озера Иссык-Куль во времени с 1926-2019 гг.

Сверим наши расчеты с расчетом и анализом В.В. Романовского по анализу В.В. Романовского падения уровня период с 1926-1927 годы при площади водного зеркала 6330 км² составила по экспоненте 6,8 см, то с 1974-1975 гг. при площади водного зеркала 6230 км² составила 2,7 см. По нашим расчетом совпадает если взять среднее значение падения уровней 6,8+2,7/2 то получается 4,75 что подтверждает анализ выше который получилась тоже 4,7 десятых при

За 94 года уровень озера с отметки 358 см - 1926-й год упал до отметки 17 см - 1998-й год, амплитуда колебания (разность) составила 341 см, что составляет 3м 41 см. С 1926-1998 год составляет 73 года, если условно разделить это значение (341) на 73 года то получается для каждого года по 4,67 $\approx$ 4,7 почти около 5 см падал уровень оз. Иссык-Куль, тенденция наблюдения постоянно низпадающее. Показание 358 см рассчитывается от отметки уровня 1606 м над уровнем моря. На данном этапе развития данного события уровень оз. Иссык-Куль находится приблизительно в районе отметки 1604 м (это пока не точная цифра уровня оз. Иссык-Куль). Как видно на графике после падения уровня озера до отметки 17 см. - 1998-й год, тенденция ход уровня озера Иссык-Куль меняется, начинается подъем уровня до отметки 76 см в 2012-м году. Разница данного подъема составила 59 см, почти уровень озера поднялся на 60 см.

Таким образом наблюдается начало нового цикла с окончанием XX-го века и с началом XXI века, в годовом соотношении это 1998 ой год когда упал уровень озера и начало нового цикла 1999-й год подема уровня воды в озере и дальнейшее ее развитие на уровне ± 49 см.

условном разделении 341 на 73 года. Ход уровней наблюдаемых рисунок 4 и расчетных экспоненциальные они движутся по экспоненте, это значит что если уровни озера Иссык-Куль изменятся во времени так вместе с изменением уровня и меняется площадь зеркала и соответственно объем воды оз. Иссык-Куль.

Изменение одного параметра соответственно приводит к изменению других параметров.

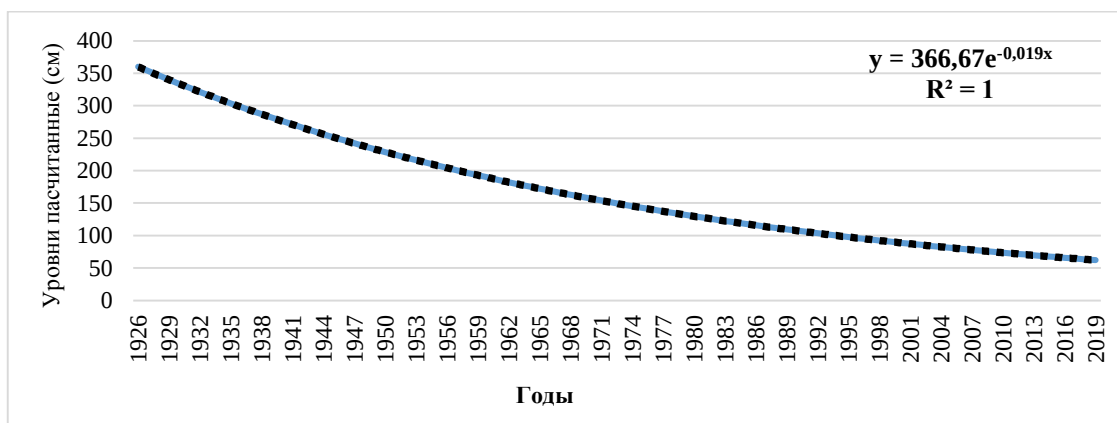


Рис. 5. Уровни пасчитанные оз. Иссык-Куль (см).

Как видно на рисунке 5 расчитанные нами уровни оз. Иссык-Куль идеально продолжают расчитанные уровни В.В. Романовского, у В.В. Романовского данные от 1926-1975 гг. (50 лет), далее с 1975-2019 гг. (44 года).

Выводы.

1. Физическая сущность экспоненциального хода уровня озера при постоянстве соотношений $\frac{\Delta F}{\Delta W}$ и $\frac{\Delta W}{\Delta H}$ (площадь (ΔF км²), объем (ΔW км³) и уровень (ΔH м) во всем диапазоне его колебаний состоит в том что с потерей части стока годовое падение больше при высоком уровне, чем при низком так как более высокое стояние уровня соответствуют и большие площади испоряющей поверхности. При одинаковых гидрологических и климатических условиях объем потерь воды за счет испарения, годовое падение уровня воды больше чем во втором. Например если падения уровня в период с 1923-1927 гг. при площади водного зеркала 6330 км² составила по экспоненте 6,8 см, то с 1975-1976 гг. площадь водного зеркала 6230 км² - 2,7 см.

2. Уровни бесточных водоемов служат интегральным показателем увлажненности территорий и их бассейнов. Начиная с 1926 года прошлого столетия уровень озера все время падало, это видно на графиках 4 и 5 уровень озера очень чутко реагирует на из-

менение объема стока и атмосферных осадков, видимо это связано с нарушением равновесия между приходными и расходными статьями водного баланса.

Литература:

1. Филатов Н.Н. Многолетняя изменчивость уровня воды великих озер Евразии и Северной Америки [Эл. ресурс]: Науч. ст. / Н.Н. Филатов, Т.Ю. Выручалкина. - режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29869218>. 22.07.2021/Водные ресурсы, 2017, т. 44, № 5, с. 519-531.
2. Назарова Л.Е. Изменчивость гидрологических характеристик водосбора Онежского озера под влиянием климатических воздействий [электронный ресурс]: автореферат на соискание ученой степени кандидата географических наук, Санкт-Петербург 2008 / Л.Е. Назарова – режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/izmenchivost-gidrologicheskikh-kharakteristik-vodosbora-onezhskogo-ozera-pod-vliyaniem-klima>
3. Шаршеев Э.С. Рационализация режима орошения картофеля в предгорной части котловины оз. Иссык-Куль Кыргызской Республики. / Дисс. на соис. уч. ст. к.т.н. по спец. 06.01.02. - М.: МГУП, 2010. – С. 48-60.
4. Романовский В.В. Ход уровня озера Иссык-Куль до 2000 года и влияние на него водохозяйственной деятельности. - Б.: Научная литература, 2014. - 403 с.
5. Соловьева Н.Н. Исследование зависимости колебания уровня Каспийского моря от солнечной активности. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2004 - 70 с.