

УДК 556.55(285.2)(571.56-25)

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ОЗЕР Г. ЯКУТСКА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Руфова А.А.¹, Ксенофонтова М.И.²

¹ГБУ «Академия наук Республики Саха (Якутия)», Якутск, Россия (677007, Якутск, пр.Ленина, 33), e-mail: alenaruf@inbox.ru.

²Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера ФГАУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск, Россия (677007, Якутск, пр.Ленина, 43), e-mail: ksemaria@mail.ru

В настоящее время существует множество классификаций, устанавливающих происхождение озерных котловин, закономерности их строения и характер протекающих в них гидрохимических и гидробиологических процессов. На основании изучения классификаций озер разработана модель эколого-географического анализа факторов, влияющих на формирование озер г. Якутска. Модель состоит из трех подсистем: озерные экосистемы, водные экосистемы и экологическое состояние вод. В озерные экосистемы входят: морфогенетические, морфометрические и гидрологические классификации. Водные экосистемы подразделяются на гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические классификации. Экологическое состояние вод представлено классификацией качества вод и трофическим статусом. На основе предлагаемой модели создана классификационная матрица озер г. Якутска, что позволило получить целостную картину эколого-географических факторов, обуславливающих формирование озер г. Якутска РС (Я).

Ключевые слова: эколого-географические факторы, формирование озер, классификация озер, город Якутск, модель, озерные экосистемы, водные экосистемы, экологическое состояние вод, классификационная матрица.

EKOLOGO-GEOGRAFICHESKIE THE FACTORS INFLUENCING FORMATION OF LAKES OF G. OF YAKUTSK

Rufova A.A.¹, Ksenofontova M.I.²

¹GBU "Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia)", Yakutsk, Russia (677007, Yakutsk, Lenin Ave., 33), e-mail: alenaruf@inbox.ru.

²Research Institute of Applied Ecology of the North FGAU VPO "North-Eastern Federal University of M. K. Ammosov", Yakutsk, Russia (677007, Yakutsk, Lenin Ave., 43), e-mail: ksemaria@mail.ru

Now there is a set of the classifications establishing an origin of lake hollows, regularities of their structure and nature of the hydrochemical and hydrobiological processes proceeding in them. On the basis of studying of classifications of lakes the model of the ekologo-geographical analysis of the factors influencing formation of lakes Yakutsk city. The model consists of three subsystems: lake ecosystems, water ecosystems and ecological condition of waters. Enter lake ecosystems: morphogenetic, morphometric and hydrological classifications. Water ecosystems are subdivided into hydrophysical, hydrochemical and hydrobiological classifications. The ecological condition of waters is presented by classification of quality of waters and the trophic status. On the basis of the offered model the classification matrix of lakes of Yakutsk that allowed to receive a complete picture of the ekologo-geographical factors causing formation of lakes of Yakutsk of RS (Ya) is created.

Keywords: ekologo-geographical factors, formation of lakes, classification of lakes, city of Yakutsk, model, lake ecosystems, water ecosystems, ecological condition of waters, classification matrix.

Классификация и типология озер является актуальной теоретической проблемой лимнологии. С начала XX века изучаются экосистемы водоемов и делаются попытки сгруппировать озера на типы и группы, классы и подклассы в зависимости от их сходства или различия. В настоящее время существует множество классификаций, устанавливающих происхождение озерных котловин, закономерности их строения и характер протекающих в них гидрохимических и гидробиологических процессов.

Детальное изучение водоемов г. Якутска начинается с конца 70-х годов и проводится многими контролирующими и научными организациями РС (Я). В основном ведутся работы по исследованию гидрологического, гидрохимического и гидробиологического состава озерных вод г. Якутска. Однако работы по систематизации всех существующих данных и анализа эколого-географических факторов формирования водоемов г. Якутска не проводятся.

Целью данной работы является разработка модели эколого-географического анализа факторов, обуславливающих формирование водоемов г. Якутска на основе общепринятых и общеизвестных классификаций озер. При разработке модели, охвачен каждый природный компонент, который в той или иной степени влияет на формирование озерной системы.

