

Научная статья

УДК 556.551.3:627.8

doi: 10.34987/2712-9233.2025.55.14.002

Комплексное картографирование бассейна озера Иссык-Куль для оценки рисков затопления с применением ГИС-технологий

¹Олег Сергеевич Малютин

¹Марианна Борисовна Шмырева

²Роман Васильевич Моськин

¹Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

²Русское географическое общества, Москва, Россия

Автор ответственный за переписку: Марианна Борисовна Шмырева, mariannaforme@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты работ по созданию комплексной геоинформационной основы бассейна озера Иссык-Куль. Исследование интегрирует данные дистанционного зондирования (далее - ДДЗ), исторические картографические материалы (батисхема 1968 г.) и полевые исследования с применением БПЛА. В результате построена высокоточная цифровая модель рельефа (далее - ЦМР), включающая подводную часть чаши озера. На ее основе проведено моделирование зон потенциального затопления прибрежных территорий при критическом подъеме уровня воды, определенном в 1622 м над у.м.

Ключевые слова: озеро Иссык-Куль, ГИС, цифровая модель рельефа, БПЛА, риск затопления, палеогеография, река Чу, мониторинг ЧС

Для цитирования: Малютин О.С., Шмырева М.Б., Моськин Р.В. Комплексное картографирование бассейна озера Иссык-Куль для оценки рисков затопления с применением ГИС-технологий// Актуальные проблемы безопасности в техносфере 2025. № 3(19). С. 53-59. <https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.55.14.002>

Comprehensive Mapping of the Lake Issyk-Kul Basin for Flood Risk Assessment Using GIS Technologies

¹Oleg S. Malyutin

¹Marianna B. Shmyreva

²Roman V. Moskin

¹Siberian Fire and Rescue Academy of the EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

²Russian Geographical Society, Moscow, Russia

Corresponding author: Marianna B. Shmyreva, mariannaforme@gmail.com

Abstract. The article presents the results of work on creating a comprehensive geospatial database for the Lake Issyk-Kul basin. The study integrates remote sensing data, historical cartographic materials (a 1968 bathymetric chart), and field surveys using UAVs. As a result, a high-precision digital elevation model (DEM) has been constructed, encompassing the underwater part of the lake's basin. Based on this model, potential

coastal inundation zones were simulated for a critical water level rise, determined to be 1622 meters above sea level.

Keywords: Lake Issyk-Kul, GIS, digital elevation model, UAV, flood risk, paleogeography, Chu River, emergency monitoring

For citation: Malyutin O.S., Shmyreva M.B., Moskin R.V. Comprehensive Mapping of the Lake Issyk-Kul Basin for Flood Risk Assessment Using GIS Technologies // Actual Problems of Technosphere Safety. 2025. No. 3(19). P. 53-59. <https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.55.14.002>

Озеро Иссык-Куль — уникальный природный и историко-культурный объект, требующий комплексного мониторинга как в целях сохранения наследия, так и для оценки природных рисков. Колебания уровня воды озера в историческом прошлом [1, 2] обусловили наличие археологических памятников на современной подводной территории, а также формируют риски для существующей инфраструктуры. Современные геоинформационные технологии (ГИС) и методы дистанционного зондирования, включая использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предоставляют новые возможности для решения этих задач.

В рамках Экспедиции по маршруту Петра Семенова-Тян-Шанского к 200-летию со дня рождения были проведены полевые работы по созданию ортофотопланов берегов озера Иссык-Куль (аэрофотосъемка с БПЛА в ручном режиме с интервалом 2 с на высоте 20-100 м) для составления цифровой модели рельефа котловины озера и прилегающей территории. Основой цифровой карты является батисхема озера Иссык-Куль 1968 года.

Целью работы являлось создание комплекса картографических материалов и методик для инструментальной поддержки мониторинга объектов наследия и оценки рисков чрезвычайных ситуаций природного характера в бассейне озера Иссык-Куль.

В паромном озера Иссык-Куль были взяты фотоснимки батисхемы озера (рис. 1). С использованием инструмента привязки растров в приложении QGIS снимки были наложены на карту местности и сопоставлены с географическими координатами.

