

ИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Гидрологический анализ северной части акватории и прибрежной зоны
Каспийского моря с использованием данных дистанционного
зондирования Земли**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 421 группы

направления 05.03.02 География

географического факультета

Гусевой Ангелины Алексеевны

Научный руководитель
старший преподаватель

должность, уч. степень, уч. звание

Зав. кафедрой

к.с-х.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

подпись, дата

В.А. Морозова

инициалы, фамилия

В.А. Гусев

инициалы, фамилия

Саратов 2023

Введение. *Актуальность исследования:* Каспийское море относится к числу пограничных озер с наиболее сложным, неопределённым международно-правовым статусом. Но это не единственная его особенность. Существует вероятность, что Каспийское море может повторить судьбу Аральского моря. Хотя Каспийское море имеет закрытую акваторию, там присутствуют опасные гидрологические явления, характерные для данного бассейна.

Водные ресурсы следует рассматривать как важнейший стратегический ресурс, имеющий первостепенное значение в обеспечении дальнейшего экономического развития и устойчивости биосферы. В работе будут рассчитаны водные индексы и показана динамика того, как отступает береговая линия.

Цель исследования оценка акватории и прибрежной зоны Каспийского моря с использованием данных дистанционного зондирования Земли в рамках мониторинга водных объектов.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Проанализировать и дать классификацию методов исследования водных объектов.
2. Рассчитать индексы NDMI, MNDWI, WRI и NDTI, позволяющие оценить состояние моря;
3. Выявить изменения акватории и прибрежных территорий Северного Каспия за период 1984 по 2023 год;
4. Рассмотреть влияние гидрологического режима Каспийского моря на близлежащие территории;
5. Выявить наиболее уязвимые территории с точки зрения опасных гидрологических явлений.

Объектом исследования: акватория и прибрежные территории северного Каспия.

Предмет исследования: оценка акватории и прибрежной зоны Каспийского моря с использованием ДДЗ.

Методической базой для исследования в данной работе являются общенаучные методы исследования: картографический, исторический, статистический, а также анализ и синтез данных.

Материалы исследования: исторические архивы, космоснимки, хронологические сводки, научные статьи, база данных уровня моря в сети интернет.

Практическая значимость бакалаврской работы заключается в анализе гидрологических явлений Каспия, выявлении возможностей для предотвращения обмеления моря. Материал может быть полезен географам, экологам, краеведам и просто людям, которые хотят больше узнать о том, что происходит в мире.

Бакалаврская работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников (35) и приложений. Общий объем работы составляет 56 страниц машинного текста, в том числе 10 рисунков, 4 таблиц и 10 приложений.

Основное содержание работы

1 «Характеристика бассейна Каспийского моря». В этом разделе я рассматриваю термины, относящиеся к моей теме, дабы расширить и углубить знания.

2 «Мониторинг водных объектов и Данные Дистанционного Зондирования Земли (ДДЗ)».

Под мониторингом понимается система постоянного наблюдения за явлениями, процессами, происходящими в природе и техно-сфере, для предвидения нарастающих угроз для человека и среды его обитания. Так и я в этом разделе рассматриваю виды мониторинга и привожу в пример статьи других исследователей в пример. Так же перечисляю водные индексы, которые я использую для оценки и анализа акватории северной части Каспийского моря. В наши дни данные ДДЗ часто используются с целью экологического и гидрологического мониторинга.

3 «Анализ природных и антропогенных изменений в Северной части акватории Каспийского моря».

В своей работе я обращаю внимание на влияние природных и антропогенных факторов на изменение акватории Каспийского моря, чтобы лучше понять в каких годах идёт положительная или отрицательная динамика.

Для начала нужно было узнать, есть ли вообще изменения в каспийском море, для этого я составила график изменений УКМ ха разные года, в соответствии с рисунком 1[14].

