

Центр образования цифрового и гуманитарного профилей «Точка роста»  
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №26 с. Краснокумского Георгиевского  
района»

Номинация «Современная химия»

## **Анализ современного гидрохимического режима озера Тамбукан**

**Автор: Басанец Никита Александрович**  
Учащийся 8 а класса МБОУ СОШ № 26 с  
Краснокумского Георгиевского городского округа  
**Руководитель: Зверько Татьяна Александровна**  
учитель МБОУ СОШ № 26 с Краснокумского  
Георгиевского городского округа

с. Краснокумское, 2020 г

## Оглавление

Введение	3
1. Методы исследования	3
2. Результаты исследования	4
2.1 Гидрохимический режим озера Тамбукан и впадающих в него ручьев.	4
2.2 Влияние изменения гидрохимического режима на экосистему озера.	7
2.3 Причины и возможные последствия изменения гидрохимического режима.	10
2.4 Альтернативные варианты повышения минерализации рапы озера и оценка их экономической эффективности	13
Выводы	14
Заключение	15
Литература	16
Приложение	17

## Введение

Озеро Тамбукан — солёное бессточное озеро овальной формы, расположенное на юге России, в 9 км юго-востоку от Пятигорска, на границе Предгорного района Ставропольского края и Зольского района Кабардино-Балкарии (рисунк1, приложение). Служит источником лечебной сульфидной иловой грязи, которая используется в санаториях Кавказских Минеральных Вод и экспортируется.

Тамбукан и его окрестности находятся в первой природоохранной зоне. На его дне находится около полутора миллионов тонн лечебной грязи, которая используется в медицине с 1886 года. Пелоиды тамбуканских грязей широко применяются в разных областях медицины и косметологии. Работа микроорганизмов обогащает тамбуканские грязи липидами, минералами, сернистым железом, гуминовыми веществами. Лечебные грязи озера Тамбукан имеют органическую и минеральную составляющую. В органической части содержатся гуминовые кислоты, аминокислоты, битумы, смолообразные вещества. Минеральная часть состоит из газов и слаборастворимых соединений солей и минералов глиняного происхождения.

Наиболее актуальной проблемой Тамбуканского озера в настоящее время является постепенное повышение уровня воды и связанное с этим снижение минерализации рапы

**Цель.** Оценить гидрохимический режим озера Тамбукан.

**Задачи:**

1. Определить минерализацию и химический состав воды озера Тамбукан, а также впадающих в него ручьев. Определить влияние изменения гидрохимического режима на экосистему озера.
2. Проанализировать возможные причины и последствия изменения гидрохимического режима.
3. Предложить пути повышения минерализации водоема, рассчитать экономическую эффективность всех предложенных вариантов

### 1. Методы исследования

Длина озера - 2,5 километра, наибольшая ширина - 1,5 км, площадь его акватории по состоянию на 2018 г. составляет 2, км<sup>2</sup>, средняя глубина озера 4,8м, максимальная глубина естественного дна 6,1м, в карьерах грязедобычи до 7,2 метра. Северный и южный берега довольно крутые, восточный и западный - пологие, частично заболоченные, вследствие их затопления, покрыты камышовой растительностью и сухим древостоем. Водосборная площадь - 18,2 км<sup>2</sup>, из них лесопосадки занимают 5,4 км<sup>2</sup> [1]. В 2 км западней озера на реке Этока расположен сельский посёлок Этока Предгорного района Ставропольского края, а в 2 км южнее — селение Этоко Зольского района Кабардино-Балкарии.

Отбор проб воды проводился согласно методике ГОСТ Р 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб», ИСО 5667/4-1987 Качество воды. Отбор

проб. Часть 4. Руководство по отбору проб из естественных и искусственных озер; ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб, РД 52.24.309-2011 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.

Минерализация и химический состав рапы озера Тамбукан определялись по методам представленным в таблице 1 на базе лаборатории Территориального отдела управления Роспотребнадзора по Ставропольскому краю в г.Георгиевске и Георгиевском районе.

Таблица 1 Методы проведения химического анализа воды озера Тамбукан.

№	компонент	Метод анализа
1	pH, ед. pH	П, ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
2	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	Тур, ГОСТ 4389-72
3	Cl <sup>-</sup> , мг/л	Т, ГОСТ 4245-72, п.1; ГОСТ 4245-72, п.2;
4	Na <sup>+</sup> , мг/л	ПФ, ГОСТ 23268.6-78; ПФ, Ун.м.ч.1, с. 60
5	K <sup>+</sup> , мг/л	ПФ, ГОСТ 23268.7-78; ПФ, Ун.м.ч.1, с. 63
6	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	Т, ГОСТ 23268.4-78;
7	I <sup>-</sup> , мг/л	Ф, ГОСТ 23268.16-78; П, INSTR. Анион-410; ИВ ФР 1.3.1.2004.01165
8	Br <sup>-</sup> , мг/л	ИНАА, СП ТПУ-2ЯФ; П, INSTR. Анион-410; ICP-MS, св. № 480-X
9	B, мг/л	Ф, НСАМ 279-Г

Отбор проб для определения зоопланктона проводили по методикам, изложенным в «Руководстве по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений» (1990) [18]. Используя карту озера, наметили места отборов проб (рис. 2). Для отбора проб бентоса использовали закидную драгу, скребок [2].

Альгологические пробы отбирались согласно методикам, изложенным в учебном пособии «Альгология и микология» под редакцией П.Г. Ефимова [22].

## 2. Результаты исследования

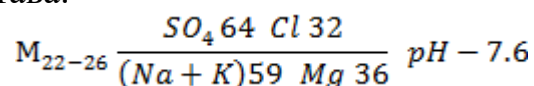
### 2.1 Гидрохимический режим озера Тамбукан и впадающих в него ручьев

Минерализация и химический состав рапы озера Тамбукан определялись базе лаборатории Территориального отдела управления Роспотребнадзора по Ставропольскому краю в г. Георгиевске и Георгиевском районе. Химический анализ представлен в таблице 2

Таблица 2 Химический состав и минерализация воды озера Тамбукан

	В литре воды содержится	Граммы	Эквивалентная масса	мг-экв	мг-экв %
<b>Катионы</b>					
	<b>Натрий и калий</b>	5,238	23	227,739	59,4
	<b>Магний</b>	1,693	12,15	139,317	36,4
	<b>Кальций</b>	0,320	20,04	15,968	4,2
	<b>Сумма катионов</b>	7,251		383	100
<b>Анионы</b>	<b>Хлорид</b>	4,396	35,453	123,995	32,4
	<b>Бромид</b>	0,031	79,9	0,386	-
	<b>Йодид</b>	Менее 0,0002	127	-	-
	<b>Сульфат</b>	11,819	48,03	246,076	64,3
	<b>Гидрокарбонат</b>	0,304	61,02	4,975	1,3
	<b>Карбонат</b>	0,082	30,01	2,732	0,7
	<b>Сумма анионов</b>	16,772		383	100
	<b>рН – 7,6</b>				
	<b>Борная кислота</b>	0,070			
	<b>Общая минерализация</b>	24, 023			

