

На правах рукописи

Авад Висам Раджи Наджи

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ
ОПУСТЫНИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ (НА
ПРИМЕРЕ ЮГА ИРАКА)**

25.00.25 Геоморфология и эволюционная география

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата географических наук

Москва
2019

Работа выполнена на кафедре геоморфологии Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета.

Научный руководитель

Лопатин Дмитрий Валентинович
доцент, кандидат географических наук
Института наук о Земле СПбГУ

Официальные оппоненты

Болысов Сергей Иванович,
д.г.н., профессор, кафедры геоморфологии и
палеогеографии Московского
государственного университета имени М.В.
Ломоносова.

Козлов Даниил Николаевич

к.г.н., зам. директора ФГБУН Почвенный
институт им. В.В. Докучаева

Ведущая организация

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Российский Государственный
педагогический университет им. А. И.
Герцена» (факультет географии)

Защита состоится «11» октября 2019 г. в 14 час.00 мин. на заседании
Диссертационного совета Д 002.046.03 при ФГБУН Институте географии РАН
по адресу: 109017, г. Москва, Старомонетный переулок, д. 29. телефон:
+7 495 959-00-32, e-mail: d00204603@igras.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной
библиотеке и на интернет-сайте Института географии РАН:
<http://www.igras.ru/1528>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью
учреждения, просьба присылать по указанному адресу Учёному секретарю
Диссертационного совета. Автореферат разослан «__»_____2019г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
кандидат географических наук



Е.А. Белоновская

I Общая характеристика работы

Актуальность исследования. В настоящее время опустынивание и повышение температуры воздуха – опасные и очень важные проблемы, с которыми сталкиваются многие страны мира. Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что с конца XX века в Ираке площадь опустынивания стала значительно расширяться из-за высоких температур и низкого уровня осадков, что повлекло за собой уменьшение уровня воды в реках Тигр и Евфрат. Ирак делит водные ресурсы этих рек с соседними странами (Турция, Сирия, Иран). Аллювиальные марши юга Месопотамской низменности (района исследования) Ирака – огромный природный бассейн с пресной водой. Они являются средой обитания множества рыб, птиц и других животных. Также там произрастают камыш и папирус, которые необходимы для многих отраслей промышленности. Осушение аллювиальных маршей в 1992 году стало настоящим стихийным бедствием. Последствия этого осушения продолжают сказываться и сегодня, на правительственном уровне разработаны специальные программы, направленные на минимизацию ущерба. Другие важные исследования направлены на рациональное использование воды, её удержание на территории Ирака и защиту от загрязнений.

Целью является выявление динамики изменения современных ландшафтов в условиях опустынивания сельскохозяйственных земель, закономерностей и региональных особенностей эволюции ландшафтной оболочки Земли. Достижение данной цели представляется возможным при решении следующих **задач**:

- Провести анализ географических факторов, влияющих на опустынивание в Ираке.
- Выявить региональные природные и антропогенные факторы опустынивания в районе исследования.
- Изучить изменение площади аллювиальных маршей с 1977 по 2016 г. при помощи данных аэрокосмических съемок и полевых исследований, а также последствия их осушения в 1992 году.
- Предложить методы минимизации ущерба или остановки расширения опустынивания в районах земель сельскохозяйственного назначения.
- Разработать план распределения водных ресурсов в реках Тигр, Евфрат и Шатт-Эль-Араб, а также возможности дальнейшего заполнения водой из рек Тигр и Евфрат ранее осушенных аллювиальных маршей.

- Предложить рекомендации по решению ключевых проблем, связанных с опустыниванием – в пределах конкретных природных, природно-антропогенных и антропогенных комплексов.

Объектом исследования является район, расположенный на юге Ирака и охватывающий также небольшие территории соседних Ирана и Кувейта. Общая площадь района исследования – 94 252,46 км², из которых 74 266,63 км² занимает территория Ирака, 14 482,42 км² – территория Ирана и 5 503,41 км² – территория Кувейта. Географические координаты границ исследуемого района в градусах и десятичных минутах составляют 29°29'945" и 32°39'935" с.ш., 44°51'427" и 48°47'199" в.д.

Основные защищаемые положения.

1) Наблюдаемое за 40 лет **прогрессирующее опустынивание** сельскохозяйственных земель, связано со следующими факторами:

- Гидроклиматическими: повышение температуры воздуха, уменьшение количества атмосферных осадков, увеличение испарения, активизация песчаных бурь;
- Гидрогеологическими: прогрессирующее засоление почв в результате неразумного землепользования;
- Геоморфологическими: активизацией эоловых процессов, вызвавших наступление песчаных дюн;
- Антропогенными: искусственное осушение аллювиальных маршей, негативный эффект от военных действий в ходе трех войн.

2) На основе дешифрирования и полевых исследований выделены **шестнадцать типичных для изучаемой территории комплексов** природного, природно-антропогенного и антропогенного типов.

3) Анализ динамики этих комплексов позволил зафиксировать **ключевые изменения**: быстрое опустынивание бывших маршей после их осушки (1992) и последующее восстановление комплексов после частичного заполнения (2016; на 43%) маршей водой.

Фактический материал

В основу работы положены следующие материалы:

- Климатические данные трёх метеорологических станций (Басра, Амара, Насирия) из Иракской метеорологической организации и сейсмологии, в период с 1973 по 2016 гг.
- Данные по аллювиальным маршам из Центра восстановления Иракских аллювиальных маршей и водно-аллювиальных угодий (фондовые неопубликованные данные Министерства водных ресурсов, разрешённые к публикации) с 2011 по 2016 гг.

- Данные по объемам воды в реках Тигр, Евфрат (1973-2016 гг.), Шатт-эль-Араб (2009-2016 гг.) из Министерства водных ресурсов, отдел «Генеральный орган по ирригационным и мелиоративным проектам» (фондовые неопубликованные данные Министерства водных ресурсов, разрешённые к публикации).
- Аэрокосмические съёмки Landsat 4-5, 7, 8, ETM, UTM, Oli с сайта USGS за 1977, 1989, 1994, 2000, 2006, 2016 годы.
- Полевые наблюдения автора за последние 3 года и индикационные фотоматериалы, полученные во время полевых работ.

Методы исследования. Для решения поставленных задач применялись географические методы дешифрования (на основе синтеза аналогового и цифрового подходов в ГИС-технологиях) разновременных снимков по данным аэрокосмических съёмок за 1977, 1989, 1994, 2000, 2006, 2016 годы. Классифицирование существующих комплексов и наблюдение за теми изменениями, которые произошли в течение этих лет, осуществлены при использовании картографических методов и анализа данных аэрокосмических съёмок с помощью компьютерных программ (ArcGIS 10.1, Erdas 2014, ENVI 5.1, ENVI Classic 5.1), статистики водных ресурсов рек Тигр и Евфрат, а также климатических данных по району исследования. На базе программных средств Excel, OriginPro 8.5.1, были построены графики для анализа водного баланса и климатических изменений в регионе. Использованы также полевые методы сбора природных данных. Проведены физико-географические описания всех выделенных комплексов. В специализированных фондах собран и систематизирован неопубликованный фактический материал по всем разделам диссертации. Кроме того, проведены сбор, систематизация и анализ отечественных и зарубежных публикаций, осуществлены численное моделирование и компьютерные расчеты.

Научная новизна исследования обусловлена тем, что:

- Впервые комплексно с географических позиций рассмотрена проблема опустынивания Ирака. Собраны данные по водным ресурсам и климату за 1973-2016 годы.
- Созданы ландшафтные карты за 1977, 1989, 1994, 2000, 2006, 2016 годы, район исследования подразделён на 16 комплексов (каждый со своим уникальным набором характеристик) и показана динамика изменения границ этих комплексов за 40 лет.
- Отслежена динамика изменения площади аллювиальных маршей, начавшаяся с их осушения в 1992 году, и при последующем

заполнении их водой до 2016 года, и создана карта данной динамики за 40 лет.

- Выявлены ключевые факторы (природные и антропогенные), способствующие опустыниванию, которые помогли составить прогноз развития данной проблемы и предложить решения по её минимизации.

