



II Международная научная конференция

**«Геоэкологическая оценка
бассейнов горных рек:
теоретико-методологические
и методические аспекты,
региональные исследования»**

г. Грозный, Россия
25 декабря 2024 г.

Материалы конференции

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ГГНТУ ИМ. АКАДЕМИКА М.Д. МИЛЛИОНЩИКОВА
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ИМЕНИ А.О. КОВАЛЕВСКОГО РАН
АКАДЕМИЯ НАУК ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО ФИЦ РАН
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ВНЦ РАН

Геоэкологическая оценка
бассейнов горных рек:
теоретико-методологические
и методические аспекты,
региональные исследования

Материалы II Международной научной конференции
25 декабря 2024 г., г. Грозный, Россия

Научные редакторы:
д.ф.-м.н. профессор И.А. Керимов
д.г.н. Р.В. Горбунов

Грозный 2025

УДК [502/504:556.51](23)
ББК 26.38

Конференция проводилась при финансовой поддержке проекта Российской Федерации в лице Минобрнауки России — гранта в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (соглашение № 075-15-2024-644) «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки».

Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования: материалы II Международной научной конференции,

25 декабря 2024 г., Грозный, Россия / научные редакторы: д.ф.-м.н. И.А. Керимов, д.г.н. Р.В. Горбунов. Грозный: ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, 2025. 152 с.

ISBN 978-5-6052832-0-2-5

В сборнике представлены материалы II Международной научной конференции «Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования». Рассмотрены теоретические и методологические подходы к оценке состояния окружающей среды в районах бассейнов горных рек, а также практические аспекты применения современных технологий, таких как ДЗЗ и ГИС. Особое внимание уделено региональным исследованиям и анализу особенностей пространственной структуры, функционирования и современного состояния ландшафтов горных речных бассейнов. Также обсуждаются проблемы антропогенной трансформации ландшафтов и возможности использования искусственного интеллекта в практике геоэкологических исследований.

ISBN 978-5-6052832-2-5



9 785605 283225 >

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
MILLIONSHCHIKOV GROZNY STATE OIL TECHNICAL UNIVERSITY
A. O. KOVALEVSKY INSTITUTE OF BIOLOGY OF THE SOUTHERN SEAS OF RAS
ACADEMY OF SCIENCES OF THE CHECHEN REPUBLIC
INSTITUTE OF GEOLOGY OF THE DAGHESTAN FRC OF THE RAS
GEOPHYSICAL INSTITUTE OF THE VSC OF THE RAS

Geoecological assessment of mountain river basins: theoretical, methodology and methodical aspects, regional research

Proceedings of the II International Scientific Conference
25 December 2024, Grozny, Russian Federation

Science Editors:
Doctor in Physics and Mathematics, professor I.A. Kerimov
Doctor in Geography R.V. Gorbunov

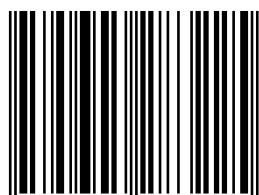
Grozny 2025

The conference was financially supported by the project of the Russian Federation represented by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation - grant in the form of subsidies for major scientific projects in priority areas of scientific and technological development (Agreement No. 075-15-2024-644) “Dynamics of geoecological state of mountain river basins of the North-Eastern Caucasus, Azerbaijan and Iran under climate change and growing anthropogenic load”.

Geoecological assessment of mountain river basins: theoretical, methodology and methodical aspects, regional research: Proceedings of the II International Scientific Conference, 25 December, 2024, Grozny, Russia / Scientific Editors: I.A. Kerimov, R.V. Gorbunov. Grozny: Millionshchikov GSTOU, 2025. 152 p.