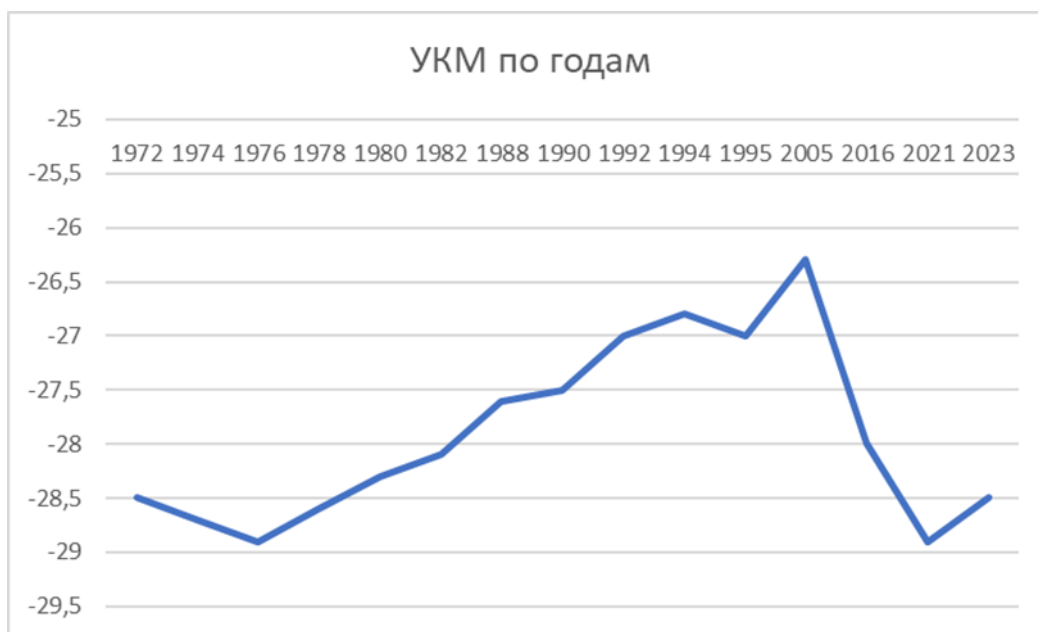


Рисунок 1 – Динамика уровней Каспийского моря по годам (составлено автором по материалам [14]).

После этого, я взяла с сайта "EarthExplorer" космические снимки, которые имеют разные спектры. Известно, что Landsat8 появился в 2013 году, поэтому до этого года в моих исследованиях использовался спутник Landsat7.

Таблица 1– Каналы Landsat7 [29]

Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1 - Blue	0.45-0.52	30
	Band 2 - Green	0.52-0.60	30
	Band 3 - Red	0.63-0.69	30
	Band 4 - Near Infrared (NIR)	0.77-0.90	30
	Band 5 - Shortwave Infrared (SWIR) 1	1.55-1.75	30
	Band 6 - Thermal	10.40-12.50	60 * (30)
	Band 7 - Shortwave Infrared (SWIR) 2	2.09-2.35	30
	Band 8 - Panchromatic	.52-.90	15

Важно не перепутать, какой спутник Landsat вы будете использовать, ведь они имеют разную последовательность каналов, что может запутать. После определения спутника переходим к расчёту индексов:

Благодаря космоснимкам, взятых с сайта «Earthexplorer» за определённые года, я смогла так же проследить динамику береговой линии при расчёте индекса NDMI, в соответствии с рисунком 1.

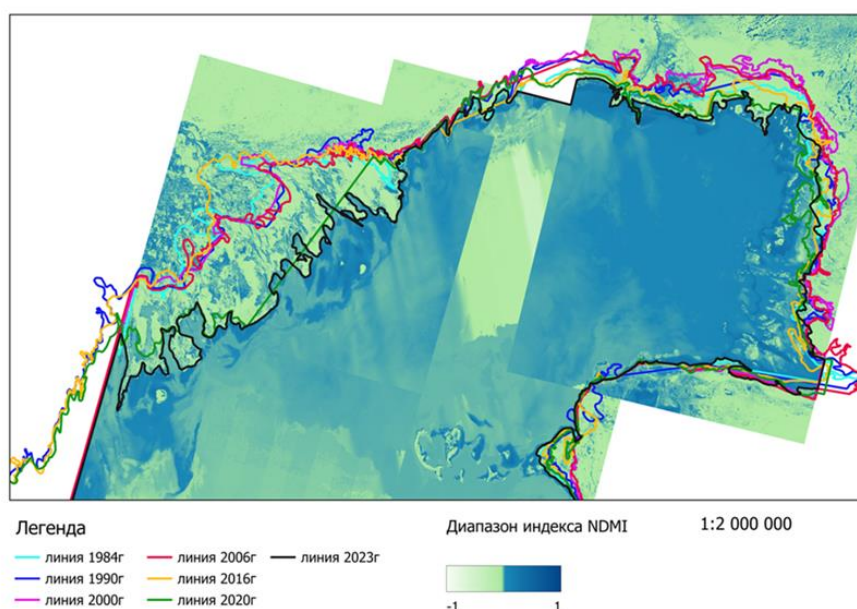


Рисунок 1 - Динамика стандартизированного индекса различий увлажнённости (NDMI) за период (1984 – 2023г) (Составлено автором по материалам [30]).