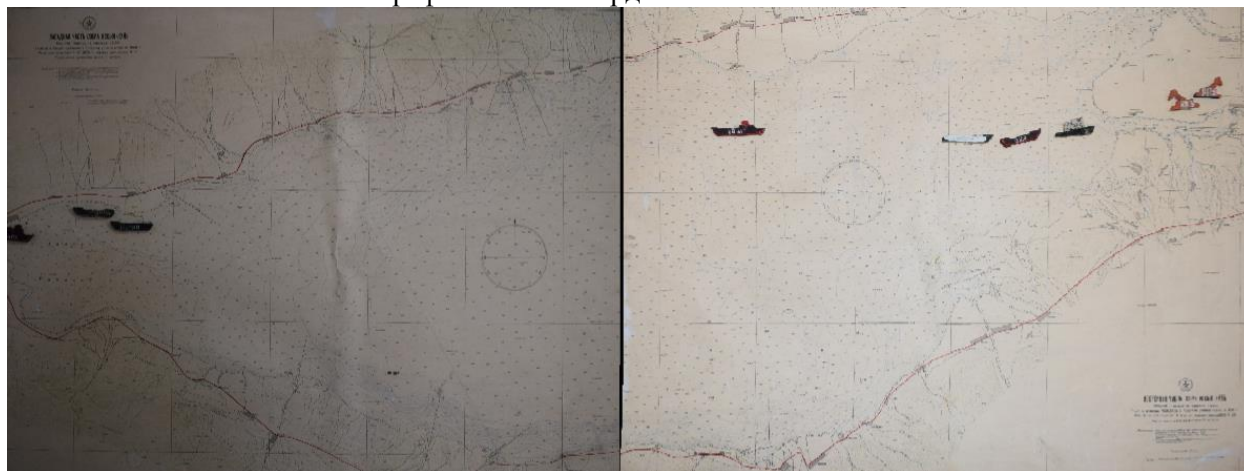


Рис.1. Фотоснимки батисхемы озера Иссык-Куль

Полученные растры были вручную оцифрованы - был создан векторный слой с изобатами глубин озера (рис. 2).

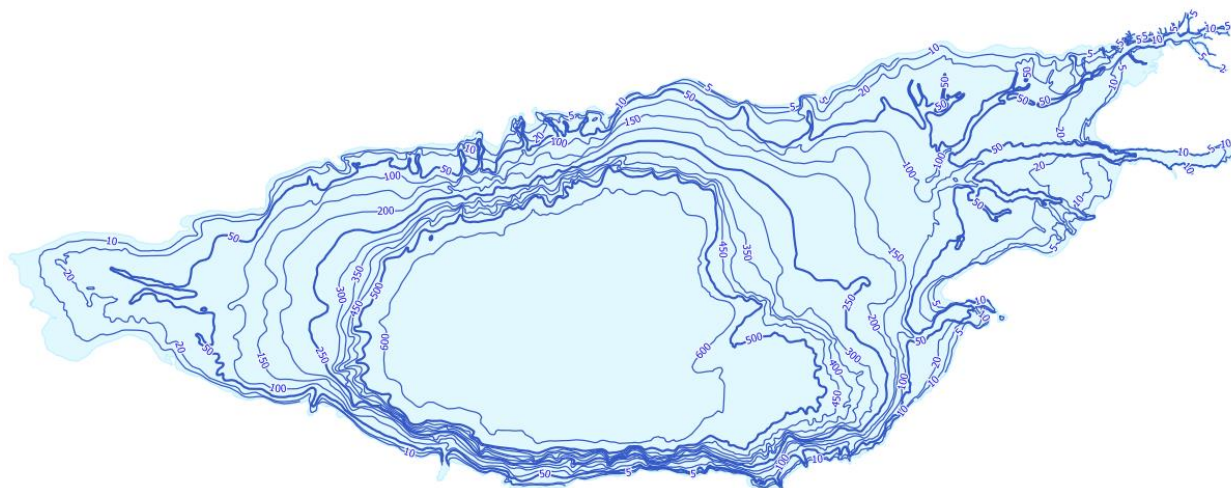


Рис. 2. Векторный слой с изобатами глубин озера Иссык-Куль аэрофотоснимки, полученные с БПЛА DJI Mavic 4 Pro

Поскольку использованная батисхема использует уровень воды, соответствующий 1968 году, полученные изобаты были сопоставлены с текущим уровнем (разница составила -1,1м). С использованием метода линейной интерполяции (TIN) была составлена цифровая модель рельефа дна озера.