По химическому составу рапа озера имеет следующий ионно-солевой состав - хлоридно-сульфатный магниевно-натриевый и имеет следующую формулу химического состава:



Полученные нами данные минерализации рапы озера в 2020 г мы сопоставили с данными, полученными предыдущими исследователями (Ржавскова А., 2018 г, Василенко И., 2019 г). Они приведены в таблице 3

Таблица 3 Минерализация рапы озера

год	Минерализация , г/дм <sup>3</sup>						
	январь	март	май	июль	сентябрь	ноябрь	Ср за год
2018	24.5	25.3	24.3	24.2	24.5	24.8	24.3
2019	24.7	23.9	23.0	23.1	23.6	23.5	22.8
2020	22.6	20.8	22.0	22.9	22.5	22.1	21.0

Данные таблицы говорят о том, что в последние годы минерализация озера Тамбукан находится на относительно постоянном низком уровне.

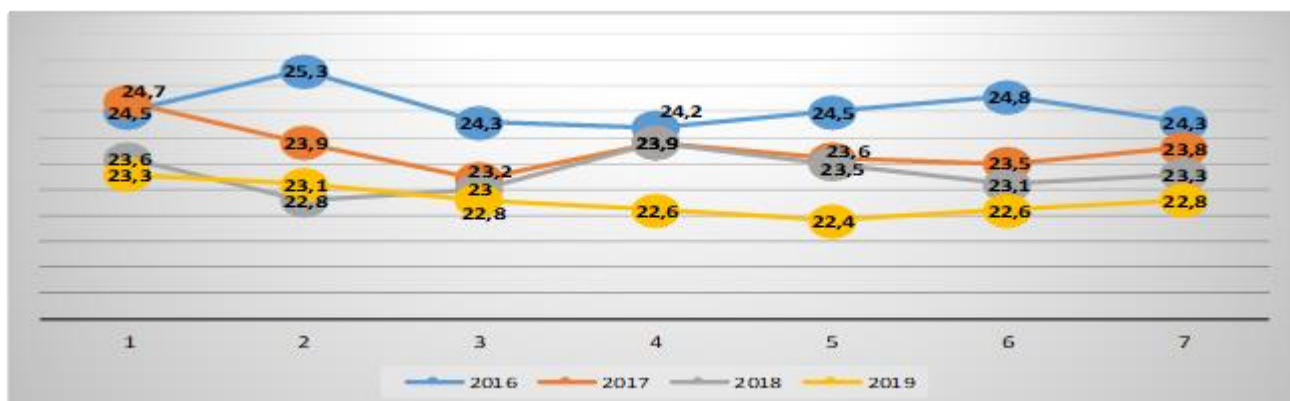


Рисунок 1 Минерализация рапы озера Тамбукан

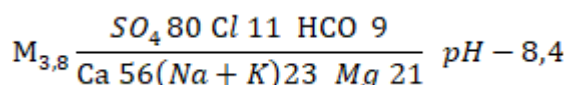
Используя данные интернет источников, в том числе Шкловского О.А., Требухова Я.А. Отчет о детальной разведке Тамбуканского месторождения лечебной грязи, 2005г [5] посмотрим на динамику изменения минерализации рапы озера Тамбуканза последние 150 лет



Рисунок 2 Изменение значений минерализации рапы озера

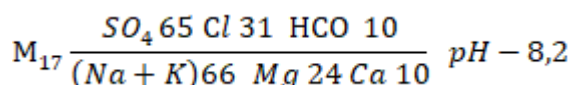
В озеро Тамбукан впадают 2 ручья с южной стороны берега (рисунок 2. Приложение). Нами были проанализированы химический состав и минерализация воды этих ручьев.

По химическому составу воды ручья №1, впадающего в озеро имеют следующий ионно-солевой состав – гидрокарбонатно-хлоридно сульфатный магний-натрий кальциевый и следующую формулу химического состава:



Цвет воды желтоватый. Она без запаха, на вкус пресная. Осадок илистый. Реакция среды слабощелочная. Установлено, что минерализация первого ручья составляет 3,8 г/дм<sup>3</sup>. Для сравнения, в реке Этока, минерализация в 3 раза ниже. В воде ручья по сравнению с подземными водами преобладающим ионом является кальций, в то время как в подземных водах - (Na + K), реже Mg<sup>2+</sup>. В водах реки Этока в сравнении с водами ручья преобладающими катионами являются Mg<sup>2+</sup> и (Na+K), а катион кальция имеет подчиненное значение. В анионном составе воды реки Этока следующим преобладающим ионом после сульфатного является гидрокарбонатный.

По химическому составу воды ручья №2, впадающего в озеро имеют следующий ионно-солевой состав – гидрокарбонатно-хлоридно сульфатный кальций-магний натриевый и следующую формулу химического состава:



Цвет воды в ручье желтоватый. Она без запаха, вкус соленый. Осадок илистый. Установлено, что минерализация второго ручья 17 г/дм<sup>3</sup>. По химическому составу воды этого ручья отличается от поверхностных вод. По сравнению с другими поверхностными водами района озера вода данного ручья имеет более высокую минерализацию, в ее анионной части содержится больше хлора, а среди катионов преобладает сумма ионов натрия и калия. В то же время минерализация, химический состав и значение рН воды ручья свидетельствуют о его большом сходстве с этими показателями подземных вод, вскрытых скважинами на южном берегу озера. Таким образом, вода ручья идентифицируется в качестве родниковой.

На рисунке 3 представлены значения величины осадков и испарения на территории водосбора оз. Тамбукан.