Основная **задача** данной работы состоит в обобщении существующих классификаций и разработке рекомендаций по выработке подходов к классификации озер г. Якутска, как единого природного комплекса, исходя из основных особенностей природных условий на исследуемой территории.

Материалы и методы. Материалом исследования послужили городские озера, расположенные на территории г. Якутска Республики Саха (Якутия). Это пять крупных озер – Белое, Хатынг-Юрях, Ытык-Кюель, Сергелях и Сайсары. Оценка водоемов г. Якутска проведена с использованием общеизвестных классификаций. Все химико-аналитические работы проведены в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ (аттестат аккредитации РОСС.RU.0001.517741) с помощью методов потенциометрии, титриметрии, фотометрии, капиллярного электрофореза, атомной абсорбции и флуориметрии. Для полноты проведения классификации использованы результаты гидробиологических исследований озер г. Якутска по материалам к.б.н. Т.А. Саловой (н.с. ИБПК СО РАН) и А.В. Татариновой (аспирант СВФУ им. М.К. Аммосова).

Результаты и обсуждение. Модель состоит из трех подсистем: озерные экосистемы, водные экосистемы и экологическое состояние вод (рис. 1) [10].

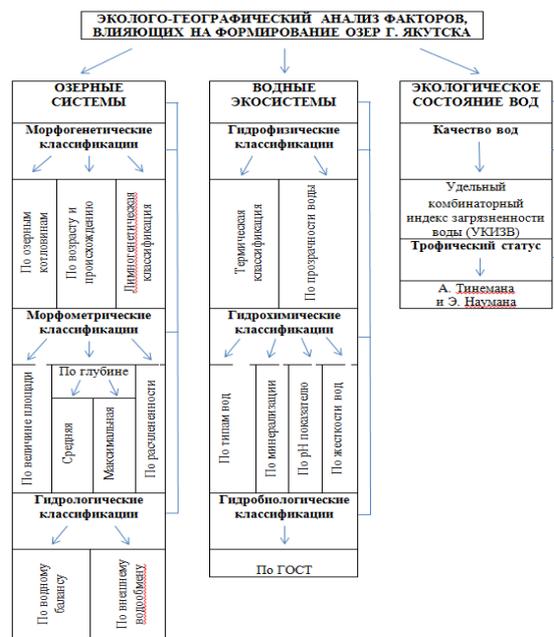


Рис. 1. Модель эколого-географического анализа факторов, обуславливающих формирование озер г. Якутска

Озерные экосистемы в свою очередь делятся на морфогенетические, морфометрические и гидрологические классификации.

Морфогенетические классификации. М.А. Первухин считает, что тип озера является функцией истории развития его в определенных физико-географических условиях, а не только результата генезиса котловины. Также, что морфология озера только на ранних стадиях развития полностью определяется происхождением. По мере эволюции озер различия между генетическими типами могут затушевываться. В соответствии с классификацией М.В. Первухина озерные котловины подразделяются на 8 классов и 2 подкласса [7]. Котловины озер г. Якутска относятся к ледниковому классу гидрогенному подклассу. Озера, относящиеся к ледниково-гидрогенному классу, образуются в результате эрозионной и аккумулятивной деятельности речных или морских долин. В данной ситуации озера г. Якутска образовались в результате русловых процессов р. Лена.

Д.Д. Квасов отмечал, что возникновение озерных котловин произошло в различное время, и предложил классификацию, основанную на их возрасте и происхождении. Всего им выделено 5 классов и 24 типа озер [5]. По данной классификации озера г. Якутска относятся к 5 классу 21 типу, то есть к озерам, которые продолжают возникать в настоящее время (озера речных долин и дельт).

Согласно лимногенетической классификации, разработанной в Лаборатории озероведения Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова выделено 14 типов, 29 подтипов, 64 вида и целый ряд подвидов и разновидностей озер [8]. Озера г. Якутска относятся к речным озерам (старицы). Это отчленившиеся от рек протоки, в настоящее время

существующие на возвышенных островах, в поймах и на террасах больших рек в виде стоячих озерных водоемов. Отчленившиеся от малых рек меандры известны как подкововидные старицы.