The proceedings include materials from the II International Scientific Conference “Geoecological assessment of mountain river basins: theoretical-methodological and practical aspects, regional studies.” The papers cover theoretical and methodological approaches to assessing the environmental state of mountain river basins, alongside practical applications of advanced technologies, such as remote sensing and geographic information systems (GIS). Particular attention is devoted to regional studies, as well as the analysis of the spatial structure, functioning, and current condition of landscapes within mountain river basins. The issues of anthropogenic transformation of landscapes and the potential for employing artificial intelligence in geoecological research are also explored. These proceedings are intended for researchers and professionals in geoecology, landscape science, natural resource management, and environmental protection.

ISBN 978-5-6052832-2-5



9 785605 283225 >

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
Атаев З.В. ПОЛЕВЫЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНОВ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРНЫХ РЕК ВОДОСБОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ И ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ)	9
Атаев З.В., Абдулаев К.А. ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ И ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ)	16
Атаев З.В., Абдулаев К.А. ЛАНДШАФТЫ БАСЕЙНА РЕКИ СУЛАК (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ).....	23
Атаев З.В., Кучинская И.Я., Керимова Э.Д. ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА БАСЕЙНОВ РЕК ГАРАЧАЙ И АТАЧАЙ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ КАВКАЗЕ	28
Багатаев Р.М. ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ И РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД БАСЕЙНА РЕКИ САМУР	36
Васьков И.М., Маковозова З.Э., Караев Ю.И. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКРЕАЦИОННОГО ОСВОЕНИЯ ГОРНЫХ ДОЛИН (СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ, Р. ФИАГДОН).....	40
Гайрабеков У.Т., Музаев И.Х. СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНА РЕКИ ГУМС.....	45
Гусейнова Л.А. ИЗУЧЕНИЕ ЭНТОМОФАУНЫ КУСТОВ ШИПОВНИКА В УСЛОВИЯХ ГАРЯЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА АЗЕРБАЙДЖАНА	50
Дрыгваль П.В., Дрыгваль А.В. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АНОМАЛИЙ КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ПРЕДЕЛАХ БАСЕЙНОВ РЕК ВОДОСБОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ	55
Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В БАСЕЙНЕ РЕКИ АТАЧАЙ.....	59
Калмыков Н.П. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА И МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ПЛИО-ПЛЕЙСТОЦЕНА В ДОЛИНАХ РЕК СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	61
Колодич О.П. ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ БЕЛОЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАКАЗНИКА «АЛТЫН СОЛОК» (ЮЖНЫЙ УРАЛ).....	66
Курашева О.А. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕКЕ БАКСАН ОТ ЕГО ИСТОКА ДО ВЫХОДА В ПРЕДГОРНУЮ ЗОНУ (КБР)	71
Кучменова И.И., Кондратьева Н.В. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕК КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ВЫСОКОГОРНОГО ЗАПОВЕДНИКА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.	73
Маковозова З.Э., Соколов А.А. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ВЫСОКОГОРНОЙ КОТЛОВИНЫ КЕЗЕНОЙ-АМ	78
Мирзоева Н.Ю., Сидоров И.Г., Мосейченко И.Н., Мирошниченко О.Н. ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИЕ ПРИРОДНЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В КОМПОНЕНТАХ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ФАТАЛА (ГВИНЕЙСКАЯ РЕСПУБЛИКА)	83
Никифорова А.А., Табунщик В.А., Линева Н.П. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕКОТОРЫХ	

МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА КАПСЕЛЬСКОЙ БУХТЫ (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	88
Никифорова А.А., Табунщик В.А., Линева Н.П. АНАЛИЗ АКТУАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ БАССЕЙНА РЕКИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ СУНЖА (РОССИЯ)	92
Панкеева Т.В., Каширина Е.С., Свирин С.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ОХРАНЫ БАССЕЙНОВ РЕК ГОРНОГО КРЫМА	97
Решетняк О.С., Комаров Р.С. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ВЫНОСА ГЛАВНЫХ ИОНОВ ДЕЛЬТОВЫМИ РУКАВАМИ р. КУБАНИ В АЗОВСКОЕ МОРЕ	102
Салгириев Р.Р., Салгириев И.Р., Хамзаев А.С.-С. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ЧР НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	107
Скупкин Д.А., Федюнин В.А. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКИ СУЛЁМ	111
Табунщик В.А., Никифорова А.А., Линева Н.П., Дрыгваль П.В., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Фам К.Н., Керимов И.А., Братанов Н.С., Киселева М.В. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА КАСПИЙСКОГО МОРЕ	114
Тихонова Е.А., Соловьёва О.В., Миронов О.А. КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ «РЕКА-МОРЕ» НА ПРИМЕРЕ Р. ЧЕРНОЙ–Б. СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)	117
Хузмиев И.К., Дреев М.С. МОНИТОРИНГ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРНЫХ РЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	122
Черкашин В.И., Мамаев С.А., Идрисов И.А., Сулейманов В.К., Ибаев Д.Г. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО УЧАСТКА ВДОЛЬ ДОРОГИ ЛЕВАШИ-ХАДЖАЛМАХИ	127
Широкова В.А., Юрова Ю.Д. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ «РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ»: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ	131
Эльжаев А.С., Саидов А.-К. С.-Б. ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ	137
Jandaghi N., Norouzi N., Shirokova V.A., Nasiri A. MODELING OF RAINFALL – GROUNDWATER LEVEL USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANN) AND A FORWARD PROCESS IN NORTHEASTERN IRAN	146

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник подготовлен по материалам II Международной научной конференции «Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования», которая проходила 25 декабря 2024 г. в г. Грозный на базе Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова).

Организаторы конференции: Министерство науки и высшего образования РФ, ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова (г. Грозный), Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (г. Севастополь), Институт геологии Дагестанского ФИЦ РАН (г. Махачкала), Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН (г. Владикавказ).

В состав Программного комитета организации вошли: Керимов И.А., д.ф.-м.н., профессор (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный) – сопредседатель; Горбунов Р.В. д.г.н. (ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь) – сопредседатель; Абдул Басет Хатиб, профессор (Университет Аль-Баас, г. Хомс, Сирия); Альфа Иссага Пале Диалло, PhD, профессор (Центр морских и прибрежных исследований Гвинеи (CEREMAC-G), г. Конакри, Гвинейская республика); Атаев З.В., к.г.н., профессор (ДФИЦ РАН, г. Махачкала); Вахрушев Б.А., д.г.н., профессор (КФУ, г. Симферополь); Гайрабеков У.Т., д.г.н. (ГГНТУ, г. Грозный); Горбунова Т.Ю., к.г.н. (ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь); Гуня А.Н., д.г.г., профессор (Институт географии РАН, г. Москва); Заалишвили В.Б., д.ф.-м.н., профессор (Геофизический институт ВНИЦ РАН, г. Владикавказ); Ибраима Кейта, к.ф.-м. (Центр морских и прибрежных исследований Гвинеи (CEREMAC-G), г. Конакри, Гвинейская республика); Карпова Е.П., к.б.н. (ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь); Крашенинникова С.Б., к.г.н. (ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь); Маан Салама, профессор (Университет Аль-Баас, г. Хомс, Сирия); Махмудова Л.Ш., д.т.н., профессор, ГГНТУ, г. Грозный; Махер Карман, профессор, Университет Алеппо, г. Алеппо, Сирия; Махмуд Хадид, профессор (Университет Аль-Баас, г. Хомс, Сирия); Мирзоева Н.Ю., к.б.н. (ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь); Нахед Фархунд, профессор (Университет Алеппо, г. Алеппо, Сирия); Ольчев А.В., д.б.н., профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва); Панкеева Т.В., к.г.н. (ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь); Тихонова Е.А., к.б.н. (ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь); Фабио Луис Перес Крихтине, доктор наук, профессор (Федеральный университет Рио-де-Жанейро, г. Рио-де-Жанейро, Бразилия); Феликс Мора-Камино, доктор наук, профессор (Дурбанский технологический университет, г. Дурбан, ЮАР); Черкашин В.И., д.г.-м.н., профессор (ДФИЦ РАН, г. Махачкала); Черных Д.В., д.г.н., профессор (ИВЭП СО РАН, г. Барнаул); Широкова В.А., д.г.н., профессор (ИИЕТ РАН, г. Москва).