Это индекс распознаёт количество влаги в растительности, что позволяет понять подверженность территорий к высыханию или наоборот, их затопляемости.

Самым практичным методом оценки площади водного зеркала, включающий в себя расчёт водных спектральных индексов и выделение водной поверхности по некоторому пороговому значению является индекс MNDWI, в соответствии с рисунком 2.

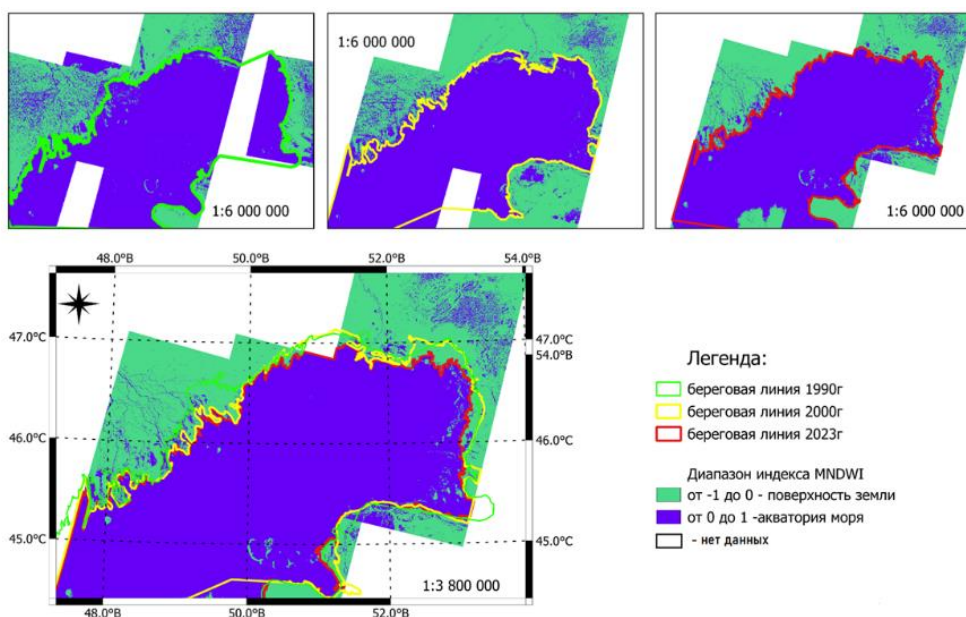


Рисунок 2 – Модифицированный нормализованный разностный водный индекс (MNDWI) северной части Каспийского моря (Составлено автором по материалам [30])

Расчет спектрального водного индекса основан на особенностях отражения излучения водной поверхностью в видимой и инфракрасной областях оптического спектра. Расчёт этого индекса проводился в программе QGIS с помощью калькулятора растров и каналов GREEN и SWIR2, которым соответствуют значения 3 и 7 в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Каналы Landsat 8 [29]

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Launched February 11, 2013	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100	

Для этого водного индекса характерен диапазон от -1 до 1. От -1 до 0 – это растительность, а от 0 до 1 – водные объекты.

С водным индексом WRI работаем в такой же последовательности, только диапазон значений у этого индекса другой от -1 и выше, в соответствии с рисунком 3.