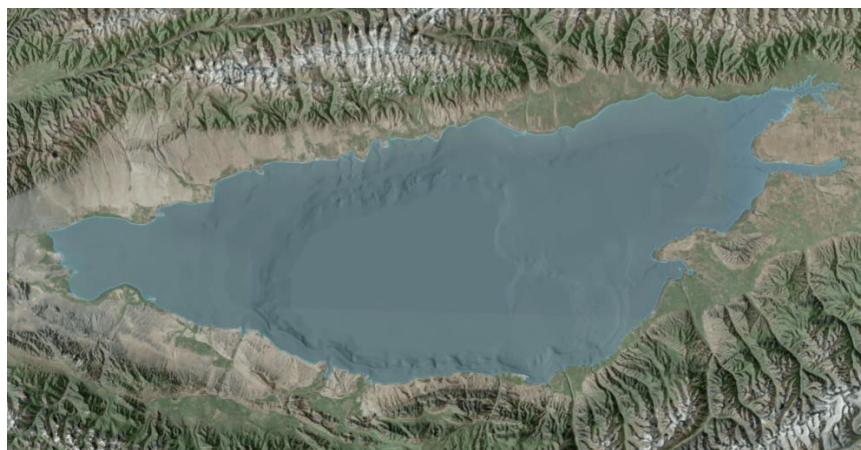


Рис.3. Доработанный вариант цифровой модели рельефа дна озера Иссык-Куль

С использованием полученной цифровой модели было выполнено моделирование границ озера и областей затопления для различных уровней воды. рис. 4,5,6 представлены зоны затопления городов Балыкчи, Пржевальск и область пос. Туп, соответственно. На рис. 4 представлен уровень озера при максимально возможном уровне воды (1622 м).

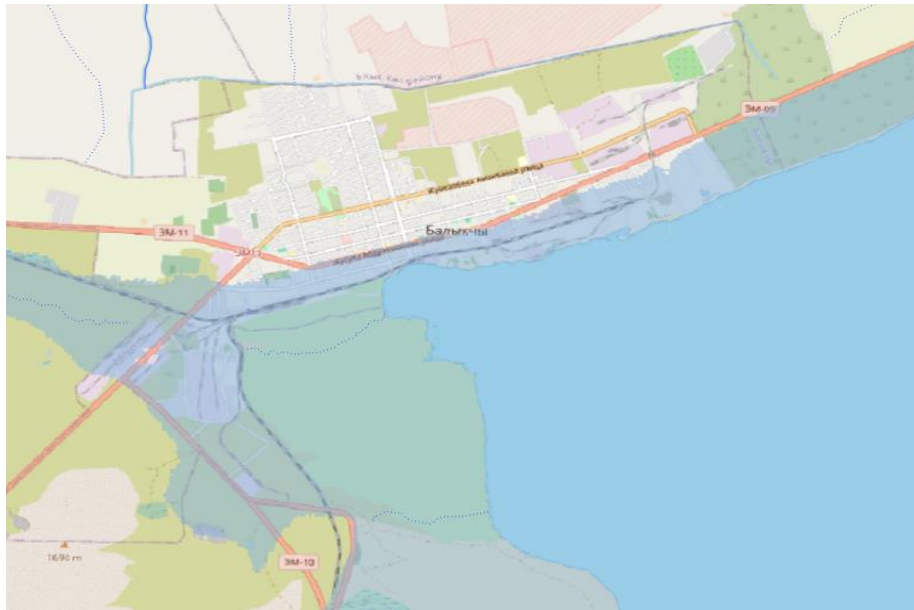


Рис. 4. Зона затопления города Балыкчи при моделировании и границ озеро Иссык-Куль