В конференции принимали участие российские и иностранные представители различных вузов, научных, научно-образовательных и производственных организаций, в том числе, ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова (г. Грозный, Россия), Институт географии РАН (г. Москва, Россия), ИИЕТ РАН (г. Москва, Россия), ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН (г. Севастополь, Россия), ДФИЦ РАН (г. Махачкала, Россия), Крымский федеральный университет (г. Севастополь, Россия), ИВЭП СО РАН (г. Барнаул, Россия), Геофизический институт ВНИЦ РАН (г. Владикавказ), Университет Аль-Баас (г. Хомс, Сирия), Центр морских и прибрежных исследований Гвинеи (CEREMAC-G) (г. Конакри, Гвинейская республика), Университет Алеппо (г. Алеппо, Сирия), Федеральный университет Рио-де-Жанейро (г. Рио-де-Жанейро, Бразилия).

В состав Организационного комитета вошли: Гайрабеков И.Г., д.т.н., доцент, первый проректор-проректор по образовательной деятельности, ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова (г. Грозный); Сайдумов М.С., к.т.н., доцент, проректор по НР, ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова (г. Грозный); Касумова Р.Х. ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова (г. Грозный); Таймасханова З.Р. (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный); Султанбеков Т.С. (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный); Алаудинова А.И. (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный); Цамаева П.С., к.т.н., доцент (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный); Идрисова Э.У., к.т.н.,

доцент (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный); Эльжаев А.С., к.г.-м.н., доцент (ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный).

В программу II Международной научной конференции «Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования» были включены следующие основные направления:

- теория и методология геоэкологической оценки бассейнов горных рек;
- ДЗЗ и ГИС-технологии при геоэкологических исследованиях бассейнов горных рек;
- региональные практики геоэкологического оценивания бассейнов горных рек;
- особенности пространственной структуры, функционирования и современного состояния ландшафтов бассейнов горных рек;
- антропогенная трансформация ландшафтов бассейнов горных рек;
- использование искусственного интеллекта в практике геоэкологических исследований.

Материалы конференции содержат статьи, посвященные широкому спектру исследовательских вопросов, в том числе, вопросам изучения современных изменений климата и их последствий, особенностям рек высокогорных районов Северного Кавказа в условиях изменения климата, гидрологических исследований горных регионов, организации полевых ландшафтных исследований в различные сезоны, исследованиям аномалий атмосферных осадков в пределах бассейнов малых и средних рек южной и западной части водосбора Каспийского моря, вопросам концентрации тяжелых металлов реках ледникового питания (Кавказ) и др. Некоторые статьи носят дискуссионный характер, однако они, по мнению Оргкомитета конференции, являются стимулом для научных дискуссий и способствуют развитию научных направлений.

Статьи, представленные на II Международной научной конференции «Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования», опубликованы в виде сборника материалов конференции. Настоящий сборник представляет интерес не только для широкого круга специалистов и ученых, занимающихся вопросами геоэкологической оценки бассейнов горных рек, но также и исследователей различного профиля (охрана окружающей среды, рациональное природопользование и устойчивое развитие регионов и др.). Материалы конференции могут быть полезны также преподавателям, аспирантам и студентам высших учебных заведений.