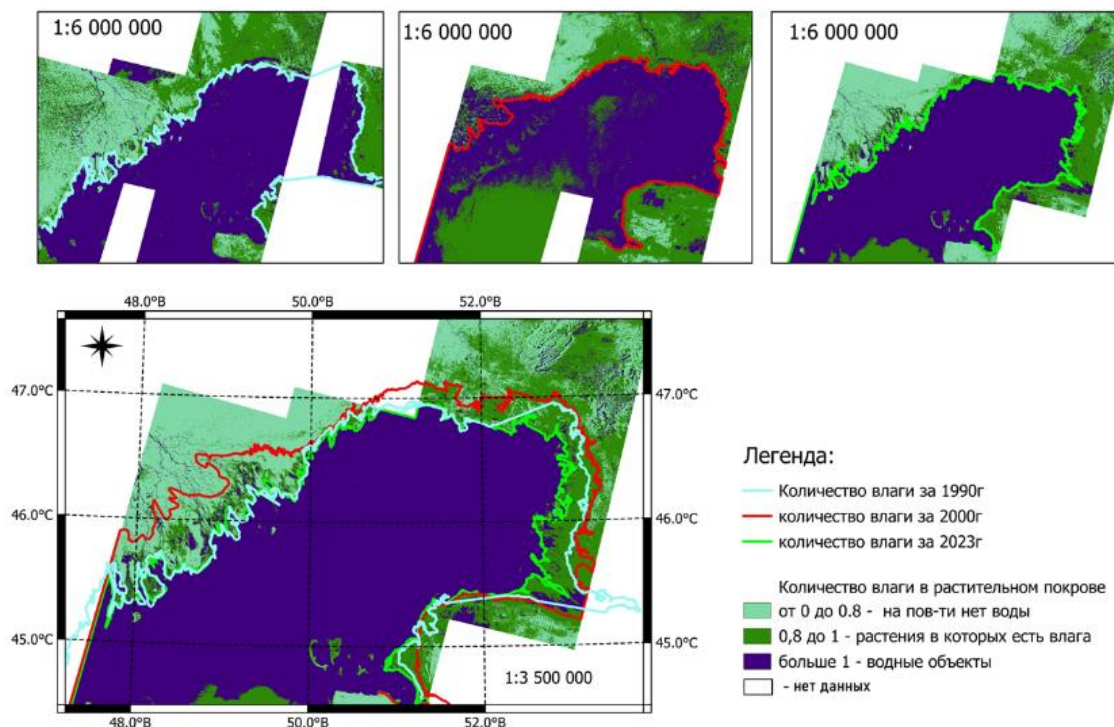


Рисунок 3 – Индекс влагостойкости WRI (Составлено автором по материалам [30])

Вот такое значение индекса с 1984 год по 2023 год получилось у меня, в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Динамика значений WRI в период (1984-2023гг.)

WRI							
<i>года</i>	<i>1984</i>	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>2006</i>	<i>2016</i>	<i>2020</i>	<i>2023</i>
кол-во влаги	1.73	4.96	6	3.7	3.52	3.16	2.45

Данные для таблицы были рассчитаны автоматически в программе Qgis, наибольшие значения окрашиваются в более тёмные цвета на карте.

С помощью таблицы мы видим, что большое количество влаги характерно для 1990 (4.96) и 2000 (6) года. Дело в том, что 20 июня 1990 года в северо-западных провинциях Ирана Гилян и Зенджан произошло землетрясение магнитудой 7,4. Оно стало одним из самых мощных в районе Каспийского моря за всю историю наблюдений. Благодаря землетрясению поднялась волна (Сейши), такие волны возникают в закрытых или полузакрытых водоёмах. Именно такая волна затопила некоторую территорию северного Каспия [31]. Благодаря таблице мы видим отрицательную динамику с 2006 по 2023г, видно и по картам, что море медленно мелеет.

Не менее важен расчёт индекса мутности (NDTI). Он характеризует уменьшение прозрачности воды из-за наличия неорганических и органических примесей или же развития планктона в водном объекте.

В соответствии с рисунком 4, можно выделить 1990, 2000 и 2005 года. На снимках видно, что больше всего неорганических и органических примесей наблюдается в дельте Волги и по краям северного Каспия.