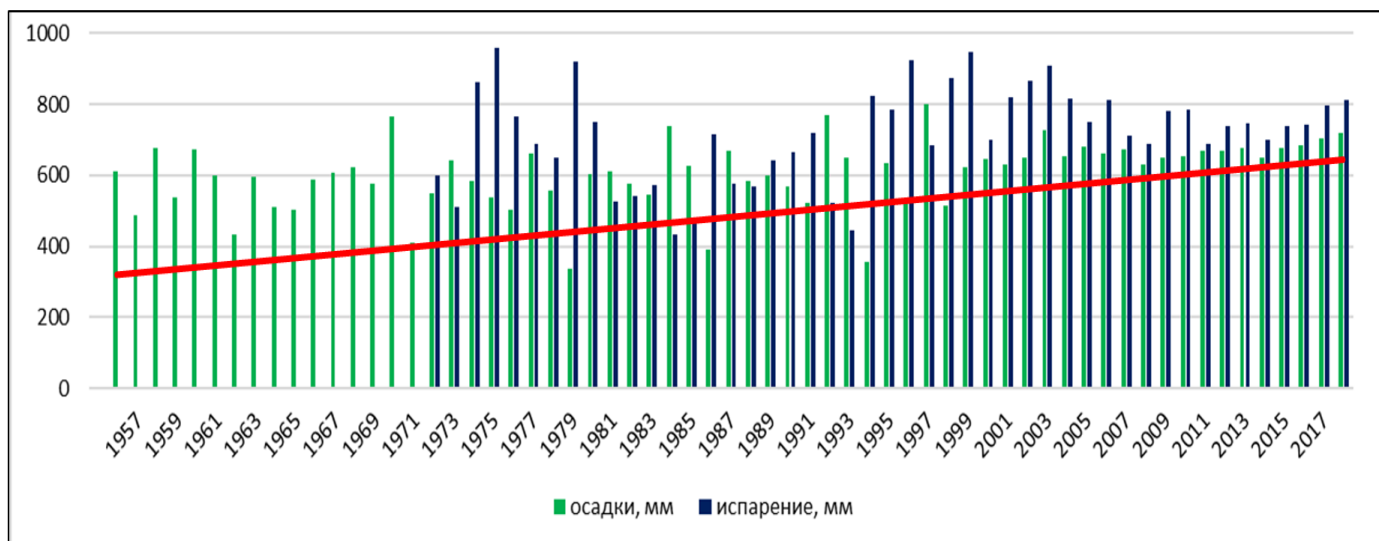


Рисунок 3 Атмосферные осадки и испарение (по данным метеостанции оз Тамбукан)

Как следует из диаграммы, наблюдается устойчивая тенденция к росту количества атмосферных осадков на территории водосбора озера Тамбукан.

Данные минерализации рапы коррелируют с динамикой морфометрических показателей Б.Тамбукана. Чем выше уровень воды в озере, тем ниже минерализация. Динамика морфометрических показателей Б.Тамбукана в период с 1949 по 2019г [14] прослеживается в таблице 4 и на рисунке 4

Таблица 4 Динамика морфометрических показателей озера Тамбукан

Годы	1949	1965	1985	1993	2003	2005	2008	2013	2019
морфометрические показатели									
Условная. отм. уровня, см	-	-	263	451	438	506	650	730	810
Длина, м	2000	2150	2178	2233	2350	2430	2580	2630	2750
Ширина, м	1000	1250	1276	1290	1300	1340	1420	1480	1530
Глубина, м максим.	-	3,1	4,05	5,2	5,5	6,1	8,1	9,4	10,0
средняя	-	1,2	2,02	4,3	4,5	4,81	5,5	6,3	7,7

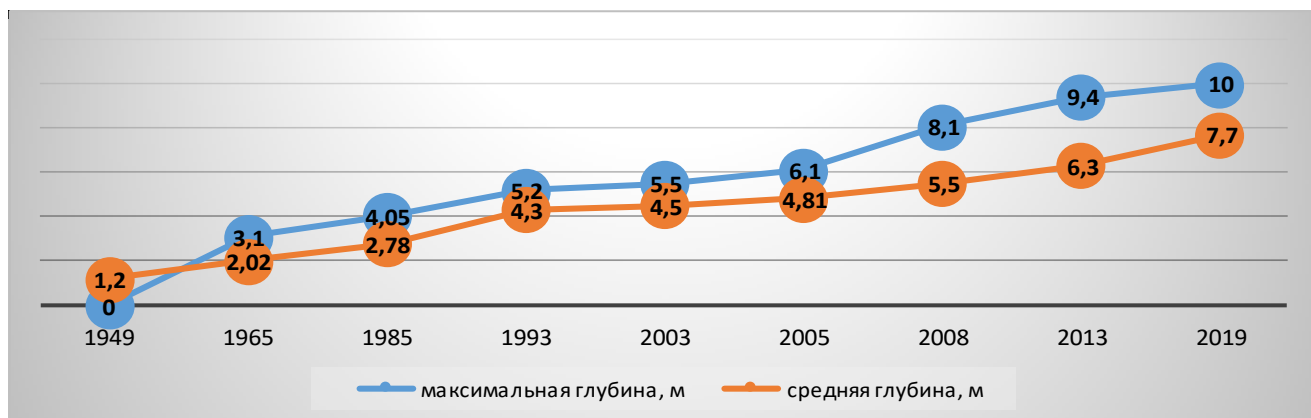


Рисунок 4 Динамика морфометрических показателей Б.Тамбукана (по данным Шкловского О.А., Требухова Я.А. Отчет о детальной разведке Тамбуканского месторождения лечебной грязи, 2005г, данные за 2008-2019гг – открытые источники сети интернет)

В таблице 5 приведены пределы колебаний основных физико-химических показателей слоя интенсивно черных грязей месторождения «Озеро Тамбукан», 2019-2020гг.

Таблица 5 Пределы колебаний основных физико-химических показателей слоя интенсивно черных грязей месторождения «Озеро Тамбукан», 2019-2020 гг.

Значение	Минимальное	Максимальное	Среднее
Влажность, %	54,0	65,0	60,0
Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	1,23	1,34	1,28
Сопротивление сдвигу, дин/см <sup>2</sup>	2299	4971	3522
Теплоемкость, кал/г-град.	0,63	0,71	0,68
Засоренность частицами > 0,25 мм, %	2,61	4,57	3,61
Орган. в-во, % на ест. грязь	-	-	2,17
Сульфиды, % на ест. грязь	0,47	0,98	0,69
pH	7,30	7,50	7,65
εh, mv	- 333	- 377	- 363
Минерализация грязевого раствора, г/дм <sup>3</sup>	37,6	48,1	42,0

Содержание органических веществ в слое интенсивно черной грязи достаточно высокое – 2,17% на ест. грязь, что в пересчете на сухое вещество равно 5,3%, тамбуканская грязь вообще считается обогащенной (по сравнению с другими грязями высокоминерализованных континентальных водоемов) органическими веществами, однако полученные результаты не только подтверждают такое мнение, но и свидетельствуют о новом повышении биологической продуктивности водоема, связанном с его значительным

распреснением. Об избытке органики говорит и наличие больших количеств сульфидов железа, придающих тамбуканской грязи особую ценность. Содержание сульфидов в интенсивно черной грязи в среднем равно 0,69% от естественного вещества, а в максимуме достигает 0,98%. Избыток органики, надежная восстановительная обстановка ( $E_h = -333 - -377$ мВ), наличие окислов железа в поступающих в озеро глинистых частицах и сульфатов в грязевом растворе создают благоприятные условия для деятельности сульфатредуцирующих и гнилостных (образующих сероводород) бактерий и для накопления в глинах больших количеств сульфидов железа в коллоидальной форме, т.е. в виде гидротроилита. Этот минерал и придает глинам верхнего слоя залежи интенсивно черный цвет.