Оргкомитет выражает уверенность, что материалы конференции внесут значительный вклад в развитие и популяризацию научных исследований по геоэкологической оценке бассейнов горных рек. Благодарим участников конференции за поддержку и надеемся на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

*Оргкомитет
II Международной научной конференции
«Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек:
теоретико-методологические и методические аспекты,
региональные исследования»*

ПОЛЕВЫЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНОВ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРНЫХ РЕК ВОДОСБОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ И ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ)

© Атаев З.В.

*Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, Махачкала
Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала
Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик*

Аннотация: Рассматривается организация полевых ландшафтных исследований в летне-осенний экспедиционный период 2024 г. в бассейнах рр. Сулак, Уллучай, Гарачай, Атачай, проведенных в рамках выполнения крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рр. Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки». Детализированы ландшафтный и бассейновый подходы в ландшафтных исследованиях, а также приведен анализ выполнения содержания годового плана работ по проекту.

Ключевые слова: ландшафтообразующий фактор, бассейн реки, ландшафт, ландшафтная структура, Северо-Восточный Кавказ, Юго-Восточный Кавказ, Сулак, Уллучай, Гарачай, Атачай.

В географических исследованиях при изучении геосистем, основанных на природных признаках, применяются два основных подхода: ландшафтный и бассейновый.

Ландшафтный подход предполагает выделение ландшафтов на основе генетико-морфологических критериев. Цель ландшафтных исследований – создание универсального учения об иерархическом структурно-функциональном устройстве природных геосистем. Только на этой основе возможно природопользование, которое будет «встроено» в природную организацию территории и будет представлять собой единую устойчиво функционирующую социально-экономическую систему.

Бассейновый подход предполагает выделение геосистем на основе геоморфологических критериев, которые базируются на структуре естественной гидрологической сети, являющейся экологическим каркасом прилегающих территорий. При таком подходе системообразующими элементами являются потоки вещества, энергии и информации. Этот способ выделения геосистем позволяет учитывать динамические процессы, происходящие в них.

С середины 80-х годов XX в. в организации хозяйственного освоения территории и оптимизации природопользования активно используется бассейново-ландшафтный подход [1, 2, 6, 7, 9, 11]. Этот подход эффективен при управлении природно-ресурсным потенциалом территории и формировании социально-экономических систем. Русло реки и прилегающая к нему территория, с которой русло собирает поверхностный и подземный стоки, образуют в ландшафтном плане сложную природную систему, которую Ф.Н. Мильков назвал бассейновой парagenетической системой [4].

В основе данного подхода лежат следующие концептуальные положения:

- географическая оболочка обладает бассейново-ландшафтной иерархией;
- бассейновые геосистемы характеризуются ландшафтной организованностью;
- в пределах бассейново-ландшафтных геосистем тесно взаимосвязаны природные условия и хозяйственная деятельность;
- бассейново-ландшафтные геосистемы – оптимальные территориальные единицы для контроля состояния природной среды;
- сопряжённое использование картографического и имитационного моделирования бассейново-ландшафтных геосистем в среде ГИС – основа оптимизации природопользования.

Бассейново-ландшафтная территориальная структура представляет собой совокупность ландшафтных единиц с разными водным режимом и водным балансом в пределах водосборного бассейна, связанных общим стоком воды.

Сложилось понимание речного бассейна как объекта ландшафтных исследований. Бассейново-ландшафтная территориальная структура формируется в результате концентрации плоскостного стока в линейный, вследствие чего происходит образование эрозионных форм и их бассейнов – территорий, с которых поверхностные воды стекают только к одному водотоку.

Бассейново-ландшафтную территориальную структуру образуют бассейны низших порядков и их элементы (подсистемы). Порядок бассейна рассматривается как важная ландшафтная характеристика. В бассейнах низких порядков на величину стока максимально влияют локальные ландшафтные особенности территории, а с увеличением порядка это влияние становится меньше. Особенности русловых и склоновых процессов в бассейне более низкого порядка определяются изменениями базиса эрозии в бассейне более высокого порядка.