Личный вклад автора состоит в создании новой классификации ландшафтов региона, в изучении их динамики, сборе и систематизации фактических материалов (включая дешифрирование аэрокосмических съёмок Landsat 4-5, 7, 8, ETM, UTM, Oli, фотоматериалы), в том числе во время полевых работ, обработке и анализе картографических, гидрологических, климатических статистических данных. Сформировано представление о причинах региональных и местных особенностей опустынивания.

Практическая значимость. Результаты работы можно использовать для рационального распределения водных ресурсов. На основе выявленных в районе исследования факторов опустынивания были найдены решения, помогающие приостановить этот процесс и продвижение песчаных дюн, а также уменьшить количество песчаных и пыльных бурь. Это поможет развить сельскохозяйственный сектор и улучшить природную среду на рекультивируемых землях.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены и обсуждены на следующих форумах:

VIII Всероссийском совещании по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований», Ростов-на-Дону, 2013 г.

XXXIV Пленуме геоморфологической комиссии РАН: «Экзогенные рельефообразующие процессы», Волгоград, 2014 г.

II-ой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой Году экологии и 55-летию высшего географического образования в Удмуртской Республике «Проблемы региональной экологии и географии», Ижевск, 2017 г.

Основное содержание диссертации опубликовано в 9 работах и монографии, в том числе одной в издании, индексируемом Scopus, и двух - в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Проблема опустынивания частично раскрывается также в авторской монографии «Проблема опустынивания Ирака и эксплуатация ресурсов подземных вод», Германия: Саарбрюккен, издательство LAP, 2014 г.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Список литературы включает 117 наименований, в том числе 31 на английском языке и 52 на арабском языке. Общий объем работы составляет 170 страниц, включая 66 рисунков, 14 таблиц.

Диссертационная работа выполнена на кафедре геоморфологии Института наук о Земле СПбГУ. Выражаю благодарность Лопатину Дмитрию Валентиновичу, доценту кафедры геоморфологии Института наук о Земле СПбГУ, за руководство научной работой с начала магистратуры и до окончания аспирантуры, Жирову Андрею Ивановичу, профессору кафедры геоморфологии Института наук о Земле СПбГУ, Кузнецову Владиславу Юрьевичу, профессору, заведующему кафедрой геоморфологии Института наук о Земле СПбГУ, Болтрамовичу Сергею Фадеевичу, доценту кафедры геоморфологии Института наук о Земле СПбГУ, за оказанную помощь. Выражаю искреннюю признательность и благодарю всех тех, кто оказывал мне в разное время помощь при подготовке диссертационной работы.

II Основное содержание работы

Глава I. Геолого-геоморфологическое строение Ирака и бассейна Месопотамии

Республика Ирак занимает большую часть Месопотамии (Междуречья) - обширной географической области Западной Азии. Центральная её часть сложена с поверхности аллювиальными образованиями рек Тигр и Евфрат. В западном направлении эта низменность плавно переходит в невысокие пустынные плоскогорья, которые на северо-западе носят название Аль-Джазира, а на юго-западе – Западная пустыня. Лишь северная и северо-восточная окраины Ирака заняты высокими горами - хребтом Загрос с высотами более 3 000 м. Плато Аль-Джазира и Западная пустыня сложены в основном палеогеновыми и неогеновыми образованиями, лишь в крайней западной части в районе г. Рутба обнажаются триасовые и юрско-меловые отложения (поднятие Рутба).

Глава II. Физико-географические условия Ирака

Важной особенностью развития ландшафтной среды Нижней Месопотамии является то обстоятельство, что здесь реки Тигр и Евфрат сливаются в единую водную артерию Шатт-эль-Араб. Она образует озёрно-

аллювиально-болотный комплекс с тремя крупными маршами – хранилищами пресных вод. Низовья данного комплекса подвергаются систематическому воздействию солёных вод приливных волн. Частичное осушение этих маршей вызвало явное изменение местного климата: увеличение среднегодовой температуры, уменьшение количества осадков и влажности, что в свою очередь привело к сокращению растительности и зелёных зон. Осушенные аллювиальные марши площадью 4 811 км² (на 2000 год) оказали значительное негативное влияние на биоразнообразие региона. Что касается сельского хозяйства, то оно также пострадало от климатических изменений, выразившихся в виде дефицита водных ресурсов Тигра и Евфрата и увеличении солёности в реке Шатт-эль-Араб, а также от влияния антропогенных факторов, таких как региональные войны и использование устаревших и низкоэффективных методов орошения. Следствием этого стала потеря большого объёма пресной воды, что привело к уменьшению площади обрабатываемых земель, расширению засушливых и засоленных районов, а также развитию опустынивания в регионе.

Глава III. Гидрографическая сеть и водные ресурсы

В связи с прогрессирующим снижением количества атмосферных осадков и, вследствие этого, низким уровнем воды в Тигре и Евфрате в последние годы, кризис, связанный с засухой, усугубился во всех районах страны. Проблему усугубили турецкие проект GAP на Евфрате и дамба Илису на Тигре.

С 2000 года объём воды в двух главных реках по сравнению с 1970-90 гг. снизился на 37% для Тигра (рис. 1) и на 60 % для Евфрата (рис. 2) (Министерство водных ресурсов. Генеральный орган по проектам орошения и дренажа, 2016).

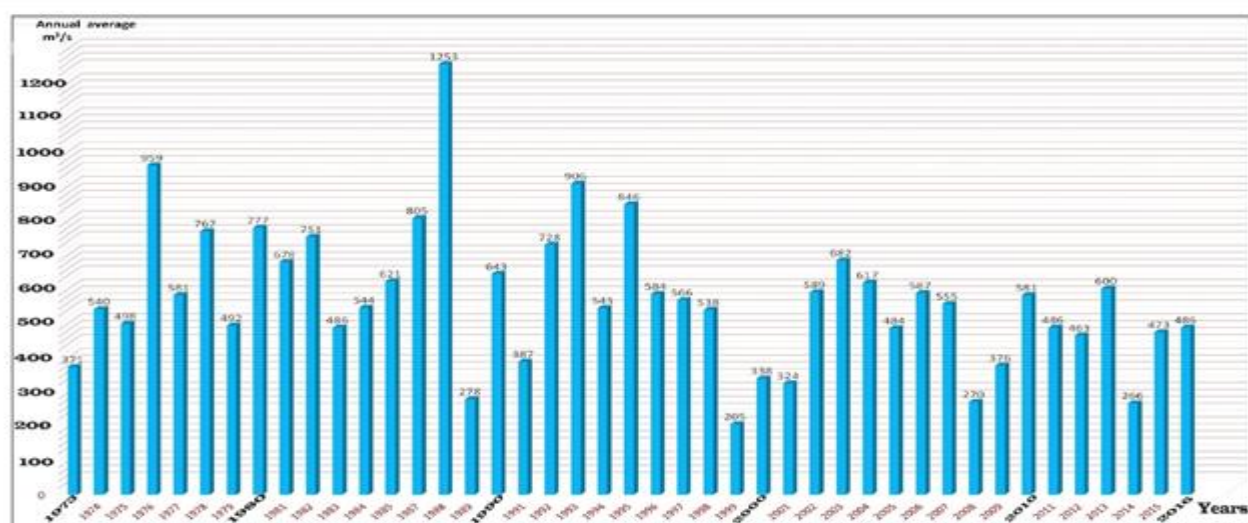


Рис. 1. Изменение объёма воды в бассейне реки Тигр в период с 1973 по 2016 гг.

