

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ КОТЛОВИН ОЗЕР Г.КАЗАНИ

© И.С.Шигапов, Н.М.Мингазова, А.Г.Мусин

Рассмотрены показатели морфологического строения котловин озер г.Казани и проведен их статистический анализ. Выявлено, что котловины большинства озер г.Казани мелководны, имеют параболический профиль и овальную форму в плане.

Ключевые слова: озеро, котловина, морфология, глубина, профиль.

Постановка проблемы

В настоящее время в связи с ухудшением качества пресных природных вод особую важность приобретает проблема рационального использования, охраны и восстановления ресурсов озера. При этом в условиях города малые озера приобретают большое рекреационное и средообразующее значение [1]. В ряде стран Европы и Америки учитываются с занесением в каталоги все озера, содержащие пресную воду, включая карликовые [2].

Озера являются расходно-накопительными системами и накопление вещества в озерах играет важную роль в эволюции озерных геосистем. Еще Верещагин Г.Ю. отмечал определяющую роль морфометрии и морфологии котловины озера в лимнических процессах. Развитием этого подхода к изучению внутриводоемных процессов в разное время также занимались Э.Хатчинсон, Б.Б.Богословский, Л.Л.Россолимо, И.Н.Сорокин, Д.В.Севастьянов и др. [3]. Рассматривалась зависимость физико-химических параметров воды озер г.Казани от морфометрических параметров [4]. В настоящее время проблема изучения морфологии котловин озер г.Казани приобретает особую актуальность в связи с необходимостью развития и совершенствования оценок взаимосвязи морфометрических и эко-лимнологических характеристик городских водоемов.

Материалы и методы

Исследования проводились путем анализа фондовых материалов лаборатории оптимизации водных экосистем (ЛОВЭ) факультета географии и экологии Казанского (Приволжского) федерального университета по инвентаризации водных объектов г.Казани. Объекты исследования – малые разнотипные озера г.Казани – всего 190 водоемов. В ходе исследования были изучены батиметрические схемы всех озер, построены продольные и поперечные профили, кривые площадей и объемов озер, рассчитаны соответствующие коэффициенты.

Обсуждение результатов

Особенности морфологии котловин озер г.Казани во многом объясняются их генезисом.

Однако они также могут служить и показателем степени антропогенного воздействия, т.к. немаловажное значение в формировании котловин городских водоемов Казани приобретает антропогенный фактор. Результаты статистического анализа морфологических показателей озер г.Казани приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты статистического анализа морфологических данных о котловинах озер г.Казани

Параметры озер	Среднее	Медиана	Мода	Макс. значение	Мин. значение
Показатель удлиненности	3,9	2,3	1,7	51,8	1,07
Показатель развития береговой линии	1,6	1,4	1,2	6,22	1,03
Максимальная глубина, м	2,1	1,5	1,1	18,6	0,2
Средняя глубина, м	0,9	0,7	0,7	7,0	0,1
Коэффициент открытости	28745,7	5075,5	4167,1	972180,0	227,3
Показатель емкости озерной котловины	0,44	0,46	0,52	0,89	0,44

Форма озера в плане характеризует сложность строения котловины. В ходе исследования нами были выделены разнообразные формы озер (рис.1), что свидетельствует о различном происхождении озер г.Казани. Так дугообразная форма оз.Шанхай (рис.1в) с направлением вершин озера в сторону р.Волги свидетельствует о её формировании путем отчленения одной из проток р.Волги. Большинство озер г.Казани имеют округлые и удлиненные очертания формы озерной котловины.

Показатель удлиненности озер определяется как отношение длины озера к средней ширине и характеризует вытянутость озерной котловины. Большинство из исследуемых озер имеет показатель удлиненности 1,00-2,00 – 86 озер (45,3%) и по форме очертаний водной поверхности близки

к кругу или овалу (табл.2). 49 озер (25,8%) имеют показатель удлинённости 2,00-3,00. Показатель удлинённости 3,00-4,00 имеют 18 озер (9,5%). В промежутке 4,00-10,00 находятся пока-

затели удлинённости 27 озер (14,2%). Всего 10 озер (5,3%) имеют показатель удлинённости свыше 10,00 (наибольшие показатели у протоки Булак – 51,75 и оз.Подувалье – 31,34).