Наглядным результатом опреснения водоема служит величина минерализации грязевого раствора, составившая в слое интенсивно черной грязи 37,6-48,1 г/дм<sup>3</sup> и в среднем оказавшаяся равной 42,0 г/дм<sup>3</sup>. Т.е. величина минерализации опустилась к нижней границе, установленной для категории высокоминерализованных грязей (35г/дм<sup>3</sup>).

Таблица 6 Физико-химические показатели образцов грязи отобранных послойно из одной скважины (Створ 9/500м, июнь 2019 г – август 2020 г.)

Значение	Интервал отбора проб		
	0,0-0,3 интенсивно черная грязь	0,5-0,8 черная грязь	0,8-1,1 темно-серая грязь
Влажность, %	58,9	50,8	47,2
Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	1,24	1,34	1,46
Сопротивление сдвигу, дин/см <sup>2</sup>	720	5156	11432
Теплоемкость, кал/г- град.	0,55	0,63	0,59
Засоренность минеральными частицами > 0,25 мм, %	0,23	0,47	0,43
Орган. в-во, % на ест. грязь	2,17	1,63	1,56
Сульфиды, % на ест. грязь	0,727	0,380	0,240
pH	7,69	7,65	7,45
$e_h$ , mv	- 285	- 345	+25
Формула химического состава грязевого раствора	SO <sub>4</sub> 64 Cl 32 M41,8 (Na+K)59 Mg3	SO <sub>4</sub> 67 Cl 31 M62,7 (Na+K)53 Mg4	SO <sub>4</sub> 65 Cl 32 M84,1 (Na+K)55 Mg4

Как видно из таблицы, ионный состав грязевых растворов во всех слоях залежи практически идентичен, несмотря на то, что величина минерализации в растворах существенно различается – от 41,8 г/дм<sup>3</sup> до 84,1 г/дм<sup>3</sup>. Химический состав везде хлоридно-сульфатный магниевно-натриевый. Причем, эквивалент-проценты всех ионов колеблются в очень малых диапазонах: сульфаты 64-67, хлориды 31-32, гидрокарбонаты 2,0-3,5, натрий 53-59, магний 36-44 и кальций 2-4,8 мг/экв. %.

## **2.2 Влияние изменения гидрохимического режима на экосистему озера**

**Фитоценоз.** Представители фитоценоза, которые мы обнаружили и смогли определить (приложение, рисунок 7):

1. Зеленые водоросли – Chlorofyta. Роды: Scenedesmus, Spirogyra, Chara, Cladophora.
2. Синезеленые водоросли - Cyanophyta. Роды: Calotrix, Anabaena, Oscillatoria, Arthrospira, Lyngbya, Microcystis.
3. Эвгленофитовые – Euglenophyta. Роды: Navicula, Closterium.

В озере интенсивное развитие получают синезеленые водоросли. Они представляют собой донные фитоценозы, развивающиеся на поверхности ила и пронизывающие его. В весенний период отмечается их бурная вегетация, вызывающая массовое «цветение» водоема. «Цветение» наблюдается по всей толще рапы, отчего последняя приобретает коричневый цвет. Донные фитоценозы в виде толстых пленок всплывают на поверхность, образуя так называемую «накипь» или «вату». Затем этот растительный слой к осени ложится на дно, образуя так называемый «войлок», который на дне разлагается и обогащает слои грязи биологически активными веществами.

**Зоопланктон.** Нами были обнаружены: Artemia sp, Diaptomus sp, Daphnia sp, Daphnia sp, Diaphanosoma sp, Chironomidae, Brachionus, Nematodes, Vorticella sp, (приложение, рисунок 8).

Представители зоопланктона испытывают на себе прямое воздействие водно-солевого режима, что отражалось на видовом составе гидробионтов.

В озере Тамбукан фауна представлена солоноватоводными эвригалинными формами, выдерживающими значительные колебания солености воды. В связи с распреснением рапы озера гидрофауна стала более разнообразной. Из обнаруженных групп гидробионтов чрезвычайно стойкими к изменившимся условиям оказались представители коловраток (Brachionus), малощетинковых червей (Nematodes), моллюски. Из простейших организмов в планктоне по-прежнему присутствуют круглоресничные инфузории сувойки - Vorticella sp. Показательными организмами к изменившимся условиям водно-солевого режима являются Artemia sp, Diaptomus sp, ветвистоусые ракообразные.

Надо отметить, что Artemia sp была господствующей формой при солености воды от 150 до 50г/л, Diaptomus sp - от 50 до 30г/л (по данным

Шкловского О.А., Требухова Я.А. Отчет о детальной разведке Тамбуканского месторождения лечебной грязи на лицензионном участке в пределах Ставропольского края с целью подсчета эксплуатационных запасов по состоянию 01.08.2005г.), в настоящее время доминируют ветвистоусые ракообразные (*Daphnia* sp, *Diaphanosoma* sp.) - 25-20 г/л и ниже. Последние организмы являются представителями пресных водоемов, и выдерживают солевые концентрации рапы до 20-25 г/л. С 1994 года при солености рапы 26,8 г/л в единичных количествах стали встречаться личинки вторично-водных организмов *Chironomidae* [24], которые в настоящее время стали встречаться чаще. Они также являются представителями пресноводной фауны.

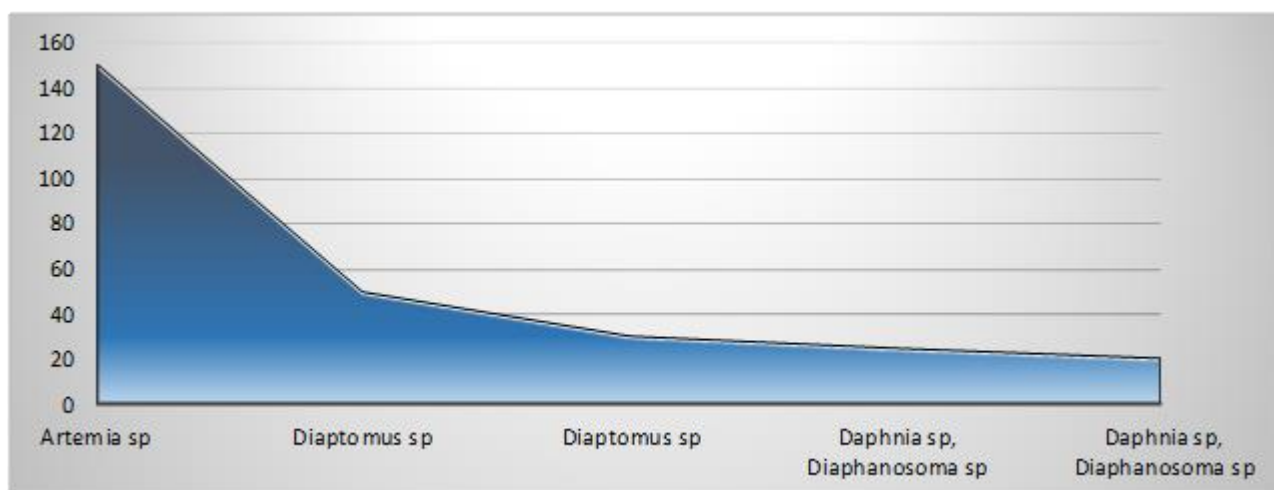


Рисунок 5 Доминирующие представители зоопланктона озера Тамбукан при разной величине минерализации рапы.