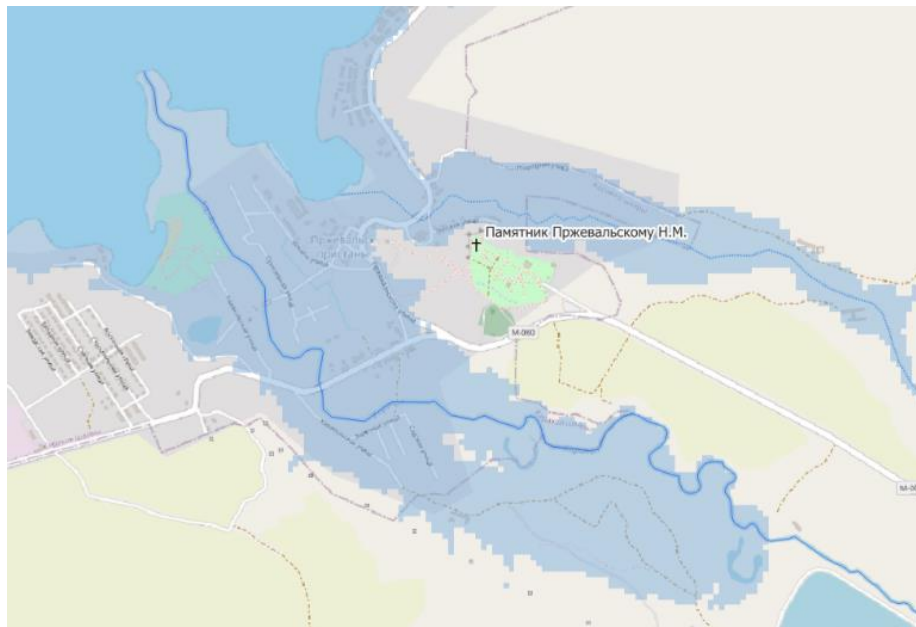


Рис. 5. Зона затопления города Пржевальск при моделировании и границ озеро Иссык-Куль



Рис.6. Уровень озера Иссык-Куль при максимально возможном уровне воды

На основе интегрированной ЦМР установлено, что максимально возможный уровень воды в современных условиях составляет 1622 м над у.м. Дальнейший подъем приведет к переливу воды через водораздел в долину реки Чу. Моделирование выявило критические зоны затопления для ключевых населенных пунктов (г. Балыкчи, г. Чолпон-Ата, пос. Тамга), включая риск повреждения транспортной инфраструктуры (автотрасса, железнодорожный вокзал).

В результате моделирования установлено:

1. Максимально возможным уровнем воды в озере Иссык-Куль на текущий момент является 1622 м. После этого происходит превышение уровня воды в области долины реки Чуя, после чего вода из озера начинает уходить в долину реки.

2. При максимально возможном уровне воды в озере частично затопленными оказываются часть населенных пунктов, расположенных на берегу озера. Наиболее катастрофическими последствия затопления выглядят для населенных пунктов: Балыкчи (20% территории, но при этом затоплен будет железнодорожный вокзал и вся инфраструктура), Чок-Тал (70% территории), Чолпон-Ата (30% территории и 95% курортной зоны), вся прибрежная полоса жилой застройки от Сары-Ой до Бостери (курортная зона), Григорьевка-пристань (до 80%), города Михайловка и Пржевальск (до 50%). Последствия для южного побережья не столь значительны, однако в области пос. Тамга есть риск полного затопления автотрассы, ведущей вокруг озера, что может привести к коллапсу автомобильного сообщения и доставки грузов и эвакуации людей. Северное побережье также может оказаться отрезанным в виду затопления автотрассы. Кроме того, в результате затопления может оказаться отрезанным единственный крупный аэропорт «Тамчы-Иссык-Куль».

3. Результаты моделирования уровней затопления в целом подтверждаются историческими сведениями - памятник Н.М. Пржевальскому был установлен на берегу озера в 1894 году. Согласно описанию и сохранившимся фотографиям памятник был установлен на холме непосредственно над берегом. В настоящее время в этом месте находится город Пржевальск. Моделирование же уровня воды равного 1609,5 м на 1927 год [1] показывает, что при таком уровне действительно урез воды будет существенно ближе к месту захоронения.

Результаты моделирования границ озера в историческом периоде (согласно данным Романовского) в целом подтверждают приведенные у него данные. (рис. 7)

Анализ литературных данных [1, 2, 3] подтверждает, что в историческом и геологическом прошлом связь озера Иссык-Куль с рекой Чу существовала. Периоды низкого стояния уровня озера, когда прибрежные территории осушались, сменялись фазами его подъема, приводя к затоплению. Это объясняет наличие археологических памятников на современной подводной территории: они связаны с периодами **более низкого уровня воды**, когда эти участки были сушей. Таким образом, моделирования реконструкций исторических уровней опираются на установленный палеогеографический фон.

Результаты моделирования границ озера в историческом периоде (согласно данным Романовского) в целом подтверждают приведенные у него данные. (рис. 7)



Рис. 7. Диаграмма изменения уровня озера Иссык-Куль

Анализ профиля рельефа от котловины озера Иссык-Куль до русла реки Чуя и далее вдоль ее русла показывает, что максимальная высота в данном месте составляет 1621,6 м, сразу за этой отметкой происходит излом русла реки Чуя в сторону Чуйской долины. При этом имеется протяженный участок, на котором уровень высоты колеблется в пределах 1 метра ниже максимума (порядка 1620 м), на котором происходит сток воды реки Чуя в долину. Снижение высоты в точке максимума или незначительное повышение сразу за ней со стороны Чуйской долины может привести к изменению направления стока реки в озеро. Это в свою очередь может привести к увеличению уровня воды в озере. Причиной подобного изменения может стать антропогенная деятельность или природный катаклизм (рис. 8).