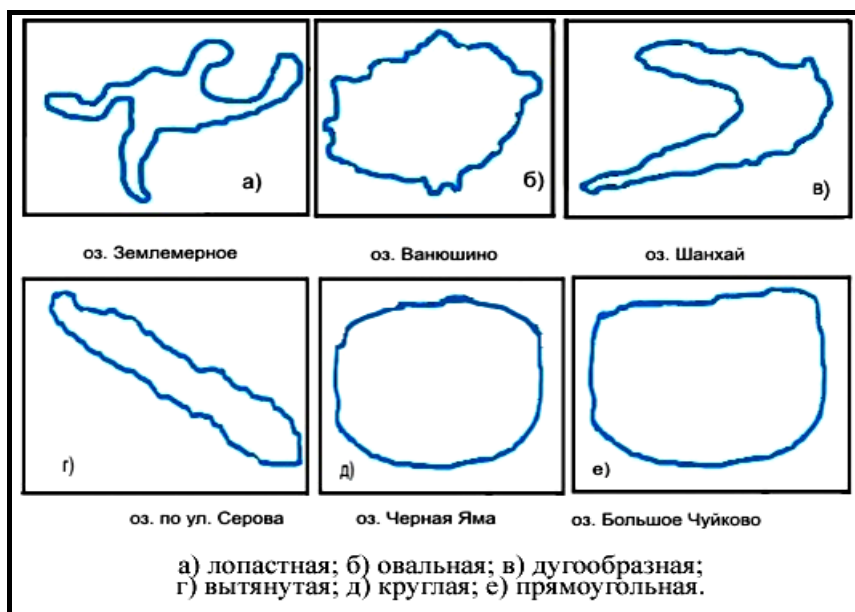


Рис.1. Формы в плане некоторых озер г.Казани.

Таблица 2.
Распределение озер г.Казани по показателю удлинённости

Показатель удлинённости	Количество озер	
	Всего	% от общего числа
1,00-2,00	86	45,3
2,00-3,00	49	25,8
3,00-4,00	18	9,5
4,00-5,00	7	3,7
5,00-6,00	6	3,2
6,00-7,00	6	3,2
7,00-8,00	3	1,6
8,00-9,00	3	1,6
9,00-10,00	2	1,1
Свыше 10,00	10	5,3
Всего	190	100

Среднее значение показателя удлинённости котловины – 3,9, медиана – 2,3, мода – 1,7. Пойменные и искусственные водоемы в основном имеют овальную и овально удлинённую форму (показатель удлинённости 2,00-5,00). Например, показатель удлинённости оз.Майданное составляет 3,26. Округлую форму в основном имеют суффузионные (оз. по ул.Чишмяле), суффузионно-карстовые озера и некоторые искусственные озера. Правильные очертания формы озер в плане обычно свойственны искусственным озерам.

Показатель развития береговой линии характеризует изрезанность берегов озера и определяется

как отношение длины береговой линии к длине окружности круга, площадь которого равна площади водного зеркала озера [5]. Для озер г.Казани этот показатель изменяется от 1,03 (оз.Карасиное) до 6,22 (оз.Ботаническое). Среднее значение составляет 1,6, медиана – 1,4, мода – 1,2. Большинство озер имеет показатель развития береговой линии в пределах от 1 до 2 – всего 160 озер или 84,2% (табл.3). Следующую группу – 19 озер (10,0%) образуют озера с показателем развития береговой линии от 1 до 2. У 10 озер (5,8%) показатель развития береговой линии свыше 2.

Таблица 3.
Распределение озер г.Казани по показателю развития береговой линии

Показатель развития береговой линии	Число озер	
	Всего	% от общего числа
1-2	160	84,2
2-3	19	10,0
3-4	6	3,2
4-5	3	1,6
5-6	1	0,5
Свыше 6	1	0,5
Всего	190	100

Пониженные значения показателя развития береговой линии обычно характерны для суффузионных озер, высокие – для пойменных и дельтовых водоемов. В целом для г.Казани средняя величина данного показателя (1,6) указывает на

преобладание процесса сглаживания береговой линии озер.

Максимальная глубина исследуемых озер относительно невелика и редко превышает 5 м (табл.4). Среднее значение составляет 2,1 м, медиана – 1,5 м, мода – 1,1 м.