Разделение речных бассейнов на структурные элементы не носит универсального характера. Выделяются две (водораздельная, долинно-речная), три (водораздельная, склоновая, долинная) и пять (плакорно-водораздельная, склоновая, террасовая, пойменная, русловая) подсистем, которые, в свою очередь, также дифференцируются. Водораздельная подсистема разделяется на центральную и боковую зоны [10]. В пределах склоновой подсистемы выделяются четыре ландшафтных микрозоны: приводораздельная, прибовочная, среднесклоновая и нижнесклоновая. Они образуют единый склоновый парагенетический ряд фаций, а при крупных размерах склонов – урочищ.

Террасовая подсистема, особенно в горных странах, может состоять из нескольких (в отдельных случаях до 10 и более) разновозрастных террас, прошедших через пойменный режим. Пойменная подсистема дифференцируется в соответствии с высотой (низкая, средняя, высокая) и поперечной зональностью (прирусовая, центральная, притеррасная).

Пространственно-временная дифференциация гидрологических процессов в речных бассейнах даёт основания рассматривать бассейново-ландшафтную территориальную структуру как совокупность ландшафтно-гидрологических систем – частей бассейна, где взаимодействие гидрологических процессов и природных структур обладает локализованно специфичными закономерностями, предопределёнными одним или рядом географических факторов.

Ключевым для выделения и классификации ландшафтно-гидрологических систем выступает понятие гидрологической функции, которую выполняют геосистемы в бассейне. С гидрологических позиций различные ландшафтно-гидрологические системы (нередко одни и те же в разные фазы гидрологического года) могут выполнять стокоформирующую, стокорегулирующую и водопоглощающую функции. С точки зрения функционирования ландшафтов гидрологическая функция понимается шире, так как сток представляет собой лишь часть круговорота воды в геосистемах. Сток является избыточным для функционирования геосистем, так как отводится за их пределы.

Анализ бассейново-ландшафтной территориальной структуры представляет собой ключевой элемент в обеспечении моделей формирования стока в условиях ограниченных гидрологических данных, оптимизации природопользования на водосборе в условиях изменяющихся природных и антропогенных условий, а также минимизации ущерба от гидрологических объектов и оценки экосистемных услуг, связанных с водными ресурсами.

Исследование бассейнов малых и средних рек в контексте изменения климата и увеличения антропогенного воздействия представляет собой сложную и значимую область научных исследований, находящуюся на стыке нескольких научных дисциплин, таких как гидрология, география, геоэкология, гидрогеология, гидроэкология, геоинформатика и другие. Эти бассейны, несмотря на свои относительно небольшие размеры, играют важную роль в

глобальных системах круговорота воды, а также в круговоротах вещества и энергии, оказывая влияние на социально-экономические процессы и обеспечивая водоснабжение для различных регионов мира.

Изменения климата, включая аномальные погодные явления, колебания температурного режима и количества осадков, приводят к нестабильности в гидрологических режимах бассейнов. Особую важность представляет изучение адаптационных стратегий водных систем к этим изменениям и их влияние на биоразнообразие и экосистемные услуги, предоставляемые этими бассейнами. Антропогенное воздействие, включая изменения в землепользовании, типах наземного покрова, растительности, загрязнение вод и водопользование, дополнительно усиливает нагрузку на ландшафты речных бассейнов.

В процессе выбора ключевых участков для отбора образцов почв и растительности в бассейнах рек, впадающих в Каспийское море, мы руководствовались принципом триады, предложенным в физической географии Ф.Н. Мильковым [5]. Этот принцип предполагает выбор трёх основных типов ландшафтных фаций в зависимости от их положения относительно рельефа: водораздельные, склоновые и долинные.

Исследование динамики экологического состояния бассейнов горных рек в условиях глобального потепления и антропогенной нагрузки в сейсмически активных регионах представляет собой актуальную задачу. Исследование можно условно разделить на две составляющие: изучение влияния климатических изменений на бассейны рек и анализ антропогенного воздействия в контексте геодинамических событий.