Морфометрические классификации. В 1948 г. П.В. Иванов предложил классификацию озер мира по величинам площадей их водной поверхности, расположив классы водоемов в геометрической прогрессии со знаменателем, равным 10: озерики (площадь зеркала равна $0,001-0,01 \text{ км}^2$ и $0,02-0,1 \text{ км}^2$), очень малые ($0,1-1,0 \text{ км}^2$), малые ($1,0-10 \text{ км}^2$), средние ($10,1-100 \text{ км}^2$), большие ($100,1-1000 \text{ км}^2$), очень большие ($1000,1-10000 \text{ км}^2$) и великие озера мира ($10000,0-100000 \text{ км}^2$) [4]. Озера г. Якутска по данной классификации относятся к очень малым (Белое, Хатынг-Юрях, Сергелях и Сайсары) и среднему (Ытык-Кюель) классу. По величине площади самым крупным озером г. Якутска является Ытык-Кюель, площадь зеркала составляет $0,89 \text{ км}^2$.

Классификация по средней и максимальной глубине приводится в монографии «Экологические основы биопродуктивности озер различных природных зон» С.П. Китаева [6]. Из табл. 1 следует, что озера г. Якутска по средней глубине относятся к очень малым и малым. По максимальной глубине к очень малым, малым и средним.

Таблица 1

Классификация по средней и максимальной глубине
(по Китаеву С.П., 1984)

| Средняя глубина | Показатели, м | Озера г. Якутска | Максимальная глубина | Показатели, м | Озера г. Якутска |
|-----------------|---------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------------------|
| очень малые | меньше 2 | Ытык-Кюель, Хатынг-Юрях, Сергелях | с очень малой | меньше 3,12 | Ытык-Кюель, Хатынг-Юрях, Сергелях |
| малые | 2-4 | Белое, Сайсары | с малой | 3,12-6,25 | Сайсары |
| средние | 4-8 | - | со средней | 6,25-12,5 | Сергелях |
| большие | 8-16 | - | с повышенной | 12,5-25 | - |
| очень большие | больше 16 | - | с большой | 25-50 | - |
| | | | с очень большой | более 50 | - |

По расчлененности берегов озера обычно делят на [9]: сильно расчлененные (Сергелях), слабо расчлененные (Белое, Сайсары) и мало расчлененные (Хатынг-Юрях, Ытык-Кюель).

Гидрологические классификации. Б.Б. Богословского разработал классификацию озер по водному балансу, основанную на процентном соотношении составляющих баланса. Он выделил две большие группы озер:

- Бессточные озера не имеют ни поверхностного, ни подземного стока и теряют воду практически только на испарение.
- Сточные озера потери воды происходит, помимо испарения, путем поверхностного или подземного стока.

Б.Б. Богословский также разработал фундаментальную классификацию континентальных водоемов по внешнему водообмену. Создание такой классификации стало возможным, поскольку в процессе обмена вод и транспортируемых ими веществ водные объекты

объединяются в общую систему. При этом каждому виду водоемов свойственен определенный характер и интенсивность водообмена. В связи с этим водообмен может быть положен в основу единой классификации водных объектов. В соответствии с этой классификацией выделено два резко отличных друг от друга класса водных объектов: транзитные и аккумулятивные. По усредненным многолетним данным исследуемые озера относятся к аккумулятивным водоемам к третьему и четвертому подклассу (табл. 2) [2].

Таблица 2

Классификация континентальных водоемов по величине внешнего водообмена
(по Б.Б. Богословскому, 1960)

| Класс | Подкласс | Озера |
|--------------------------|----------|--|
| Транзитные | T1 | - |
| | T2 | - |
| Транзитно-аккумулятивные | TA | - |
| Аккумулятивно-транзитные | AT | - |
| Аккумулятивные | A1 | - |
| | A2 | - |
| | A3 | Ытык-Кюель |
| | A4 | Белое, Хатынг-Юрях, Сергелях и Сайсары |

Классификация характеристик **водных экосистем** делится на гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические классификации.

Гидрофизические классификации. В классификации, предложенной в 1892 г. Ф. Форелем, все озера мира были подразделены на три основных типа [3]:

- полярные, с температурой воды $t_{\min} < t_{\max} < 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- умеренные, с температурой воды $t_{\max} < 4 \text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\min}$;
- тропические, с температурой воды $t_{\max} > t_{\min} > 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

По термической классификации Ф. Фореля исследуемые озера относятся к умеренному типу.