Таблица 4.
Распределение озер г.Казани по максимальной глубине

Максимальная глубина, м	Число озер	
	Всего	% от общего числа
До 1	43	22,6
1-2	98	51,6
2-3	24	12,6
3-4	14	7,4
4-5	4	2,1
Свыше 5	7	3,7
Всего	190	100

Значения максимальных глубин озер могут косвенно свидетельствовать об их генезисе: большие максимальные глубины обычно имеют озера карстового происхождения. Более половины озер г.Казани – 98 озер (51,6%) – имеют максимальную глубину 1-2 м. Такие малые максимальные глубины обычно характерны для озер суффозионного происхождения. Максимальные глубины 2-3 м имеют 24 озера (12,6%), а 3-4 м – 14 озер (7,4%). Максимальные глубины от 4 до 5 м имеют 4 озера (2,1%) – Мал. Глубокое (4,6 м), Восточное (4,5 м), Центральное в Парке Победы (4,4 м), Ботаническое (4,0 м).

К наиболее глубоководным озерам г.Казани можно отнести озера с абсолютной глубиной более 5 м, таковых обнаружено 7 озер: Средний Кабан (22,8 м), Осиновское (18,6 м), Изумрудное (18 м), Бол. Глубокое (13,5 м), Нижний Кабан (12 м), Верхний Кабан (10 м), Песчаное (8,5 м). Всего 2 озера из вышеперечисленных (Изумрудное и Песчаное) имеют искусственное происхождение, в генезисе остальных озер имеют место карстовые процессы.

Средняя глубина водоемов колеблется от 0,05 м (озерно-болотный комплекс (ОБК) по ул. Хибинская) до 7 м (оз.Изумрудное). Причем абсолютное большинство озер – 131 озеро (74,9%) имеют среднюю глубину до 1м (табл. 5). Средние глубины в 1-2 м имеют 35 озер (20%), 5,1% от общего числа (9 озер) имеют глубины свыше 2 м: оз.Центральное в Парке Победы (2,5 м), Длинная старица р.Казанки (2,4 м), оз.Малое Глубокое (2,3 м), оз.Изумрудное (7 м), оз. Осиновское (6,5 м), оз.Большое Глубокое (6,5 м), оз.Верхний Кабан (6,5 м), оз.Средний Кабан (6,5 м), оз.Нижний Кабан (6,5 м).

Таблица 5.

Распределение озер г.Казани по средней глубине

Средняя глубина, м	Число озер	
	Всего	% от общего числа
До 1	146	76,8
1-2	35	18,4
Свыше 2	9	4,7
Всего	190	100

При рассмотрении средней и максимальной глубин озер различного происхождения можно отметить, что суффозионные и пойменные озера обычно имеют малые средние и максимальные глубины. Озера карстового происхождения, напротив, имеют большие значения средней и максимальной глубины. Из рисунка 2 видно, что значения средних глубин малых озер г.Казани часто составляют половину значений от максимальных глубин.

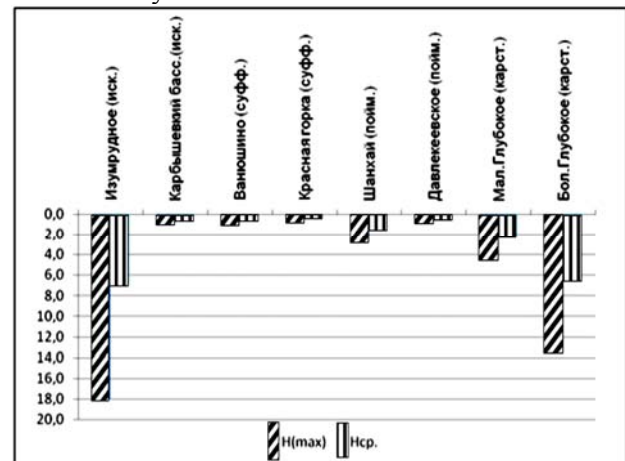


Рис.2. Соотношение средних и максимальных глубин озер различного происхождения (в метрах).

Среднее значение показателя средней глубины озер г.Казани – 0,94 м, медиана – 0,68 м, мода – 0,68 м. Таким образом, большинство озер г.Казани мелководны. Данный факт определяет особенности термического режима в них – быстрый прогрев и охлаждение водной массы.

Показатель открытости определяется как отношение площади озера к средней глубине котловины. Будучи характеристикой озерной ванны, показатель открытости опосредует степень стратификации и устойчивости через воздействие метеофакторов на водную массу. Для озер г.Казани величина данного показателя изменяется в широких пределах от 227 (оз.Запорожское) до 972180 (ОБК по ул.Хибинская). Большая часть озер (56,1%) имеет показатель открытости от 1000 до 10000 (табл.6).