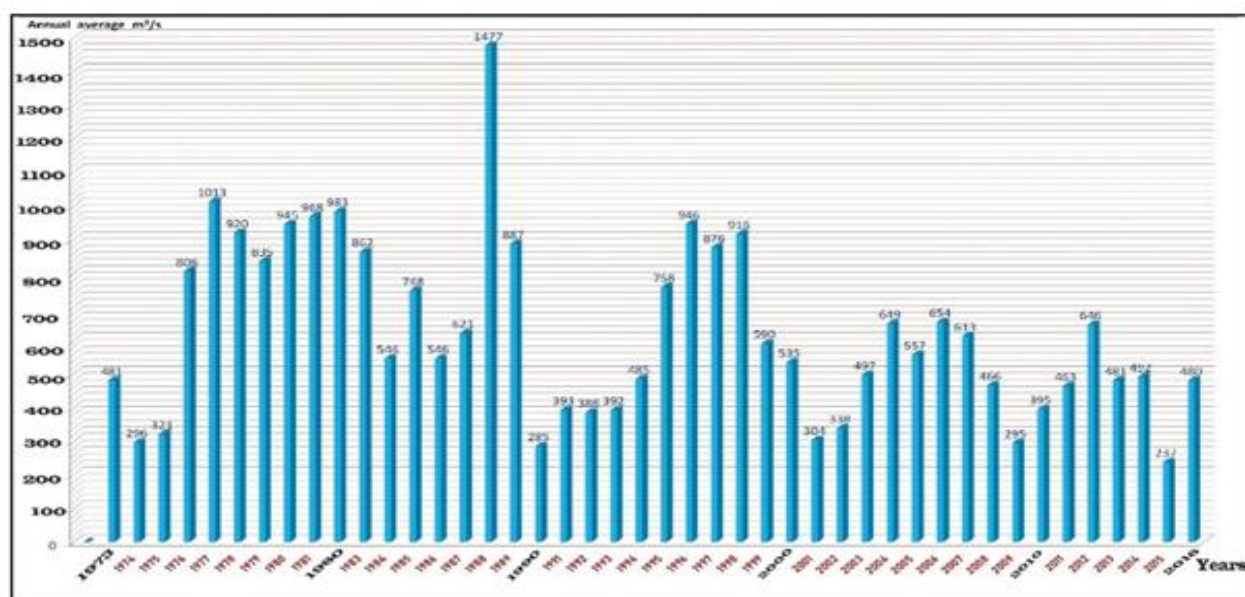


Рис. 2. Изменение объёма воды в бассейне реки Евфрат в период с 1973 по 2016 гг.

Солёность воды в Шатт-эль-Араб (рис. 3) за последние 10 лет имела два пика: в 2009 и 2015 гг. Это связано с аномально низкими уровнями Евфрата и, в меньшей степени, Тигра в эти годы. По данным министерства водных ресурсов



Рис. 3. Средний показатель солёности (T. D. S) воды в Шатт-эль-Араб в центре г. Басра, с 2006 до 2016 гг.

Ирака, в течение года солёность уменьшается в период с апреля до июля – из-за дождей и таяния снега в горах. Напротив, в период с августа по март солёность в Шатт-эль-Араб значительно выше, что связано с меженью и поступлением больших объемов солёной воды из Персидского залива в реку.

Аллювиальные марши охватывают район, в котором находятся три города: Басра, Эль-Насирия и Эль-Амара. Выделяют три крупных аллювиальных марша: Центральные, Хаммар и Хавиза. Вода поступает в них из рек Тигр и Евфрат через небольшие каналы. В 1991 г. марши были частично осушены. Целью являлось политическое подавление революции в южных

городах Ирака. В 1992 году был создан новый канал, названный «река Эль-Эзз». Его задачей было осушение Центральных аллювиальных маршей за счет перекрытия поступления воды из Тигра. Вода из перекрытых русел была направлена в Шатт-эль-Араб. В течение двух лет Центральные аллювиальные марши были полностью осушены (Махмуд, 2000). На аэрокосмических съёмках за 1977, 1989, 1994, 2000, 2006 и 2016 годы видно, как изменялась площадь аллювиальных маршей: 10 691; 6 587; 2 434; 1 248,6; 4 594 и 4 211 км² соответственно. По этим данным автор создал карту динамики изменения площади аллювиальных маршей (рис. 4). Минимальная площадь наблюдалась в 2000 году - когда аллювиальные марши были почти полностью осушены. В 2016 году повторная заполненность водой аллювиальных маршей составила 43 % от первоначального.

После 2003 года иракское государство разработало план по обводнению аллювиальных маршей. Был сформирован ряд органов для наблюдения и изучения аллювиальных маршей при содействии UNEP. На 2016 год страна смогла восстановить их только на 43%. Наблюдаемое уменьшение полноводности Тигра и Евфрата затрудняет или делает невозможным полное восстановление маршей. Таким образом, Ирак столкнулся с большой проблемой - острая нехватка воды и её высокая солёность, особенно в реке Шатт-эль-Араб. Для её решения Ираку очень желательно подписать конвенцию с Турцией, Сирией и Ираном о предоставлении достаточной доли поверхностных вод через реки Тигр и Евфрат. Ирак должен также установить контроль над использованием воды в сельском хозяйстве, промышленности и в обводнении аллювиальных маршей, чтобы уменьшить негативное влияние на климат. Всё это будет способствовать сокращению опустынивания в регионе.

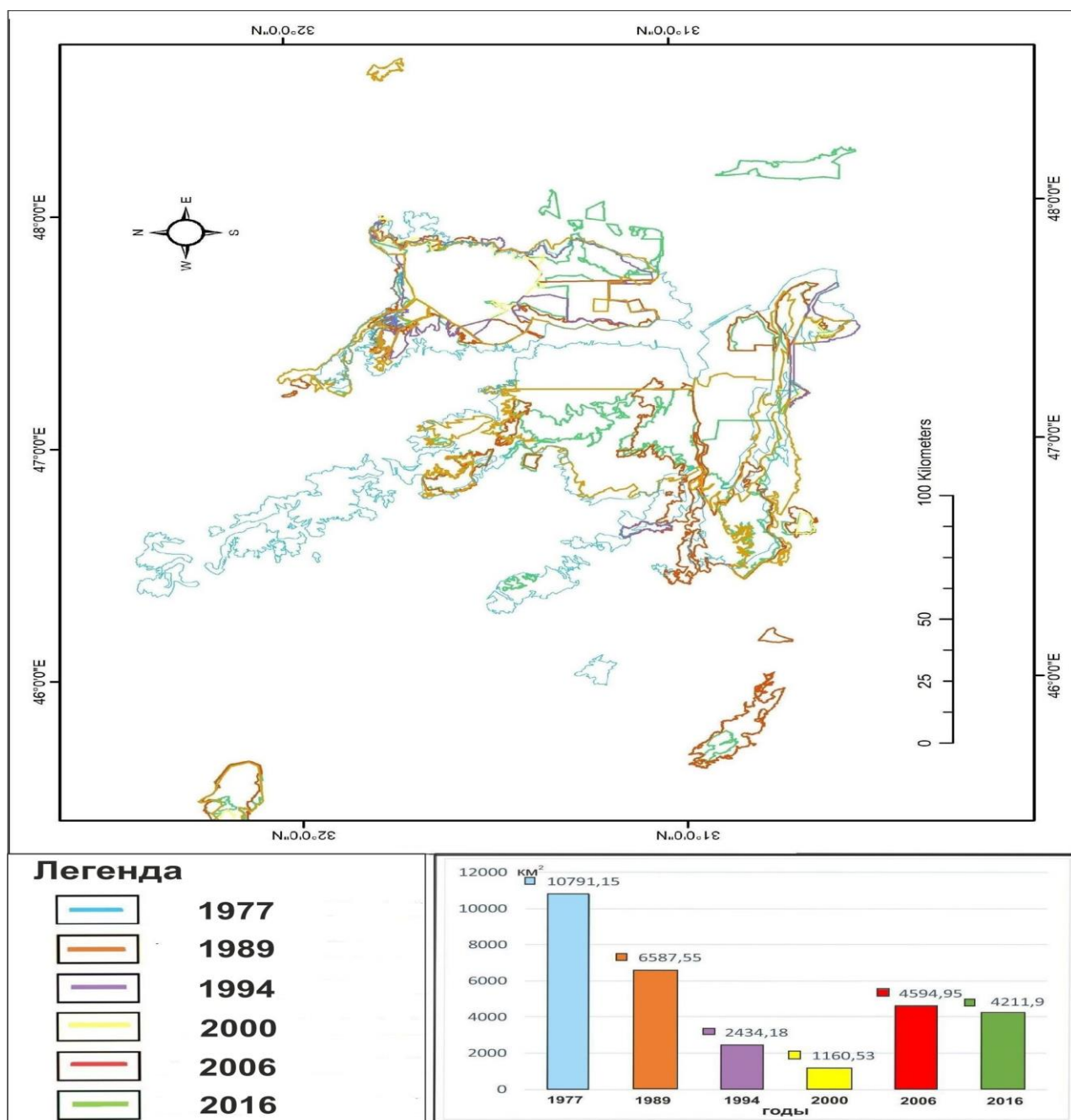


Рис. 4. Карта динамики развития природных комплексов аллювиальных маршей в Ираке за 1977, 1989, 1994, 2000, 2006 и 2016 гг.