Анализируя данные о биоценозе озера Тамбукан с 1978 по 2018 гг [13] условно можно отметить 3 периода, связанных с изменениями минерализации рапы.

Первый период - 1978 г. - 1983г. - минерализация рапы 60-53г/л. Этот период характеризуется благоприятными условиями для развития биоценоза озера, способствующего активизации процесса илообразования. Фауна озера пополнилась новыми представителями первичноводных и вторичноводных организмов, относящимися к солелюбивым формам.

Второй период - 1984-1988г.г. характеризуется резким снижением минерализации рапы с 53 до 30г/л, резким повышением уровня воды до 304 см и увеличением водной массы озера. В этот период происходит смена организмов в соответствии с изменившимися условиями. Происходит исчезновение эвригаллиных и появление солелюбивых организмов.

Третий период - 1988 - 2018г.г. характеризуется плавным снижением минерализации рапы с 30 до 22-27г/л, но с продолжающимся увеличением уровня и объема воды в озере. Стабилизировался видовой состав гидробионтов за счет видов пресноводного происхождения. Увеличилась численность и биомасса организмов и значительно повысилась биологическая продуктивность водоема. Органического материала в озеро поступало очень много. Можно считать, что

это благоприятный период для формирования лечебной грязи. Но это может продолжаться лишь до тех пор, пока сохраняется соленость воды озера. Обычно с переходом в пресную воду организмы зоопланктона мельчают, теряют свою биомассу и уменьшается их численность.

Последние 25 лет минерализация рапы была на низком уровне. С понижением минерализации рапы коррелирует повышение уровня воды в озере, который поднялся к 2018 году до 640 см. В настоящее время минерализация рапы продолжает снижаться (до 20 г/л), а уровень воды в озере – повышаться. Это привело к тому, что озеро перешло из разряда гипергалинных в разряд солоноватоводных водоемов. В связи с этим встала проблема, что произойдет с лечебной грязью, если будет продолжаться снижение солености озера и не приведет ли это к необратимому процессу ухудшения качества пелоида и изменению процессов формирования лечебной грязи.

### **2.3 Причины и возможные последствия изменения гидрохимического режима.**

На наш взгляд, основная причина распреснения озера связана с его водным питанием. Водное питание озера складывается из атмосферных осадков (70%), поверхностного стока (24%) и грунтового стока (6%) [11]. Озеро бессточное, расход воды идет только на испарение. Уровень воды в озере нестабильный, до 70-х годов прошлого века озеро находилось под угрозой высыхания, минимальный уровень составлял 41см от нулевой отметки водомерного поста, с 1984г уровень рапы постоянно растёт.

Основным источником поступления солей в озеро является грунтовый сток (56,6%), меньшее значение имеет поверхностный сток (37,6%) и атмосферные осадки (5,8%)[16].

Длительный период превышения испарения над атмосферными осадками и прекращение подачи загрязненной воды в озеро из р.Этоки способствовало принятию в 50-х годах XX века решения по усилению бокового притока вод с помощью облесения водосбора озера Тамбукан. Решение по залесению водосбора в целях увеличения приходной статьи водного баланса основывалось на работах ряда авторов (В.В. Рахманов, 1951, А.П. Бочков, 1954 и др.), показывающих увеличения водности рек под влиянием лесистости бассейнов. Позже С.А. Братцев (1979) показал на обратную связь объема стока рек с продуктивностью древостоев. По В.Е. Водогрецкому (1979) в лесостепной и степной зонах полный речной сток под влиянием агролесомелиоративных мероприятий уменьшается, а лесные полосы сокращают на 3-4% суммарное испарение на защищаемых ими полях.

Вокруг оз. Тамбукан были созданы лесные насаждения на площади 542 га, покрытая лесом территория составляет 442,1 га, на которой возраст древостоя на 2018 год варьирует в пределах 44-55 лет [13]. Важной статьей водного баланса является перехват (задержание) атмосферных осадков кронами деревьев в лесных насаждениях и в степных фитоценозах. Для этих целей

подобрано дубово-кленовое насаждение на восточном склоне г. Столовой (кв. 24, выдел 5). Существенную роль в водном балансе озера Тамбукан имеет изменение лесом водопроницаемости почв.

Необходимо отметить, что почва с поверхности в лесу быстрее поглощает воду, чем почва на залежи, в посевах райграсса, кукурузы и на лугу. Относительный водоупор залегает здесь глубже (до 60 см) и из-за распространения корней несколько лучше фильтрует воду в почвоподстилающие породы. Кроме того, хорошие физические свойства верхних горизонтов почв в лесу создают условия для образования дренажного стока взамен поверхностного, характерного для задернованных лугов и сельхозугодий. Использование площадей под сельхозугодья приводит к кольматажу почвенных пор в подпахотных горизонтах и образованию верховодки, а иногда (в пониженных частях бассейна) и заболачиванию площадей.

Определение водопроницаемости почвы было проведено нами летом 2020 г. Под водопроницаемостью понимается способность почвы впитывать воду, проводить ее по горизонтам почвы и фильтровать. Определение средней условной скорости фильтрации проводилось в школьной лаборатории по методике «Оценка водопроницаемости почвы по Н. А. Качинскому» . Полученные данные представлены в таблице 7

Таблица 7 Определение средней условной скорости фильтрации

Почва	Средняя глубина промачивания	Время промачивания	Средняя скорость фильтрации, мм/мин
Лес	4,1 см	10 мин	4,1
Луг	1,8 см	10 мин	1,8
Посевы сельхоз. культур	1,4 см	10 мин	1,4

Средняя условная скорость фильтрации с поверхности почвы составила (мм/мин): в лесу – 4,1; на лугу – 1,8; в посевах сельскохозяйственных культур – 1,4. [ 12]

Искусственные лесные насаждения изменили «рельеф» для воздушных потоков и создали условия для увеличения водопроницаемости почвы в лесных насаждениях, снижения или исключения поверхностного стока при осадках и блокировали органику. Все это позволяет негативно рассматривать влияние лесонасаждений на водно-солевой баланс озера.