Таблица 6.
Распределение озер г.Казани по величине показателя открытости

Показатель открытости	Число озер	
	Всего	% от общего числа
До 1000	16	8,4
1000-10 тыс.	108	56,8
10 тыс.-100 тыс.	57	30,0
Более 100 тыс.	9	4,7
Всего	190	100

Показатель открытости позволяет судить о степени перемешивания водных масс и возможности возникновения стратификации. Сочетание значительной площади водоемов и мелководности озер Казани обеспечивает перемешивание вод вследствие ветровых процессов и, соответственно, улучшение режима внутренней циркуляции водной массы. Величину показателя открытости до 1000 имеют 16 озер (8,4% от общего числа). 9 озер (4,7%) имеют величину показателя открытости свыше 100 тыс. Средняя величина показателя открытости для озер г.Казани – 28 745,7, медиана – 5075,5, мода – 4167,1.

Показатель емкости озерной котловины определяется как отношение средней глубины озера к максимальной и позволяет сопоставить котловину озера с телами вращения. Для цилиндра это отношение равно 1, для параболоида – 0,68, для конуса – 0,33. Для озер г. Казани данный показатель изменяется от 0,04 (оз.Бирюзовое) до 0,89 (оз.Запорожское), но преобладают водоемы с коэффициентом емкости в пределах 0,25-0,5, всего 86 озер (45,3%) (табл.7), среди них оз. Бол. Лебяжье – 0,47 (суффозионное), оз.Бол. Глубокое – 0,5 (карстовое). Вторую по численности группу образуют озера с коэффициентом емкости от 0,5 до 0,75, всего 71 озеро (37,4%), в этой группе такие озера, как Нижний Кабан – 0,54 (старично-карстовое), Давлекеевское – 0,6 (пойменное). Следовательно, форма котловины у 157 озер (82,6%) близка к форме конуса и параболоида, что обычно характерно для суффозионно-карстовых и пойменных озер соответственно.

Таблица 7.
Распределение озер г.Казани по величине показателя емкости озерной котловины

Показатель емкости	Число озер	
	Всего	% от общего числа
0-0,25	29	15,3
0,25-0,5	86	45,3
0,5-0,75	71	37,4
0,75-0,89	4	2,1
Всего	190	100

Результаты статистического анализа показывают, что среднее значение показателя емкости озерной котловины для озер г.Казани составляет 0,44, медиана – 0,46, мода – 0,52. Если брать за основу средние данные, форма котловины большинства из озер г.Казани приближена к параболоиду.

Пространственные аспекты распределения глубин по площади озер выявляются при изучении батиметрических схем и профилей водных объектов г.Казани. Батиметрические схемы в купе с натурными наблюдениями использовались при определении происхождения большинства озер г.Казани.

Например, у озера по ул.Циолковского, д.72 форма озера в плане приближена к кругу (рис.3), что в совокупности с малыми размерами ($l=35,0$ м, $V_{cp}=26,0$ м), малой глубиной ($h_{cp}=0,2$ м, $h_{max}=0,9$ м) и плавным concentричным повышением глубин от периферии к центру указывает на суффозионное происхождение.

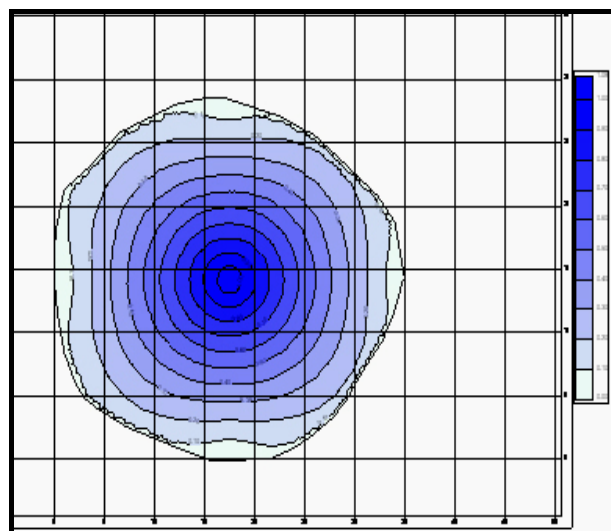


Рис.3. Батиметрическая схема озера по улице Циолковского, д.72. Изобаты проведены через 0,1 м, шаг клетки 5 м (фондовые материалы ЛОВЭ КФУ).