Глава IV. Проблема опустынивания в южном Ираке, классификация, картографирование и динамическое развитие природных комплексов

Решение проблемы опустынивания заключается в установлении причин опустынивания, связанных с определением самого понятия, факторов и происходящих процессов: гидроклиматических (внешних), гидрогеологических, геоморфологических и антропогенных (внутренних). Территориально они проявляются комплексно.

Опустынивание – процесс, приводящий к потере природной системой сплошного растительного покрова. Он происходит, главным образом, в

аридных районах как результат влияния естественных и антропогенных факторов (вырубка лесов, неумеренная эксплуатация пастбищ, нерациональное водопотребление и др.). Активная и часто неразумная хозяйственная деятельность человека в аридных регионах, занимающих около 30% площади суши, создала реальную угрозу нарушения экологического равновесия, превращая эти земли в бесплодные и опасные для соседних районов, ещё не затронутых процессом опустынивания.

Факторы опустынивания в районе исследования

Природные факторы

Природные факторы являются одной из основных причин опустынивания и его расширения. Они имеют ярко выраженную региональную специфику (Бихери, 1979). Наиболее важные из этих факторов - климатические условия и связанные с ними явления, создающие засуху и высокую температуру. Другими значимыми природными факторами являются засоленность почвы и песчаные дюны.

1- Гидроклиматический фактор

Прогрессирующее повышение температуры воздуха. Изучаемый район характеризуется жарким сухим летом и прохладной дождливой зимой. Температура воздуха в январе достигает 10°C, а в течение нескольких дней к концу февраля опускается даже до нуля, тогда как к середине лета она достигает 45°C. В последние десятилетия наблюдается тренд роста средних температур (Табл. 1). Осушение аллювиальных маршей, возможно, также внесло негативный вклад в этот процесс.

Таблица. 1

Динамика элементов климата по трем метеостанциям в районе исследования, за 44 года (период с 1973 по 2016 гг.)

Элементы климата	Метеостанция	Насирия	Амара	Басра
Т° воздуха, С°		2,5413	0,043	3,0057
Влажность, %		-5,6975	5,2417	-15,7896
Осадки, мм		-43,6923	-21,7881	-53,4404
Испарение, мм		-52,8341	-107,6075	209,9561
Солнечная радиация (ватт\день)		0,1161	0,645	0,4386

Уменьшение количества атмосферных осадков является одним из важных факторов, влияющих на опустынивание в Ираке. В изучаемых районах дожди выпадают в зимний период. Отсутствие летних дождей и сопутствующее повышение температуры увеличивает испарение (Аль-Джбури, 2000). Всё это значительно повлияло на развитие опустынивания в Ираке. Осушение большой

площади аллювиальных маршей привело к уменьшению влажности и количества осадков, следовательно, к разрастанию зоны опустынивания.

Активизация песчаных бурь является событием чаще региональным, чем местным. Региональные бури, как правило, распространяются за пределы иракской территории. Они обычно охватывает часть Сирии, пересекая иракскую территорию в направлении Кувейта и Саудовской Аравии и/или в сторону Персидского залива, и реже распространяются на Иран. Региональные песчаные бури наносят больший экономический ущерб и оказывают более сильное негативное воздействие на здоровье человека по сравнению с локальными. Одной из основных причин развития песчаных и пыльных бурь являются климатические изменения в регионе, особенно уменьшение количества осадков, а также экологические изменения, такие как осушение аллювиальных маршей, деградация земель и опустынивание. Из местных причин наиболее распространённой является использование гусеничной техники и военные операции, особенно в южной пустыне Ирака.

В настоящее время в Ираке ежегодно в течение 20-50 дней происходят песчаные бури. Пыль может висеть в воздухе в течение нескольких дней. В районе исследования выделены две области активизации песчаных бурь: Западная пустыня и область, расположенная между реками Тигр и Евфрат (рис. 6, комплекс №6)

2- Гидрогеологический фактор (засоление почв)

Присутствие неглубоко залегающих грунтовых вод является одной из основных причин засоления почвы на юге Ирака. Чрезмерное орошение и плохие условия дренажа в орошаемых районах способствовали повышению уровня грунтовых вод, что в свою очередь привело к деградации земель за счет засоления. Из-за этого обрабатываемые земли сокращаются на 5% ежегодно. Площадь засоленных участков (рис. 6, комплекс №13) в районе исследования увеличивалась в процессе осушки аллювиальных маршей. В 1989 году площадь этого комплекса не превышала 40 км², а в 2000 году она составляла уже 690 км². Однако после повторного заполнения части осушенных аллювиальных маршей к 2016 году площадь засоленных земель сократилась до 307 км².

3- Геоморфологический фактор

Прогрессирующее наступление песчаных дюн также является проявлением опустынивания. Они наносят серьёзный ущерб большим площадям сельскохозяйственных земель и естественным пастбищным угодьям, а также превращают продуктивные земли в земли, которые имеют низкие показатели продуктивности, или вообще в пустыню.

В районе исследования песчаные дюны делятся на три типа: первый из них располагается на востоке (рис. 6, комплекс №11), второй - на западе, в пустыне (рис. 6, комплексы №1-2), третий - между реками Тигр и Евфрат (рис. 6 комплекс №6). Движение песчаных дюн происходит с юго-востока на северо-запад и угрожает сельскохозяйственным угодьям. Дюны в этом регионе имеют форму полумесяца и считаются опасными из-за высокой скорости передвижения - до 32,16 м/год. С ними связаны и пыльные бури. Расположение массивов песчаных дюн между двумя основными реками оказывает дополнительное негативное влияние на окружающие сельскохозяйственные районы.

Антропогенные факторы

1- Искусственное осушение аллювиальных маршей

Площадь аллювиальных маршей в 1977 году составляла 10 791,15 км². Осушение аллювиальных маршей в начале 1990-х годов было осуществлено по политическим мотивам при тогдашнем правительстве страны. Вследствие осушки маршей Хавиза, Хаммар и Центральные их площадь сократилась на 65%, 95% и 98% соответственно, и к 2000 году она составила в сумме всего 1 248 км². Этот процесс оказал разрушительное влияние на биоразнообразие. По мере изменения климата исчезла растительность, которая росла в болотистой местности, а на смену ей пришли растения, адаптированные к опустыненной местности, такие как тамарикс, солянка и др. Пальмы и фруктовые сады сильно пострадали от засухи и пыльных бурь. Негативные последствия коснулись также выращивания риса, которым в 1973 году было занято более 50% площади сельскохозяйственных угодий в регионе, а также рыбной ловли, охоты на птиц и разведения буйволов, 80% общей численности которых обитает в аллювиальных маршах. В начале 1990-х годов их популяция составляла около 200 тыс. голов (Naba, 2009), а к 2003 году сократилась на 35% и составила 130 тыс. голов.

2- Негативные процессы в театре военных действий

На процесс опустынивания серьезно повлияли также три последовательные войны в конце XX в. и начале XXI в. Неразумная политика и военные действия привели к миграции многих фермеров, их отказу от больших участков сельскохозяйственных земель. Из-за войн Ирак потерял почти 12 миллионов пальм. Территории, на которых разворачивался театр военных действий, были подвержены сильному техногенному загрязнению.