Тамбуканское озеро представляет собой континентальный бессточный водоем, где в течение длительного периода формировалась лечебная иловая сульфидная грязь. Образование ее происходило за счет автохтонного и

аллохтонного материала, т.е. в результате отложения на дне продуктов разрушения глинистых фракций и остатков отмерших растительных и животных организмов толщи воды, составляющих органическое вещество для жизнедеятельности микроорганизмов. В результате размножения и роста гидробионтов происходило непрерывное новообразование биомассы, составляющей биологическую продуктивность водоема.

Озеро Тамбукан за период своего существования претерпевало огромные колебания водно-солевого режима. Возникает вопрос, каковы же должны быть оптимальные условия в водоеме, где формируется лечебная грязь?

При высокой минерализации рапы 70-80г/л будут заторможены процессы образования аутохтонного органического материала и биохимические процессы формирования лечебной грязи. При минерализации рапы 60-50-40 г/л создаются благоприятные условия для формирования лечебной грязи, но при этом биологическая продуктивность водоема ниже, чем при более низкой минерализации - 30-23 г/л, но остается то преимущество, что залежь лечебной грязи не потеряет терапевтически важное свойство - ее соленость.

При более низкой минерализации 30-25 в озере создаются благоприятные условия для формирования лечебной грязи, характеризующиеся высокой биологической продуктивностью, но при этом залежь лечебной грязи в результате выщелачивания солей из грязевого раствора, теряет соленость и Тамбуканская высокоминерализованная лечебная сульфидная грязь станет среднеминерализованной лечебной грязью другого типа, например «Старорусского» типа с минерализацией 20г/л.

В связи с вышесказанным, мы придерживаемся мнения, что оптимальная минерализацией рапы для формирования лечебной грязи в озере Тамбукан, должна находиться в пределах 60-50-40 г/л. Оптимальным уровнем воды в озере для процессов формирования лечебной грязи следует считать 2-3 м над условным нулем водомерной рейки. Такой объем воды в озере будет обеспечивать достаточный приток органического материала для процессов новообразования лечебной грязи.

Самым неблагоприятным периодом для формирования лечебной грязи является период с низкой минерализацией рапы - 20- 30 г/л [8,10 ] При этих режимах минерализации создаются благоприятные условия для развития серобактерий, гнилостных и аммонифицирующих микроорганизмов, биохимическая деятельность которых приводит к изменению качества лечебной грязи, в частности, по органолептическим показателям, Кроме того, низкие концентрации солей в рапе и грунте могут отразиться на санитарном состоянии самого озера. Известно, что многие санитарные - показательные микроорганизмы очень чувствительны к наличию хлористого натрия в растворе. Например, раствор NaCl до 20г/л ослабляет развитие кишечной палочки, а 60-80 г/л полностью подавляет ее развитие. Благоприятным режимом для формирования лечебной грязи на озере является минерализация рапы 40-60 г/л, но наиболее благоприятной - 50 г/л, при которой активно развиваются сульфатредуцирующие микроорганизмы. Снижение минерализации рапы ниже 40 г/л и повышение ее выше 60 г/л вызывают

существенные изменения в экосистеме водоема и влияют на качество лечебной грязи. Такие же концентрации солей (40-60 г/л) для грязеобразовательных процессов рекомендовались ранее многими исследователями: Н.Н. Славяновым, И.А. Валединским и И.А.Свешниковой - в 1920-1925 гг.; О.Ю. Волковой - 1949 г.; А.Д. Ташинской - в 1965-67 г.г.

Уровень воды в озере должен соответствовать 2-3 м над условным нулем водомерной рейки, который будет способствовать благоприятному развитию гидробионтов в озере, способствующих пополнению органическим материалом донных отложений и развитию биохимических процессов в грунте.

#### **2.4 Альтернативные варианты повышения минерализации рапы озера и оценка их экономической эффективности**

Санатории КМВ в год посещают примерно 800 тысяч человек. Практически во всех санаториях предлагается грязелечение. Наряду с минеральными водами лечебные грязи озера Тамбукан – визитная карточка региона Касказских Минеральных Вод. По подсчетам специалистов «Кавминкурортресурсы» балансовых запасов месторождения при нынешней потребности санаториев примерно 2000 м<sup>3</sup> в год, хватит на 50 лет. В связи с интенсивным ростом уровня воды и как следствие, распреснением озера возникает угроза качеству пелоида. Рост уровня воды может остановить только вмешательство человека.

Часть воды можно отвести в озеро Малый Тамбукан, однако оно невелико, и это в полной мере не решит проблему. Более эффективным является строительство ливнеотводящих каналов по западному берегу озера Большой Тамбукан. Слабое место данного решения в том, что тогда озеро лишится поступающих с водой солей, необходимых для поддержания экосистемы. Альтернативным вариантом может стать установка на берегу машин, опресняющих морскую воду, они сохранят озеру соль, а переработанную ими воду можно сбрасывать в реку Этоку. А также можно предложить не вмешиваться в процесс распреснения озера Тамбукан, рассчитывая на то, что данный процесс обратим и минерализация со временем восстановится. При этом повысить рыночную стоимость лечебной грязи, руководствуясь тем, что это вызовет падение спроса и ресурса хватит на более длительный срок.

*Необходимые данные для расчета экономической эффективности:*

Срок эксплуатации месторождения (использование балансовых запасов) 50 лет  
Суммарная годовая потребность в грязи курортов КМВ 2000 м<sup>3</sup> или 2,86\*10<sup>6</sup>кг.  
Среднерыночная стоимость 1 кг (оптовая продажа санаториям) – 100 р за 1 кг.  
Сумма реализации лечебной грязи за год – 28,6 млн руб  
Ежегодные расходы на эксплуатацию месторождения – 10 млн руб  
Чистая прибыль предприятия за год – 18,6 млн руб

Расчет экономической эффективности предложенных мероприятий представлен в таблице 8

Таблица 8 Расчет экономической эффективности вариантов повышения минерализации озера Тамбукан.

Варианты повышения минерализации озера Тамбукан.	Экономическая эффективность
<b>1. Отведение части воды в оз Малый Тамбукан</b>	
Примерная стоимость проекта, млн. руб <sup>*</sup>	10 млн р
Срок окупаемости	Менее 1 года
<b>2. Строительство ливнеотводящих каналов по западному берегу озера Большой Тамбукан</b>	
Примерная стоимость проекта, млн. руб <sup>*</sup>	100 млн р
Срок окупаемости	6 лет
<b>3. Установка на берегу машин, опресняющих воду по принципу мембранного обессоливания (фильтрование при обратном осмосе) и последующий сброс воды в Этоку</b>	
Примерная стоимость проекта, млн. руб <sup>*</sup>	100 млн р
Срок окупаемости	6 лет
<b>4. Применение опреснителей на плавучих устройствах и использование пресной воды на водоснабжение ближайшего поселка (при условии дополнительной очистки)</b>	
Примерная стоимость проекта, млн. руб <sup>*</sup>	70 млн р
Срок окупаемости	5 лет
<b>5. Искусственное внесение солей в озеро (требуется тщательный предварительный расчет)</b>	
Примерная стоимость проекта, млн. руб <sup>*</sup>	10 млн р
Срок окупаемости	1 год
<b>6. Не вмешиваться в процесс распреснения озера. При этом повысить рыночную стоимость лечебной грязи</b>	
Примерная стоимость проекта, млн. руб <sup>*</sup>	0 млн р
Срок окупаемости	-