При рассмотрении кривых объемов и площадей оз.Центральное в Парке Победы можно отметить, что наибольшая площадь приходится на глубины от 2,2 м до 3,1 м (рис.4), что указывает на относительно ровное дно котловины. Основной объем водной массы (около 5 тыс.м³) расположен на глубинах от 1,6 м до 2,5 м.

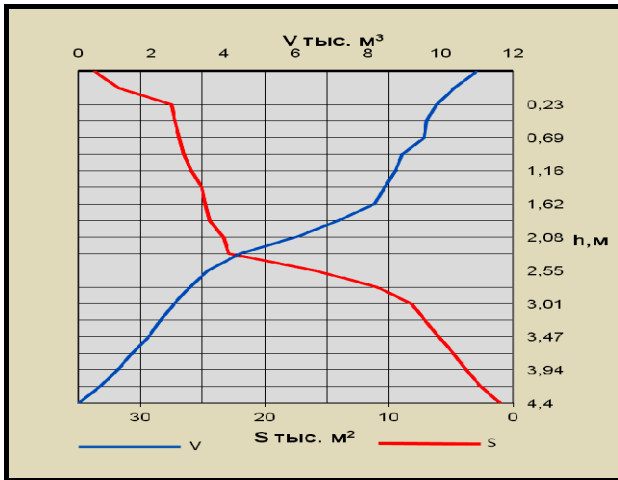


Рис.4. Кривые площадей и объемов искусственного озера (оз.Центральное в Парке Победы).

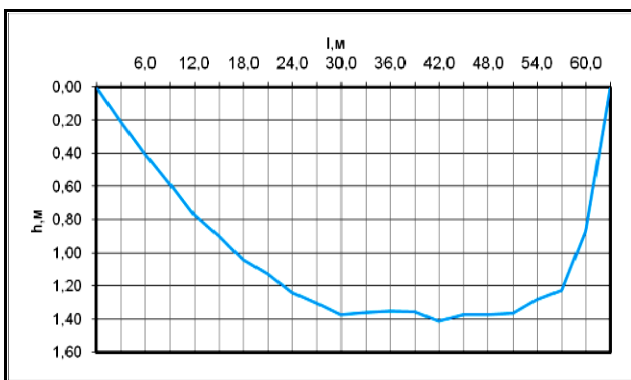
Изучение продольных и поперечных батиметрических профилей озер г.Казани наглядно демонстрирует форму озерных котловин, кроме того, они дают также хорошее представление о происхождении озер. Например, профиль озера

по ул.Школьная в пос.Кадышево (рис.5а) имеет форму почти правильного парабоида, что указывает на его пойменное происхождение.

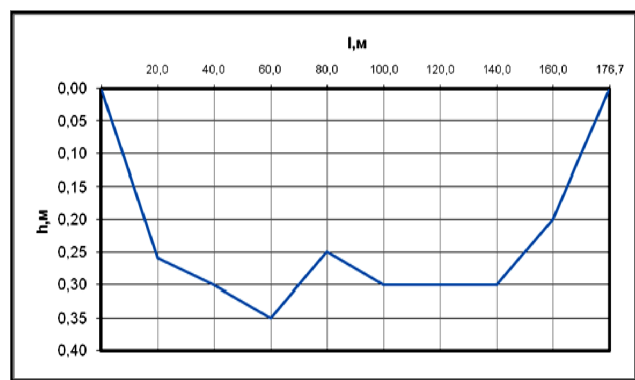
Форма котловины оз.Светлое у б/о "Искра" приближена к конусовидной. Глубина озера, ближе к центральной части озера уменьшается, это позволяет предположить повышение плотности грунта дна от периферии к центру, что является одним из признаков озер суффозионного генезиса.

Профиль котловины озера по ул.Паровозная имеет четко выраженную конусообразную форму, что в совокупности с другими признаками позволяет предположить карстовое происхождение котловины.