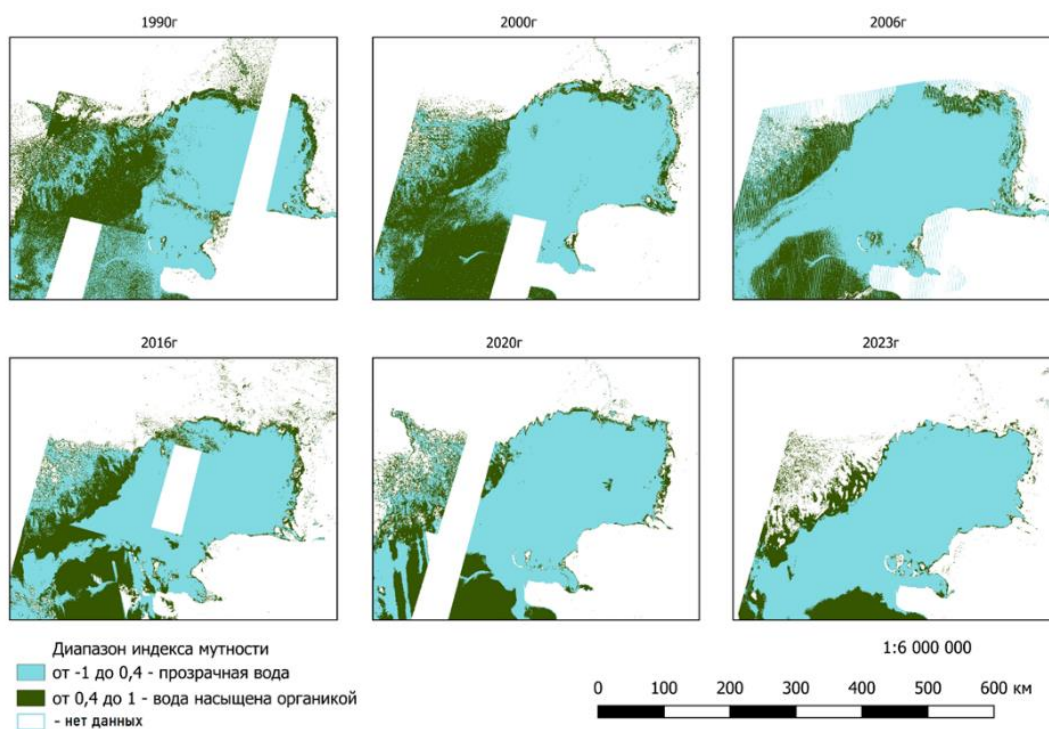


Рисунок 4 - Затопляемость прибрежных территорий (составлено автором на основе [30])

Загрязнение акватории связано с плохо управляемым использованием пестицидов, удобрений и необработанных отходов животноводства, эти удобрения течением Волги переносятся в воды Каспийского моря и способствует его эвтрофикации. Именно в эти года получили популярность опасные пестициды.

При анализе индексов WRIи MNDWI было выявлено, что сократилась не только площадь Каспийского моря, но и поступающий в него сток реки Волги. По данным сайта «Библиотеки ВНИРО» средний сток р. Волги за период с 1879 по 1929 г. составлял 268 км³ в год, а за последние 25 лет он упал до 231 км³ [33]. Эти данные подтвердились моими расчётами, в соответствии с рисунком 4.