Таким образом, главными причинами опустынивания в Ираке являются: прогрессирующее иссушение климата, влекущее за собой уничтожение скудной растительности из-за чрезмерного выпаса скота, вырубки деревьев и

кустарников, распашки малопригодных для земледелия площадей, и другие виды хозяйственной деятельности, нарушающие хрупкое равновесие в природе. Они многократно усиливают действие ветровой эрозии, иссушение верхних слоёв почвы. Нарушается водный баланс, снижается уровень грунтовых вод, колодцы пересыхают. Разрушается структура почв, усиливается их насыщение минеральными солями. Вследствие избыточной хозяйственной нагрузки сложноорганизованные бассейново-речные системы превращаются в примитивно-организованные пустынные ландшафты.

Классификация ландшафтных комплексов и построение карты

Классификация ландшафтных комплексов разрабатывалась в процессе создания одноимённой карты и представлена в виде её легенды. При этом использовалась следующая методическая последовательность:

- построение основы карты ландшафтных комплексов по данным интерактивного дешифрирования КС за 2016 г.;
- проведение по ней полевой индикационной съёмки и построение модели данной карты;
- построение цифровой карты-классификации, совместное рассмотрение обеих моделей, построение итоговой карты ландшафтных комплексов с классификационной легендой.

1- Ландшафтная карта

1.1. Интерактивная классификация яркостных параметров изображения местности по снимку 2016 г.

Ландшафтная карта получена методами синтеза цифрового и аналогового дешифрирования. В основу классификации было положено яркостное отображение ландшафтного разнообразия территории, отображенное на снимке середины июня 2016 г. Данный сезон съёмки выбран как оптимальный, так как в это время наблюдается максимальная сомкнутость растительного покрова, определяющая благоприятные для дешифрирования условия проявления оптики ландшафта. При визуальном дешифрировании использовался широко известный метод текстурно-структурного анализа фотоизображения. При машинном дешифрировании применялся метод классификации значений яркости без обучения.

На карте выделено 16 ландшафтных комплексов (рис. 5-6). После проведения полевой индикационной съёмки эти комплексы были разделены на три крупные категории: природные (1,2,3,4,8,10,11,12,16), природно-антропогенные (5,6,7,9,13) и антропогенные (14,15).

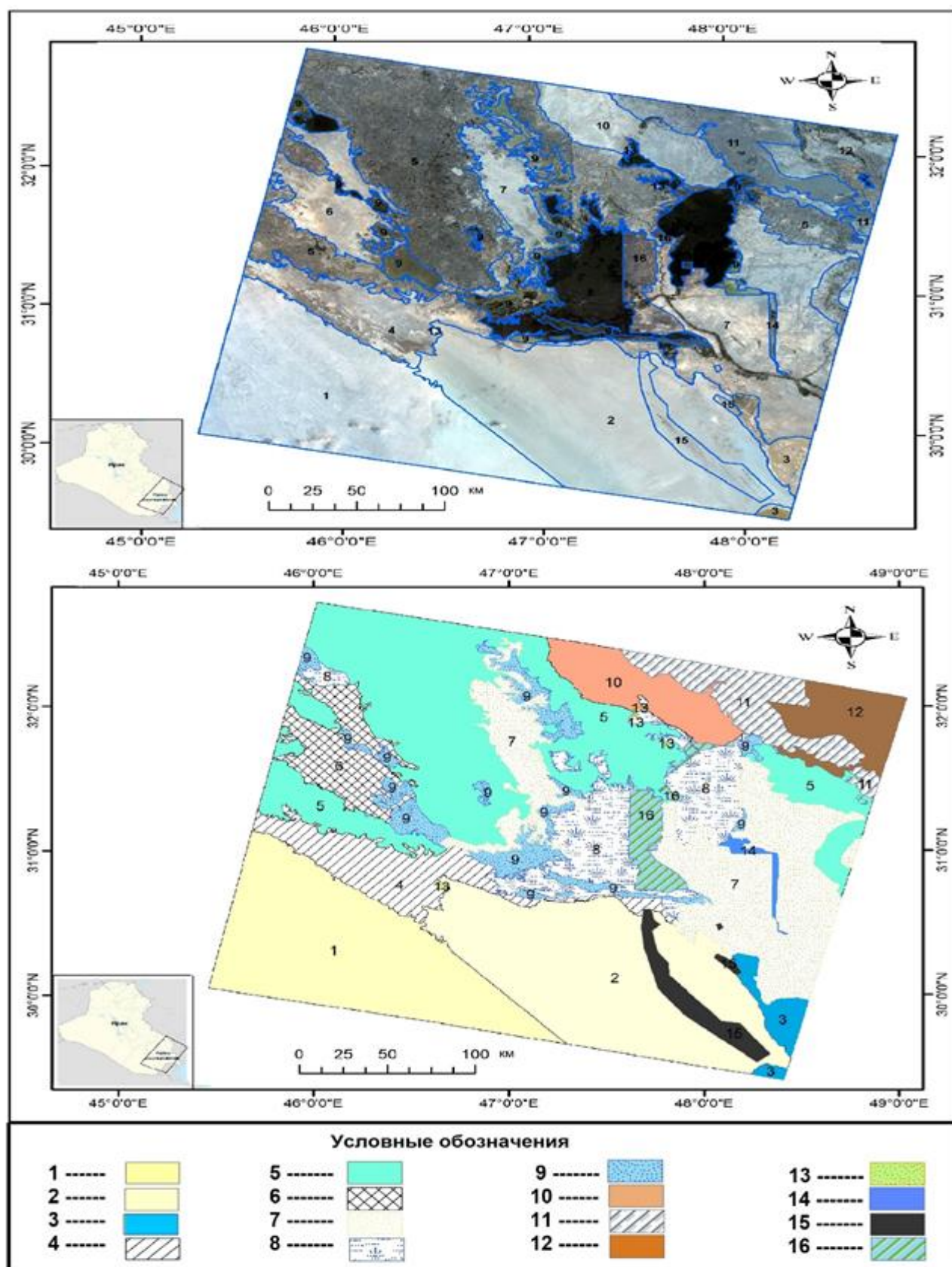


Рис. 5. Ландшафтная карта района исследования (аналоговая интерактивная классификация) за 1989 г. (по данным Landsat 4 ETM. 14/06/1989)