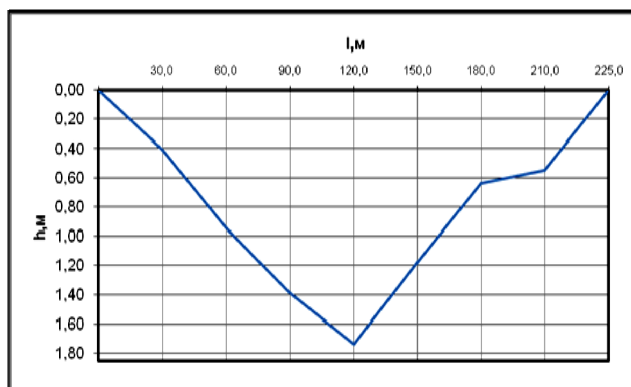
Для искусственной котловины оз.Центральное в Парке Победы характерна трапецевидная форма профиля. Глубина озера достигает уровня 3,0-3,5 м на расстоянии 40-50 м от берегов и практически не меняется по всей остальной площади озера.



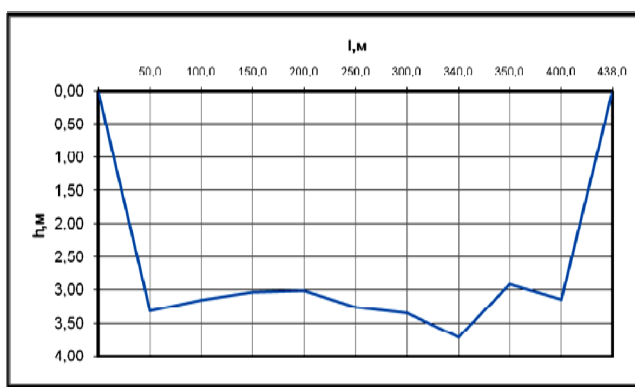
а) пойменное
(озеро на ул.Школьная в пос.Кадышево)



б) суффозионное
(озеро Светлое у базы отдыха "Искра")



в) карстовое
(озеро по улице Паровозная)



г) искусственное
(озеро Центральное в Парке Победы)

Рис.5. Поперечные батиметрические профили озер различного происхождения.

Выводы

При проведении исследования на территории г.Казани выделены разнообразные формы озер, что свидетельствует об их различном происхождении.

Значительная часть исследуемых озер имеет показатель удлиненности 1,00-2,00 (42,9%) и по форме очертаний водной поверхности близко к кругу или овалу, с показателем развития бе-

реговой линии от 1 до 2 (83,3%). Большинство озер (74,9%) имеют среднюю глубину до 1 м, более половины озер города (50,3%) – максимальную глубину 1-2 м. По значению показателя емкости озерной котловины преобладают водоемы с коэффициентом емкости в пределах 0,25-0,5 (45,3%).

1. *Мингазова Н.М.* Флора и растительность водоемов г.Казани // Экология города Казани – Казань: Изд-во "Фэн" Академии наук РТ, 2005. – С.248-259.
2. *Ефремов Ю.В.* В стране горных озер. – Краснодар: Кн. изд-во, 1991. – 192 с.

3. *Белецкая Р.В.* Морфометрические особенности озерных котловин и их влияние на экологическое состояние лимносистем: на примере равнинных озер ледникового происхождения: Дис. ... канд. географ. наук: 25.00.27. – СПб., 2004. – 183 с.
4. *Шигапов И.С., Мингазова Н.М., Шарифулин А.Н., Палагушкина О.В., Павлова Л.Р., Мусин А.Г.* Зависимость физико-химических показателей воды озер урбанизированных территорий от морфометрических параметров // География и природные ресурсы. – 2010. – №1. – С.177-179.
5. *Китаев С.П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.

MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE HOLLOWES OF THE LAKES OF KAZAN

I.S.Shigapov, N.M.Mingazova, A.G.Musin

The authors of the article considered indicators of the morphological structure of depressions of the lakes in Kazan, and made a statistical analysis of these parameters. It was revealed that the most of the depression lakes in Kazan are shallow and have a paraboloid profile and oval shape in plan.

Key words: lake, depression, morphology, depth, profile.

Шигапов Иршат Сайдашович – инженер лаборатории оптимизации водных экосистем факультета географии и экологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: shigapov.irshat@yandex.ru

Мингазова Нафиса Мансуровна – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией оптимизации водных экосистем факультета географии и экологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: shigapov.irshat@yandex.ru

Мусин Азгар Гареевич – доктор географических наук, профессор кафедры экономической географии, социально культурного сервиса и туризма Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета.

E-mail: shigapov.irshat@yandex.ru

Поступила в редакцию 05.03.2011