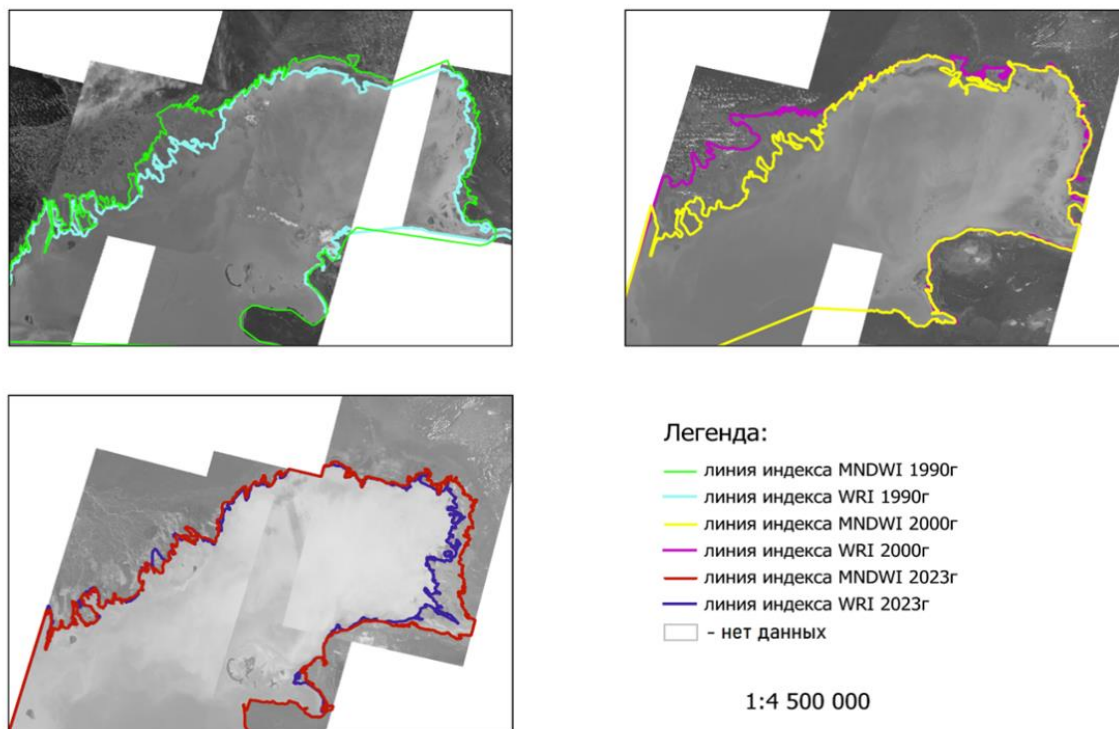


Рисунок 4 – Сравнение индекса влагостойкости (WRI) и нормализованного разностного водного индекса (MNDWI) (Составлено автором по материалам [30])

Следует иметь в виду, что речной приток в Каспийское море сильно зарегулирован водохранилищами, что искажает наблюдение за УКМ.

С восточной стороны, рядом с границей Казахстана наблюдаются новокаспийская трансгрессия, что связано с изменением уровня воды в Каспийском море. Таким образом, города восточного побережья (Жанбай, Актау, Форт Шевченко), подвержены наводнениям, в соответствии с рисунком 5.

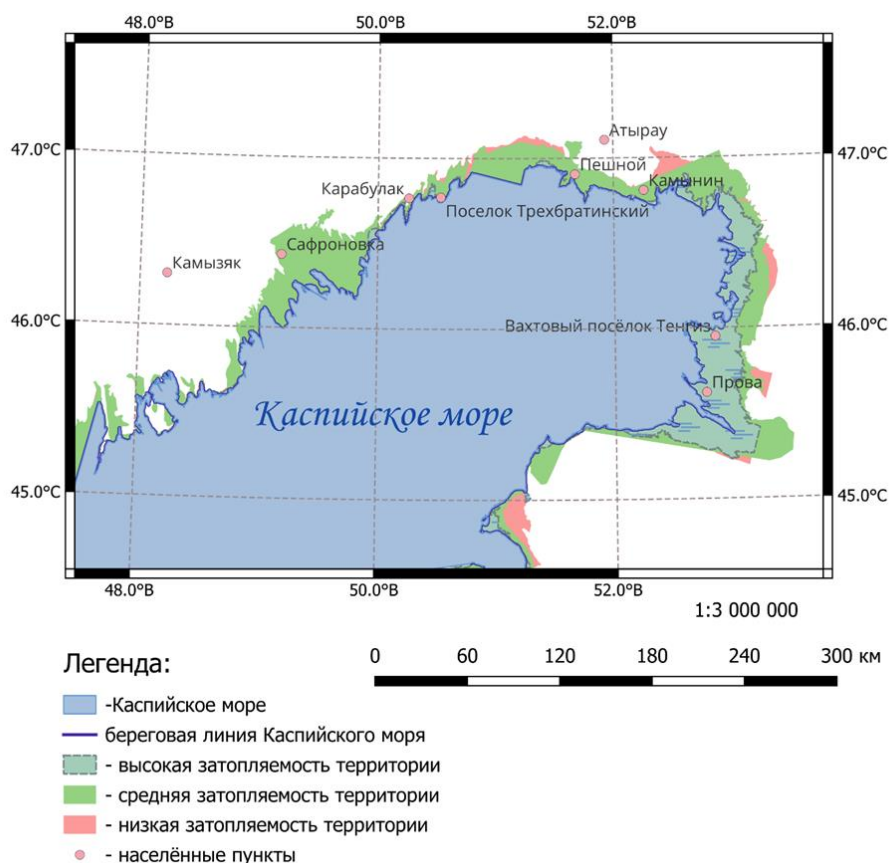


Рисунок 5 – Затопляемость прибрежных территорий (составлено автором на основе [30])

Данная карта была построена на основе индексов WRI и MNDWI при наложении друг на друга слоёв выбранных водных индексов, были выделены территории, которые подвержены затоплению и находятся в зоне риска.

Было выделено 3 зоны затопляемости, высокая, средняя и низкая.

Таким образом высокая затопляемость территорий в основном находится на восточной стороне северного Каспия. Это обуславливается бывшими трансгрессиями моря и наличием грунтовых вод, которые залегают на небольшой глубине. Как только идёт поднятие Каспийского моря, восточная часть акватории больше всего подвержена затоплению.