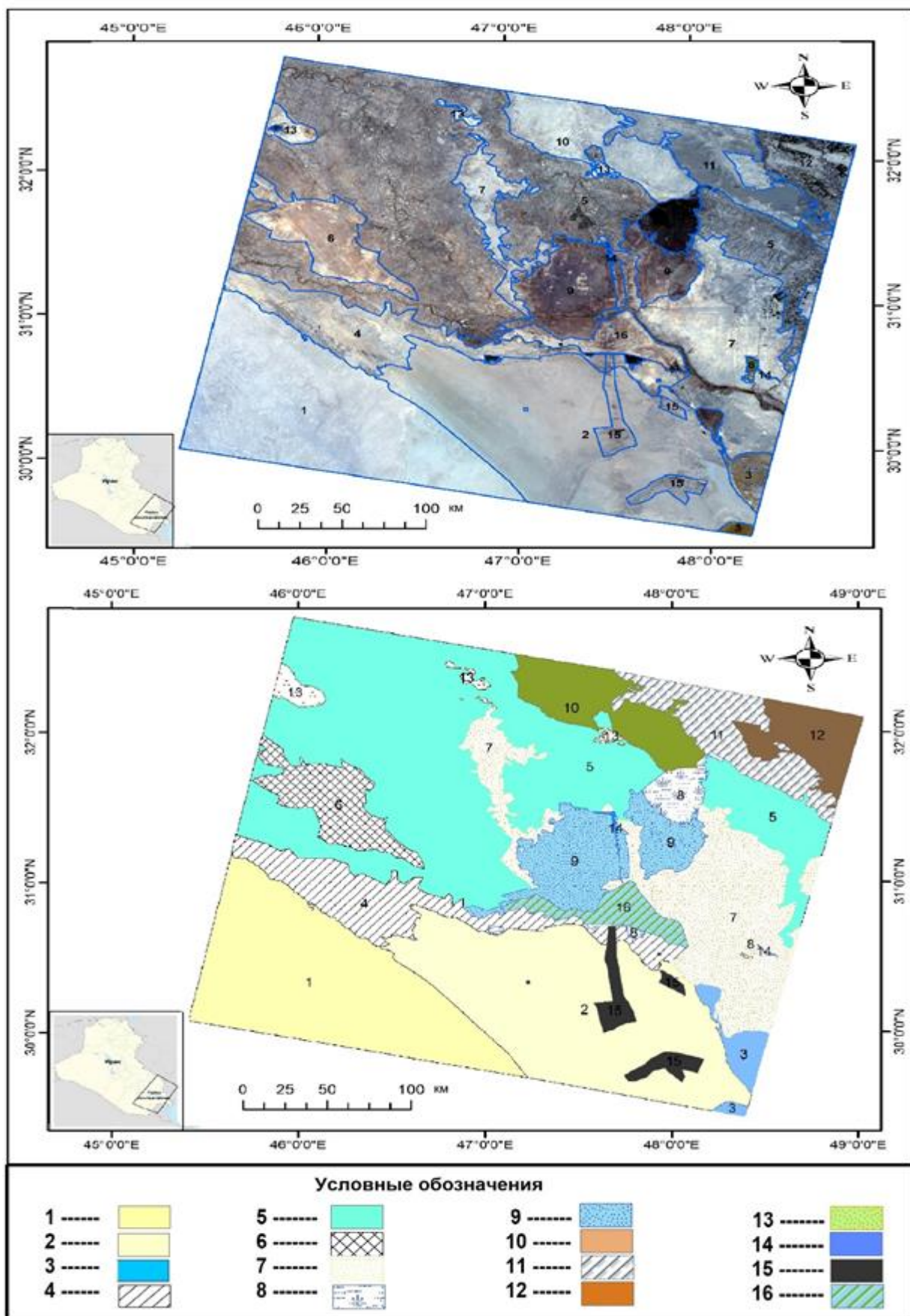


Рис. 6. Ландшафтная карта района исследования (аналоговая интерактивная классификация) за 2000 г. (по данным Landsat 5 UTM. 15/06/2000)

Легенда (рис 5, рис 6, рис 7)

Природные комплексы

- (1) Эоловые песчаные равнины с бугристым песчаным рельефом и разреженной кустарниковой растительностью.
- (2) Эоловый комплекс фестончатых песков с разреженной кустарниковой растительностью.
- (3) Аллювиальные глинистые поймы с разреженной травянистой растительностью (местами с кустарниками).
- (4) Солончаковые впадины с крайне редкой галофитной растительностью.
- (8) Аллювиальные марши с осоково-рогозово-тростниковой растительностью.
- (10) Наклонные пролювиальные равнины с разреженной и низкорослой растительностью из колючих акатников и ксерофильных кустарников.
- (11) Наклонные предгорные равнины с каменисто-песчаным субстратом, эоловыми формами рельефа и разреженной опустыненной степной растительностью.
- (12) Низкогорье со сглаженным холмистым рельефом и каменистым субстратом с разреженными сосновыми низкорослыми лесами с примесью можжевельника и дуба.
- (16) Переменно-влажные редко затопливаемые аллювиальные марши с осоково-тростниковой растительностью.

Природно-антропогенные комплексы

- (5) Сельскохозяйственные угодья низких террас на аллювиальных суглинистых почвах с фрагментами окультуренной древесной растительности.
- (6) Осушенные аллювиальные низкие террасы с преобладанием дефляционных форм рельефа на пылеватых засоленных песках с редкими тамариксом и галофитной растительностью.
- (7) Глинистые и суглинистые аллювиальные равнины, местами засоленные, с редкими солянками и тамариксом.
- (9) Осушенные аллювиальные марши на низких аллювиальных террасах, местами засоленные, с редкой и низкорослой галофитной травянистой растительностью (в 1989 году, до осушения, имели название «сезонно-влажные аллювиальные марши с осоково-тростниковой растительностью»).
- (13) Осушенные аллювиальные марши низких аллювиальных террас с солончаками, лишенными растительности.

Антропогенные комплексы

- (14) Аквальные комплексы ирригационных каналов.
- (15) Антропогенно-преобразованные комплексы нефтяных месторождений в пределах песчаных пустынь с искусственными древесными насаждениями.

2- Методика цифровой классификации.

При проведении цифрового анализа изображения использовался метод классификации без обучения. Карта исследуемой территории (рис. 7) была создана по машинному варианту, а сверху указаны границы комплексов из ручной классификации. Оказалось, что в машинной классификации трудно различить сухие комплексы, близкие друг к другу по цвету и тону. Машинная

технология также не различает форму рельефа (высота, уклон, равнина) и изображения в отдельных спектральных каналах от естественных мелких водоёмов. Однако у машинной классификации есть важный плюс – она может отсортировать очень маленькие области с характеристиками другого комплекса, что в ручном варианте сделать крайне сложно, либо невозможно. В такой классификации чем меньше комплекс, тем точнее результат.

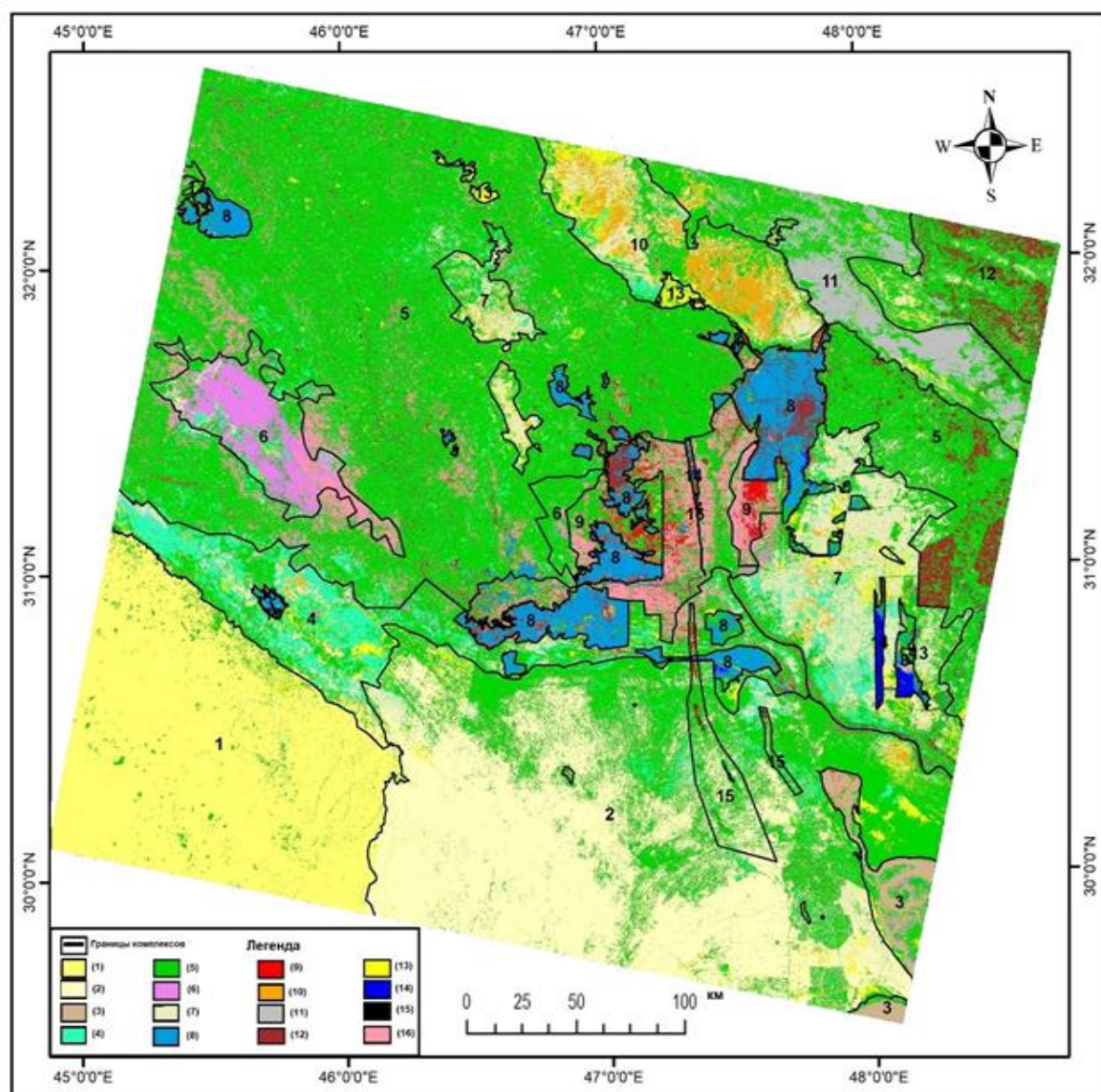


Рис. 7. Ландшафтная карта района исследования (машинная классификация) за 2016 г.