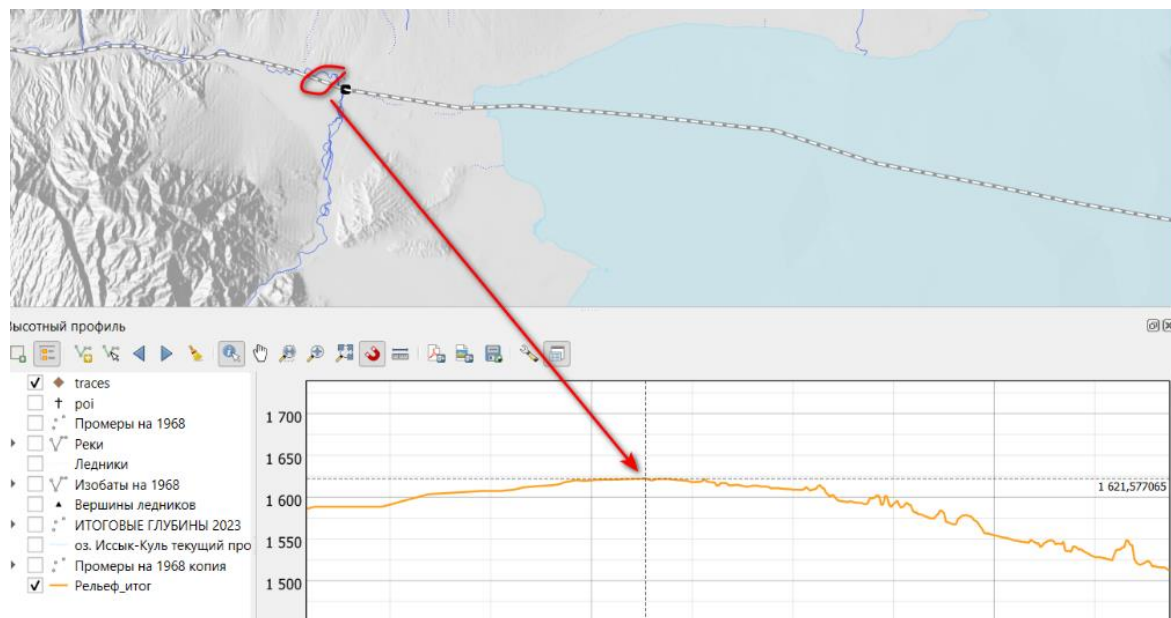


Рис. 8. Излом русла реки Чуя в сторону Чуйской долины

Комплексное картографирование бассейна озера Иссык-Куль с применением ГИС-технологий позволило: создать интегрированную ЦМР, пригодную для гидрологического моделирования и палеогеографических реконструкций, установить критический уровень воды (1622 м) и смоделировать зоны потенциального затопления прибрежной инфраструктуры, выявить высокую уязвимость гидрологического баланса озера, связанную с минимальной высотой водораздела с рекой Чу (1621.6 м)/

Полученные результаты и разработанные методики представляют практическую ценность для органов МЧС России при планировании мероприятий по гражданской обороне, для органов власти при территориальном планировании, а также для организаций, занимающихся сохранением историко-культурного наследия региона.

Данная работа была выполнена при поддержке Русского географического общества.

Список источников

1. Романовский В.В., Кузьмиченок В.А., Маматканов Д.М., Подрезов А.О. Все об озере Иссык-Куль. Энциклопедическое справочное пособие по природе и экологии озера и котловины. — Бишкек: Кыргызско-Российский Славянский университет, 2004.
2. Neal, J., Hawker, L. (2023). FABDEM V1-2: A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. University of Bristol. DOI: 10.5523/bris.s5hqmjcdj8yo2ibzi9b4ew3snc.
3. Romanou, A. et al. (2022). «Century-scale evolution of the Issyk-Kul Lake level and its links to climate change» Journal of Hydrology, 615, Part A, 128567.

Информация об авторах

О.С. Малютин – кандидат технических наук
М.Б. Шмырева – кандидат экономических наук, доцент,
Р.В. Моськин – кандидат географических наук

Information about the author

O.S. Malyutin - Ph.D. of Engineering Sciences
M.B. Shmyreva – PhD in Economics, Associate Professor
R.V. Moskin – PhD in Geography

Статья поступила в редакцию 01.09.2025; одобрена после рецензирования 10.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 01.09.2025, approved after reviewing 10.09.2025, accepted for publication 15.09.2025.