Среди других гидрофизических классификационных признаков можно выделить такой показатель, как прозрачность воды. С.П. Китаев назвал отношение прозрачности по белому диску к средней глубине озера коэффициентом относительной прозрачности и в зависимости от его величины подразделил озера на пять типов: с очень низкой (менее 0,25), низкой (0,25-0,5), средней (0,5-1), высокой (1-2) и очень высокой (более 2) прозрачностью [6]. По данной классификации исследуемые озера относятся к среднему типу.

Гидрохимическая классификация вод О.А. Алекина основана на принципе деления вод по количественному соотношению между преобладающими катионами и анионами. В первую очередь по преобладающему аниону воды делятся на 3 класса: гидрокарбонатный и карбонатный, сульфатный, хлоридный. Каждый класс, в свою очередь, делится по преобладающему катиону на 3 группы: кальциевую, натриевую и магниевую, а каждая группа делится на 4 типа вод, определенных соотношением между ними. Озера г. Якутска

преимущественно относятся к гидрокарбонатно-натриевым и гидрокарбонатно-магниевым водам со слабощелочной и щелочной средой и умеренно-жесткой водой [1].

Гидробиологические классификации проведены по оценке степени загрязнения по показательным организмам и видовому разнообразию по системе Вудивиса. Индекс определяется по разработанной таблице, в которой группы организмов зообентоса расположены в порядке их исчезновения из биоценозов по мере увеличения загрязнения. Определив, таким образом, индекс Вудивиса, затем с помощью следующей таблицы нужно оценить качество воды исследуемого водоема, то есть озер по шести балльной шкале, принятой в Госгидромете [3].

В данном случае, исследуемые водоемы относятся к грязной – Сайсары, загрязненной – Белое, Сергелях и умеренно-загрязненной – Хатынг-Юрях, Ытык-Кюель. Таким образом, данное распределение можно объяснить тем, что озера расположенные в центре города относятся к классам грязных и загрязнённых, а периферийные озера к классу умеренно-загрязненных.

В классификации **экологического состояния вод** рассматривается качество вод и трофический статус.

Классификации качества вод. В последнее десятилетие в системе Росгидромета и других службах, широкое практическое применение получил удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (УКИЗВ). Представляет собой комплексный относительный показатель степени загрязнённости поверхностных вод. Он условно оценивает долю загрязняющего эффекта, вносимую в среднем одним из показателей качества воды, в общую загрязнённость воды, обусловленную одновременно присутствием ряда загрязняющих веществ. Данный метод комплексной оценки позволяет однозначно оценить загрязнённость воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, классифицировать воду по степени загрязнённости [3]. В результате полученные расчетные данные позволяют отнести исследуемые озера г. Якутска по УКИЗВ к третьему – загрязненному классу.

Классификации трофического статуса. В соответствии с классической классификацией А. Тинемана и Э. Наумана озера принято делить на олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные и дистрофные. К дистрофным озерам относятся неглубокие, бедные биогенными элементами водоемы с кислой средой и значительным содержанием гуминовых соединений. Эвтрофный тип, как правило, представлен неглубокими озерами с богатым минеральным питанием, с оптимальными условиями развития планктонных организмов. Олиготрофные озера – водоемы с холодной прозрачной водой и низкой продуктивностью. В современной гидрологии и гидроэкологии выделяют промежуточные уровни трофической

классификации: мезотрофные (между олиготрофными и эвтрофными) и гипертрофные[3]. В результате, озера г. Якутска относятся к мезотрофным озерам.

Заключение. Таким образом, в результате изучения классификаций озер получаем модель эколого-географического анализа факторов, влияющих на формирование озер г. Якутска (табл. 3). На основе предлагаемой модели создана классификационная матрица озер г. Якутска, что позволила получить целостную картину эколого-географических факторов, обуславливающих формирование озер г. Якутска.