Итоговая ландшафтная карта южного Ирака содержит три группы комплексов - природные, природно-антропогенные и антропогенные - вместе охватывающие 16 типов ландшафтов. Подробное их описание содержится в основном тексте диссертационной работы.

Динамический анализ был произведён на основе дешифрирования всей серии изображений. Развитие ландшафтов можно подразделить на три стадии:

до осушения аллювиальных маршей, период осушения и новое обводнение. Эти три стадии протекали под влиянием прогрессирующего иссушения климата и опустынивания всего Аравийского полуострова. Свидетельством этого могут служить разнообразные природные и антропогенные процессы, такие как наступление дюн на продуктивные угодья, усиление пыльных бурь, прогрессирующее засоление почв, опустынивание за счёт бесконечных военных действий и пр. В частности, были выделены три области возникновения песчаных дюн и бурь (комплексы 1-2, 6, 11), а также сухие засоленные участки (комплексы 4, 6, 7, 13) и пустынные районы (комплексы 1, 2).

Динамика развития ландшафтных комплексов в условиях прогрессирующего опустынивания по данным сопоставления материалов дешифрирования

Тип процесса опустынивания парагенетически связан с типом рельефа. Рельеф юга Ирака делится на три части: восточная - холмогорья (хребет Хамрина), центральная – озерно-болотно-аллювиальные равнины с маршами, и западная - пустыня. На данной территории выделено 16 ландшафтных комплексов. Сравнение за разные годы - 1989, 2000, 2006, 2016 - показало, что существует значительная разница в площадях комплексов до осушения аллювиальных маршей (1989 г.) и после их частичного восстановления (площадь осушения составила 4 811 км² на 2000 г.). На рис.8 показаны границы комплексов за 2000, 2006 и 2016 годы.

Динамический анализ подтвердил, что в развитии комплексов присутствовали три стадии: до осушения аллювиальных маршей, период осушки (1992-2003 гг.) и после частичного обводнения. Были получены неоспоримые данные о наличии огромной разницы в состоянии окружающей среды до осушения аллювиальных маршей и после.

Были сделаны следующие **основные выводы**:

- Опустынивание захватило площадь в 4 568,3 км² от осушенных аллювиальных маршей, а из-за недостатка воды в реках Тигр и Евфрат повторное заполнение аллювиальных маршей до первоначального объёма становится невозможным. Поэтому большие территории находятся под угрозой дальнейшего опустынивания.
- Комплекс сельскохозяйственных угодий №5 расширился за счёт других комплексов и к 2000 году его площадь постепенно увеличилась на 6 425,08 км².
- Наблюдается значительное расширение комплекса №2 в Западной пустыне на площадь в 4 533,82 км² - по большей части за счет комплексов №№1, 3 и 7.

- Комплекс №1, прилегающий к комплексу №2, начал постепенно меняться с 2000 года, и к 2016 году полностью изменился и стал похож на комплекс №2, захватив, таким образом, площадь в 2 152,39 км².
- Комплекс №16 расширился на площадь равную 1 006,79 км² - в большей степени за счёт комплекса №9 из-за длительной засухи. Расширение этого комплекса идёт почти 30 лет и, как ожидается, продолжится в дальнейшем.

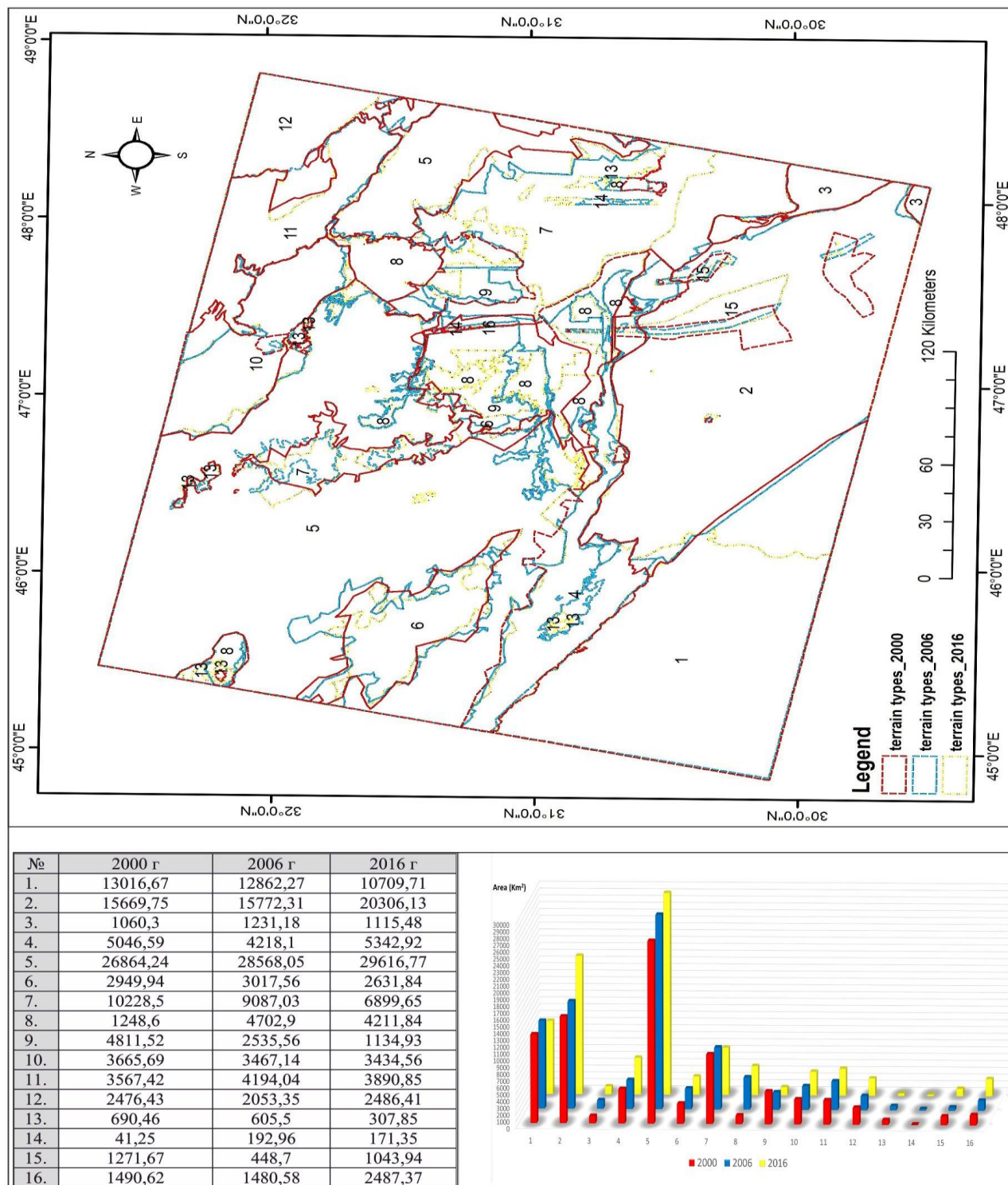


Рис. 8. Карта динамики опустынивания юга Ирака после начала обводнения аллювиальных маршей за 2000, 2006, 2016 гг.

Глава V. Практические задачи и методы их решения

1. Проблема водных ресурсов в Ираке. Необходим обмен гидрологической и климатической информацией, создание единой системы для соседних стран. Ирак должен исправить внутреннюю ирригационную систему, создать план постройки больших дамб на реках Тигр и Евфрат, а именно от Багдада до юга Ирака.