Средняя затопляемость характерна для Северных территорий, здесь преобладают устьевые явления (нахождение рядом с дельтой Волги) и сгонно-нагонные явления. Эти территории подвержены сезонности, так в первой половине весны (середина марта) преобладает неустойчивая погода с частыми

штормами и туманами. А также в конце осени погода становится холодной и пасмурной, часто идут дожди в северной части каспийского моря.

Низкая затопляемость – эти территории в 1995 года, входили в акваторию Каспийского моря, их затопляемость возможна только при уровне моря в -25м.

Повышение уровня Каспия вносит большие осложнения в развитие водных перевозок в регионе. Все основные порты (кроме Астрахани) при отметке -25 м будут частично разрушены (Махачкала, Каспийск, Дербент, Сулак, Лагань), а при достижении отметки -22 м могут прекратить свое существование. При повышении уровня Каспия до отметки -26 м произойдет затопление на 80% промысловых участков, в том числе рыбокомбинатов в Сулаке, Махачкале, Крайновке. При подъеме уровня до -25 м произойдет затопление почти всех приморских рыбокомбинатов. Однако уловы могут повыситься [34]. В ближайшее время Каспий разливаться не будет, но если проследить динамику, такой исход возможен и нужно иметь варианты решений, если ситуация произойдет.

Заключение. Феномен колебаний уровня Каспийского моря (УКМ) в разные периоды, включает как нагонные и сгонные перемещения водных масс, так и длящиеся в течение нескольких десятилетий трансгрессии и регрессии береговой черты. Падение уровня Каспийского моря может иметь различные последствия в зависимости от масштаба и причин этого падения. Возможные последствия могут включать:

1. Экологические проблемы: Падение уровня моря может привести к изменению экосистемы и биоразнообразия в прилегающих регионах. Различные виды растений и животных, приспособленных к условиям высокого уровня воды, могут столкнуться с проблемами выживания. Это может привести к сокращению популяций и деградации природных экосистем.
2. Изменения в использовании земель: При падении уровня Каспийского моря многие прибрежные зоны могут быть высушены, что создаст новые возможности для использования этих земель в сельском хозяйстве, строительстве или других отраслях. Однако это может также повлечь за собой проблемы, связанные с засолением почвы и изменением гидрологического баланса в регионе.
3. Геологические последствия: Падение уровня моря может вызывать изменения в геологической активности региона, такие как сокращение давления на подземные водные резервуары и изменение геологических структур. Это может повлиять на стабильность грунта, вызвать землетрясения или изменить условия для добычи полезных ископаемых.

В целом, падение уровня Каспийского моря может иметь широкий спектр последствий, которые могут влиять на экологию, экономику и геологию региона. Это требует внимания и изучения для разработки соответствующих стратегий управления и адаптации к этим изменениям.

В процессе анализа характера всех гидрологических процессов на Каспийском море можно сделать следующий вывод: для поселений, расположенных по берегу Северной части моря, основными негативными

проявлениями гидрологических процессов являются наводнения и заболачивание территорий. Во многом – это следствие активных сгонно-нагонных явлений. В XX веке морские наводнения случаются после штормов, а повышение уровня моря контролируется водохранилищами, что влияет на прибрежные города северной части моря. Так же на севере располагается прикаспийская низменность, что усиливает движения сгонно-нагонных масс. Ветра переносят обломочный материал, образуют на береговой линии насыпи, что приводит к увеличению береговой линии.

На изменение береговой линии также влияет поступающий в акваторию сток реки, который за последние годы уменьшился из-за сельскохозяйственных нужд (орошение, питьевая вода). Изменение стока и большая испаряемость постепенно осушает море, что в свою очередь может привести к огромной экологической проблеме.

С экологической точки зрения, в настоящее время воды и донные осадки Северного Каспия чище по большинству загрязняющих веществ, чем 30-40 лет назад. Но стоит острая проблема, связанная с добычей нефти.

В процессе проделанной работы, мной были выполнены такие задачи как:

- Анализ и классификация методов исследования водных объектов.
- Рассчитаны индексы NDMI, MNDWI, WRI и NDTI.
- Рассмотрено влияние гидрологического режима Каспийского моря на близлежащие территории.
- Выявлены наиболее уязвимые территории с точки зрения опасных гидрологических явлений.