Список литературы

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 295 с.
2. Богословский Б.Б. Озероведение. – М.: МГУ, 1960. – 335 с.
3. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1991 год. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1992. – 186 с.
4. Иванов Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара // Западное Всесоюзное географическое общество. – 1948. – Т. 1. 224 с.
5. Квасов Д.Д. Общие закономерности формирования и развития озер. – Л.: Наука, 1986. – 122 с.
6. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер различных природных зон. – М.: Наука, 1984. – 208 с.
7. Первухин М.А. О генетической классификации озерных ванн // Землеведение. – 1937. – Т. 39, № 6. – С. 526-537.
8. Реки и озера Якутии: краткий справочник / Отв. ред. В.И. Агеев. – Якутск: Бичик, 2007. – 136 с.
9. Самохин А.А. Практикум по гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 296 с.
10. Теоретические вопросы классификации озер / Отв. ред. Н.П. Смирнова. – СПб: Наука, 1993. – 156 с.

Рецензенты:

Нюкканов А.Н., д.б.н., профессор ФГБОУ ВПО «ЯГСХА», г. Якутск;

Николаева Н.А., к.г.н., с.н.с. ИФТПС СО РАН, г. Якутск.

Таблица 3

Классификационная матрица озер г. Якутска

| Классификации | | | Озера | | | | | |
|---|--|---|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | Белое | Ытык-Кюель | Хатынг-Юрях | Сергелях | Сайсары | |
| Классификация озерных систем | Морфогенетические | По озерным котловинам (Первухин, 1937) | Ледниково-гидрогенные | Ледниково-гидрогенные | Ледниково-гидрогенные | Ледниково-гидрогенные | Ледниково-гидрогенные | |
| | | По возрасту и происхождению (Квасов, 1986) | Современные озера | Современные озера | Современные озера | Современные озера | Современные озера | |
| | | Лимногенетическая классификация (Жирков, 2007) | Речные (старицы) | Речные (старицы) | Речные (старицы) | Речные (старицы) | Речные (старицы) | |
| | Морфометрические | По величине площади (Иванов, 1948) | Очень малые | Средние | Очень малые | Очень малые | Очень малые | |
| | | По глубине (Китаев, 1984) | Средняя | Малые | Очень малые | Очень малые | Очень малые | |
| | | | Максимальная | Средние | Очень малые | Очень малые | Очень малые | |
| | | По расчлененности берегов (Самохин, 1980) | Слабо расчлененные | Мало расчлененные | Мало расчлененные | Сильнорасчлененные | Слабо расчлененные | |
| | Гидрологические | По водному балансу (Богословский, 1980) | Сточное | Сточное | Сточное | Сточное | Сточное | |
| По внешнему водообмену (Богословский, 1980) | | Аккумулятивное | Аккумулятивное | Аккумулятивное | Аккумулятивное | Аккумулятивное | | |
| Классификация водных экосистем | Гидрофизические | Термическая классификация (Форель, 1892) | Умеренные | Умеренные | Умеренные | Умеренные | Умеренные | |
| | | По прозрачности воды (Китаев, 1984) | Средняя | Средняя | Средняя | Средняя | Средняя | |
| | Гидрохимические | По типам вод | Алекин, 1953 | Гидрокарбонатно-натриевые | Гидрокарбонатно-натриевые | Гидрокарбонатно-натриевые | Гидрокарбонатно-натриевые | Гидрокарбонатно-натриевые |
| | | | | Средне-минерализованные | Средне-минерализованные | Средне-минерализованные | Средне-минерализованные | Средне-минерализованные |
| | | | | Слабощелочная | Слабощелочная | Слабощелочная | Слабощелочная | Слабощелочная |
| | Умеренно-жесткая | | | Умеренно-жесткая | Умеренно-жесткая | Умеренно-жесткая | Умеренно-жесткая | |
| | По минерализации | | | | | | | |
| | По рН показателю | | | | | | | |
| | По жесткости воды | | | | | | | |
| Гидробиологические | По видовому разнообразию (по индексу Вудивиса) | Загрязненные | Умеренно-загрязненные | Умеренно-загрязненные | Загрязненные | Грязные | | |
| Экологическое состояние | Качество вод | Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) | Слабозагрязненные | Загрязненные | Загрязненные | Загрязненные | Загрязненные | |
| | Трофический статус | По Тинеману, 1977 | Мезотрофные | Мезотрофные | Мезотрофные | Мезотрофные | Мезотрофные | |