2. Проблема сельского хозяйства и ирригации. Необходимо создать консультативный орган по решению данной проблемы, рассмотреть возможности сокращения выращивания некоторых культур, потребляющих большое количество воды (таких как сахарный тростник и рис), перейти на рациональное использование поверхностных вод с помощью современных методов орошения.

3. Проблема дюн и песчаных бурь. Лучшим решением этой проблемы является создание зелёного пояса на границе между Западной пустыней и аллювиальной равниной, и вокруг комплекса № 6 (низкие террасы между реками Тигр и Евфрат). Подходящим растением для этого, предположительно, является эвкалипт (*Eucalyptus*). Также возможно устройство дорог с канавами по обочинам или создание простейших деревянных барьеров для остановки движения песчаных дюн.

4. Проблема засоления почв. Необходимо создать дренажные системы на сельскохозяйственных землях, а также расширить систему дренажа для восстановления сельскохозяйственной функции опустыненных земель.

5. Проблема нового обводнения аллювиальных маршей. Реорганизовать старые каналы, установить современные станции мониторинга. Для успешного обводнения возможно также использовать каналы, которые были созданы для осушения аллювиальных маршей.

6. Проблема войн, их влияние на окружающую среду и распределение населения. Очистить загрязнённые территории от мин и любых военных отходов. Разработать программу информирования о рисках для здоровья людей. Разработать программы восстановления и защиты окружающей среды, требовать соблюдения экологической безопасности.

В **Заключении** приведены основные выводы и результаты, полученные в ходе настоящего диссертационного исследования.

1. После постройки дамб в соседних странах (Турция, Сирия) на реках Тигр и Евфрат количество воды в реках сократилось на 37% и 60% соответственно. Это негативно влияет на размеры обрабатываемых площадей и вообще сельское хозяйство в районах, прилегающих к руслам обеих рек.

2. Прекращение в последние годы поступления воды Евфрата в Шатт-эль-Араб, а также недостаток воды в Тигре привели к тому, что во время приливов

солёные воды из Персидского залива стали подниматься по руслу реки Шатт-эль-Араб и доходить до юго-восточной части аллювиальных маршей Хаммара на расстояние до 105 км. Это привело к увеличению засоленности (T.D.S. 4194 мг/л на 2015 г.) орошаемых земель и ликвидации крупных сельскохозяйственных угодий в окрестностях Шатт-эль-Араба.

3. Осушение аллювиальных маршей стало очень важным негативным событием в регионе, их осушенная площадь оценивается в 4 811 км². Осушение сыграло значительную роль в повышении температуры, снижении количества осадков и увеличении засоленности почвы. Также оно негативно сказалось и на биоразнообразии. После заполнения аллювиальных маршей водой на 43% (на 2016 год) биоразнообразие было частично восстановлено, например, из 32 видов рыб вернулись 22 вида.

4. Были выявлены следующие природные факторы опустынивания:

- Гидроклиматические, в т.ч. песчаные бури. Из-за расширения опустынивания число песчаных и пыльных бурь увеличилось с 24 и достигло в среднем 50 дней в году. Комплекс №6 является местом зарождения этих явлений в районе исследования.

- Гидрогеологические: засоление почвы (комплекс №13). Увеличилась площадь засоленных земель с 37 км² (1989 г.) и до 690 км² (2000 г.).

- Геоморфологические: песчаные дюны, расположенные в комплексах №№ 1, 2, 6, 11. Чаще всего они имеют форму полумесяца (барханы), скорость движения составляет до 32 м/год - надвигаясь на сельскохозяйственные угодья, они угрожают им.

5. Политика и военные действия сыграли большую негативную роль в миграции многих фермеров, их отказе от больших участков сельскохозяйственных земель. Из-за войн Ирак потерял почти 12 миллионов палм. Территории, на которых разворачивался театр военных действий, были подвержены сильному загрязнению, вызванному минами (порядка 25 млн. штук) и обеднённым ураном (1 100-2 200 тонн), особенно в провинции Басра и в ирано-иракском пограничном районе.

6. При помощи разновременных космических съёмок район исследования был подразделён на 3 группы комплексов: природные, природно-антропогенные и антропогенные. Они включают 16 типов ландшафтов, динамика границ которых отслежена за последние 40 лет. Было отмечено, что после осушения аллювиальных маршей произошло значительное расширение пустынных территорий, увеличилась солёность, эрозия и загрязнение почв. Наиболее существенны следующие изменения:

- Опустынивание захватило площадь в 4 568,3 км² от осушенных аллювиальных маршей, а из-за недостатка воды в реках Тигр и Евфрат повторное заполнение

аллювиальных маршей до первоначального объёма становится невозможным. Поэтому большие территории находятся под угрозой дальнейшего опустынивания.

- Комплекс сельскохозяйственных угодий №5 расширился за счёт других комплексов и к 2000 году его площадь постепенно увеличилась на 6 425,08 км².
- Наблюдается значительное расширение комплекса №2 в Западной пустыне на площадь в 4 533,82 км² - по большей части за счет комплексов №№1, 3 и 7.
- Комплекс №1, прилегающий к комплексу №2, начал постепенно меняться с 2000 года, и к 2016 году полностью изменился и стал похож на комплекс №2, захватив, таким образом, площадь в 2 152,39 км².
- Комплекс №16 расширился на площадь равную 1 006,79 км² - в большей степени за счёт комплекса №9 из-за длительной засухи.

III. СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах из списков, индексируемых Scopus и рекомендованного ВАК:

- 1- Awadh W.R. The problem of utilization of the water resources of the Republic of Iraq under progressive desertification conditions. Journal Geography and Natural Resources. Volume: 35, №4, 2014. pp 373-379.
- 2- Авад В.Р. Решение проблемы водоснабжения территории Ирака в условиях прогрессирующего опустынивания. Журнал «Вестник СПбГУ». Сер. 7. Вып. 2. 2014. с.170-183.
- 3- Авад В.Р. Проблема использования водных ресурсов Ирака в условиях прогрессирующего опустынивания. Журнал «География и природные ресурсы». № 4. 2014. с.146–152.

Прочие публикации:

- 4- Авад В.Р. Опустынивание и решение проблемы водоснабжения территории Ирака. VIII Всероссийском совещании по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований», Ростов-на-Дону, 10–15 июня 2013 г. с.5-6.
- 5- Авад В.Р. Лопатин Д.В. Гидрологические и гидрогеологические особенности Ирака и пути преодоления процесса опустынивания. XXXIV Пленум геоморфологической комиссии РАН: «Экзогенные рельефообразующие процессы», Волгоград, 6-9 октября 2014 г. с.1-5.
- 6- Авад В.Р. Лопатин Д.В. Использование цифровых моделей разновременных космоснимков для изучения динамики развития аллювиальных маршей в Ираке. II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, посвящённая Году экологии

- и 55-летию высшего географического образования в Удмуртской Республике: «Проблемы региональной экологии и географии», Ижевск, 9–13 октября 2017 г. с.45-48.
- 7- Авад В.Р. Лопатин Д.В. Динамика развития процесса опустынивания на юге Ирака. Инновации в науке и практике. Сборник статей по материалам VII международной научно-практической конференции. Часть 5(5). Барнаул, 28 апреля 2018 г. с.131-134.
- 8- Авад В.Р. Лопатин Д.В. Динамика развития аллювиальных маршей и проблема водных ресурсов Ирака. Перспективы развития науки в современном мире. Сборник статей по материалам VII международной научно-практической конференции. Уфа, 20 апреля 2018 г. с.323- 327.
- 9- Авад В.Р. Лопатин Д.В. Использование цифровых моделей разновременных космических снимков для изучения динамики развития аллювиальных маршей в Ираке. Международная научно-техническая конференция «Пространственные данные как основа развития цифровой экономики России». Москва, 29 мая 2018 г., с.114-115.
- 10- Авад В.Р. «Проблема опустынивания Ирака и эксплуатация ресурсов подземных вод», Германия: Саарбрюккен, издательство LAP, 2014 г.