## Выводы

1. За последние 15-20 лет как в экосистеме озера, так и в самой лечебной грязи произошли существенные изменения, касающиеся биохимических процессов формирования лечебной грязи и изменения физико-химических показателей рапы и грязевой залежи. Проходит процесс рапреснения рапы и грязевой залежи путём выщелачивания солей из донных отложений в толщу воды. Эти изменения могут отразиться на качестве лечебного действия грязи, что, возможно, служит началом её деградации. Однако лечебная грязь Тамбуканского озера в настоящее время сохранила лечебное действие, подтверждающееся своей бактерицидной активности по отношению к условно-патогенной и патогенной микрофлоре [5]. Залежь лечебной грязи на озере по санитарно-бактериологическим показателям соответствует требуемым нормативам [2,3].

2. Снижение минерализации рапы до 20г/л вызвало усиление образования продукции органических веществ за счёт развития в толще воды организмов пресноводного происхождения и усиления аэробных процессов их деструкции за счёт развития в преобладающих количествах аэробных форм микроорганизмов над анаэробными.

3. Снижение минерализации рапы вызвало коренные изменения экологии водоема. Озеро из разряда гипергалинных перешло в солоноватоводный разряд. И если опреснение будет продолжаться в таком же темпе, то через 15 - 20 лет оно станет пресноводным. А в пресноводных водоемах обычно развит широкий видовой состав гидрофауны, но биомасса их невысокая и грунты не будут обогащаться органическим материалом. Таким образом, в случае окончательного опреснения озера процессы формирования новых запасов лечебной грязи будут заторможены или совсем приостановлены. Процессы деструкции органического материала будут преобладать над его образованием в аэробных условиях. Создадутся трудности для поддержания санитарной чистоты водоема. Для поддержания процесса формирования лечебной грязи на озере Тамбукан и сохранения ее лечебных свойств необходимо создать оптимальные экологические условия, такие как оптимальная минерализация рапы, постоянный уровень воды в водоеме, сохранение анаэробных условий деструкции органических веществ. Оптимальным режимом минерализации рапы следует считать 40 - 60 г/л, снижение и повышение этих пределов считается критическим. Уровень воды в водоёме при этом должен соответствовать 2 - 3 м над условным нулём водомерной рейки

4. Альтернативные варианты решения экологической проблемы :

- Отведение части воды в оз Малый Тамбукан ;
- Строительство ливнеотводящих каналов по западному берегу озера Большой Тамбукан;
- Установка на берегу машин, опресняющих воду по принципу мембранного обессоливания (фильтрование при обратном осмосе) и последующий сброс воды в Этоку;

- Применение опреснителей на плавучих устройствах и использование пресной воды на водоснабжение ближайшего поселка (при условии дополнительной очистки);
- Искусственное внесение солей в озеро.

### **Заключение**

Озеро Тамбукан насыщают водой атмосферные осадки, выпадающие в него ручьи и грунтовые воды, а уходит вода из озера только через испарение. При многовековом испарении происходит концентрация растворенных в воде солей и превращение воды озера в рассол, в так называемую «рапу». Солевой состав рапы играет важнейшую роль в образовании лечебной грязи. Как показывают многолетние наблюдения, до начала 30-х годов XX века озеро пересыхало, и содержание солей в нем достигало 60-70 грамм на литр. Проведенные в то время работы по увеличению стока воды в озеро позволили стабилизировать ситуацию. С середины 70-х годов начался резкий рост уровня воды, вызвавший уменьшение минерализации, которая к нашему времени снизилась до 20 г/л. За несколько десятков лет объем воды в озере увеличился в два раза.

Одним из важнейших условий формирования лечебной грязи в Тамбукане является жизнедеятельность микроорганизмов, которые обитают в очень соленой воде. Распреснение озера привело к тому, что их начали заменять другие виды организмов, в том числе пресноводные. Столь сильное изменение биологических процессов и условий, в которых формируется лечебная грязь, непременно повлияет на ее состав и терапевтические свойства. Для того чтобы сохранить Тамбуканскую лечебную грязь в неизменном виде, необходимо поддерживать минерализацию воды на уровне 40-60 г/л, но как остановить опреснение озера? Кто ответственен за решение этой проблемы, которая может привести к тому, что мы потеряем ценнейший лечебный ресурс?

Дополнительная сложность спасения водоема связана с тем, что озеро является федеральной собственностью и расположено на границе двух регионов – Ставропольского края и Кабардино-Балкарской республики, которым возможно придется сообща спасать водоем. Скорее всего, решение проблемы находится в компетенции Министерства природных ресурсов РФ, а его исполнителем могут быть Роснедра. Возможно, за это дело сможет взяться Минэкономразвития Ставропольского края. В любом случае я считаю, что нужно действовать по всем направлениям: привлекать к обсуждению проблемы представителей общественности и средства массовой информации.

## Литература

1. Л. С. Михеева и Я. А. Требухов Рекомендации по изучению месторождений лечебных грязей. М: Министерство здравоохранения СССР Научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии.-1975
2. Л. А. Лаптева. Влияние условий эксплуатации лечебных грязей на сроки их регенерации. Научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии. М:1984
3. А. Д. Ташинская. Анаэробная микрофлора свежей и отработанной лечебной грязи.-В кн.: Тамбуканское озеро и его лечебная грязь. Ставрополь, 1954.
4. Яроцкий Л. А., Гаврилов Н. А. озерно-грязевое хозяйство и бальнеологические устройства по использованию лечебных грязей.-В кн.: Основы курортологии. Т. 1, М.,1956.
5. Волкова О. Ю. антимикробные свойства лечебных грязей и их биологическое происхождение. Автореф. док. дисс. Пятигорск, 1952.
6. Августинский В.Л. Володкевич И.И.,ШинкоренкоА.Л., Волкова О.Ю. Тамбуканское озеро и его лечебная грязь. Ставрополь. 1954.
7. Михеева Л.С., Требухов Я.А. Рекомендации по изучению месторождений лечебных грязей, Тр.ЦНИИКиФ, М, 1975
8. Анисимова О.В. Краткий определитель родов водорослей: Учеб. пособие / О.В. Анисимова, М.А. Гололобова // Флора западного Подмосковья / (ред. В.М. Гаврилов). – М., 2006. – 159с.
9. Балашова Н.Б. Летняя Практика по альгологии и микологии в СанктПетербургском университете: Учеб. пособие / Н.Б. Балашова, А.В. Тобиас, Д.Е. Гимельбрант. – СПб.: СПбУ, 2005. – 236с.
10. Барсукова Т.Н. Малый практикум по ботанике. Водоросли и грибы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Т.Н. Барсукова, Г.А. Белякова, В.П. Прохоров, К.Л. Тарасов. – М.: Академия, 2005. – 240с.
- 11.Белякова Г.А. Ботаника: в 4 т. Т.1. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. – М.: Академия, 2006. – 320с
- 12.Положение об округах санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов федерального значения, М, 1996
- 13.Правила разработки и охраны месторождений минеральных вод и лечебных грязей, Госгортехнадзор России, М., 2003
- 14.Отчет по Геолого-гидрогеологическим работам на Тамбуканских озерах, контора «Геоминвод» СКГП, М.,1965
- 15.Комплексное изучение Тамбуканского озера. Фонды НИИК г. Пятигорск, 1966
- 16.Характеристика гидробиологического режима формирования лечебной грязи на озере Тамбукан Курортные ресурсы Северного Кавказа, Пятигорск, 1984,
- 17.Шкловский О.А., Требухов Я.А. Отчет о детальной разведке Тамбуканского месторождения лечебной грязи на лицензионном участке

- в пределах Ставропольского края с целью подсчета эксплуатационных запасов по состоянию 01.08.2005г.
18. «Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений» (1990)
  19. Августинский В.Л., Шинкаренко А.Л., Пахомов С.И., Волкова О.Ю. Комплексное изучение Тамбуканского озера. Отчет. Гос. Бальнеологич. Института. - Пятигорск, 1949 г.
  20. Алексеев С.В., Груздев Н.В., Грушина Э.В. Экологический практикум школьника. – М., 2005.
  21. Казанкин А. П., Флоринский О. С. О гидрологическом режиме озера Большой Тамбукан // Водные ресурсы, 2007, том 34, № 2, с.150–157 2. Флоринский О. С., Носов А. К. Уникальным национальным природным богатствам КМВ необходима действенная государственная защита. // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования» № 4 (7), 2012, с. 74–77
  22. Ефимов П.Г. Альгология и микология: учебное пособие / П.Г. Ефимов. – М.: КМК, 2011.
  23. Флоринский О. С. Информационные технологии в сохранении и восстановлении экосистем региона КМВ // Молодой ученый. — 2014. — №3. — С. 88-91. — URL <https://moluch.ru/archive/62/9305/> (дата обращения: 10.02.2019).
  24. Программные продукты для флористического анализа альгофлоры (Statistica, Snedecor, Graphs)



Карта - схема озера Тамбукан



Ситуационная карта оз. Тамбукан



Рисунок 2 Озеро Тамбукан



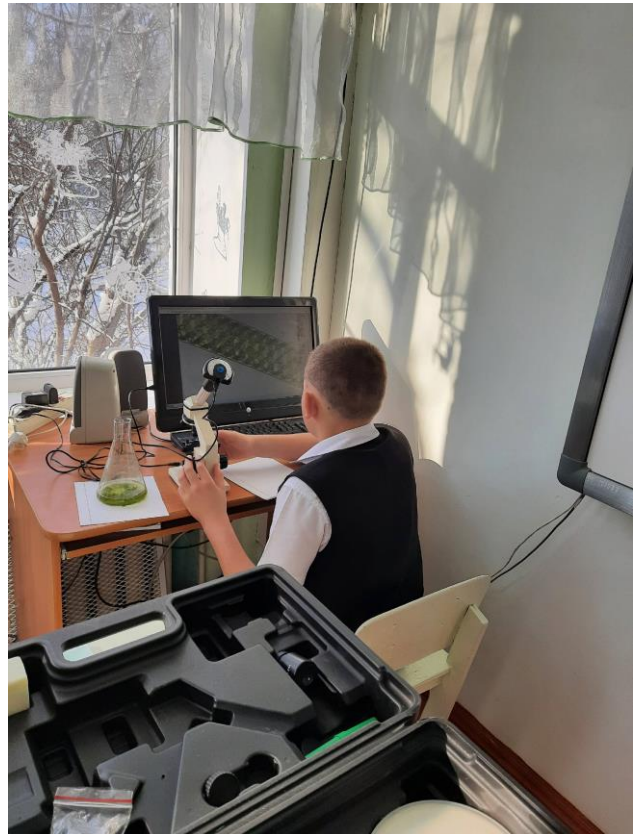
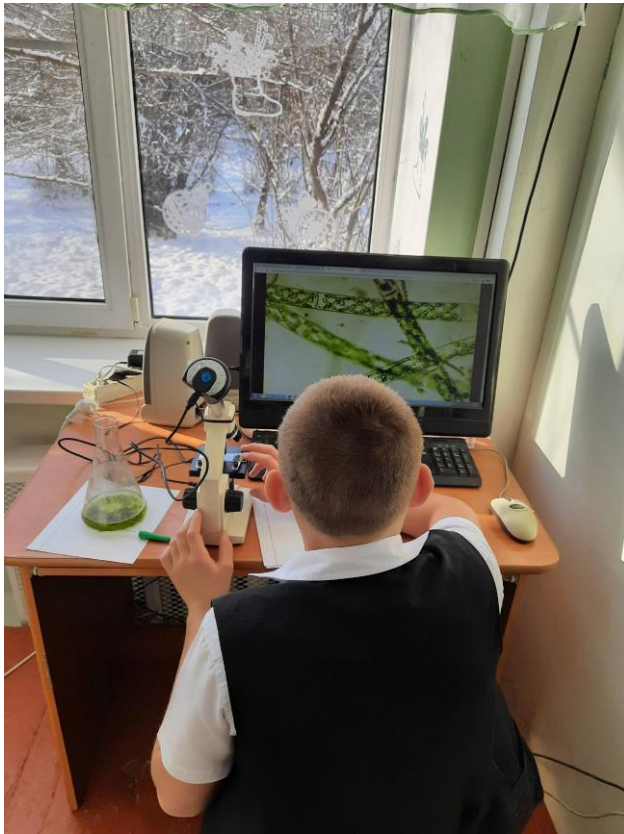
Рисунки 3-4 Химический анализ воды оз. Тамбукан (титрование)



Рисунки 5-6 Химический анализ воды оз. Тамбукан (потенциметрическое определение pH и определение концентрации ионов на ФЭК)



Рисунки 7-8 Работа в лаборатории санитарно-эпидемиологической станции определение сухого остатка и минерализации.



Рисунки 9-10 Анализ родового разнообразия водорослей



Рисунок 11 Разнообразие водорослей



Рисунок 12 Разнообразие зооценоза



Рисунок 13 Озеро Тамбукан подмывает трассу



Рисунок 14 Озеро Тамбукан в летний день