Климат является одной из ключевых глобальных проблем современности. Горные реки представляют собой чувствительные экосистемы, которые особенно остро реагируют на климатические изменения. Исследование динамики геоэкологического состояния бассейнов горных рек позволяет получить более точное представление о последствиях климатических изменений и их влиянии на ландшафты и водные ресурсы региона.

Антропогенная деятельность также играет важную роль в изменении экологического состояния бассейнов горных рек. Рост населения, урбанизация, промышленная деятельность и сельское хозяйство в этих регионах могут негативно влиять на водные ресурсы, качество воды и биологическое разнообразие.

Для эффективного решения проблемы постоянно увеличивающегося антропогенного воздействия и изменения климата необходимо комплексное исследование и анализ геологических, гидрологических, географических и геоэкологических особенностей каждого бассейна на основе полевых исследований.

Целью научно-исследовательских работ является изучение пространственной структуры и современного состояния ландшафтов бассейнов малых и средних горных рек водосбора Каспийского моря на территории России (Республика Дагестан) и Азербайджана (рис. 1).

В рамках выполнения научно-исследовательских работ, согласно Техническому заданию, были поставлены следующие задачи:

1) Исследование пространственной структуры и современного состояния ландшафтов бассейнов малых и средних горных рек водосбора Каспийского моря на территории России (Республика Дагестан) и Азербайджана. Это включает в себя сбор, обработку и анализ литературных, статистических, картографических и других материалов, характеризующих ландшафты исследуемых регионов. Результатом этой работы должен стать раздел отчёта под названием «Факторы и процессы формирования ландшафтов исследуемых регионов».

2) Проведение полевых экспедиционных исследований ландшафтов бассейнов малых и средних горных рек водосбора Каспийского моря на территории России (Республика Дагестан) и Азербайджана. Это включает в себя площадное полевое картирование и работу на ключевых участках. Также необходимо провести исследования в бассейнах горных рек с целью отбора

проб почв, наземной растительности, воды и донных отложений вдоль течения водотоков для определения концентрации тяжёлых металлов и микроэлементов.



Рисунок 1 – Ключевые бассейны рек Северо-Восточного и Юго-Восточного Кавказа

Цифрами на карте обозначены бассейны рек Северо-Восточного (1, 2) и Юго-Восточного (3, 4) Кавказа: 1 – бассейн р. Сулак; 2 – бассейн р. Уллучай; 3 – бассейн р. Гарачай; 4 – бассейн р. Атачай

3) Создание среднемасштабной карты ландшафтов бассейнов малых и средних горных рек водосбора Каспийского моря на территории России (Республика Дагестан) и Азербайджана, определённых в качестве ключевых участков. Результатом этой работы должен стать раздел отчёта под названием «Объяснительная записка к ландшафтной карте исследуемых регионов» с приложением полевых бланков-описаний ландшафтов, включая карты маршрутов, гербарий и фотоматериалы.

4) Проведение геологических и сейсмических исследований, а также оценка экзогенных геоморфологических процессов и рисков их проявления. Для получения новой информации необходимо использовать современное оборудование в области сейсморазведки, буровые станки и обработку кернового материала. Результатом этой работы должны стать литолого-сейсмологические разрезы, цифровые карты и трёхмерные модели изучаемых площадных объёмов.

5) Публикация одной научной статьи в журналах, индексируемых в МБД Scopus/WoS I–II квартала.

Ландшафтные исследования бассейнов рек водосбора Каспийского моря осуществлялись в 3 этапа: подготовительный (камеральный), полевой (экспедиционный) и итоговый (камеральный).

Содержание работ по проекту.

1. Подготовительный этап (июль – первая декада августа 2024 г.):

1-а) 1-15 июля 2024 г. Камеральный подготовительный период (анализ литературных и картографических источников; разработка основных и радиальных маршрутов; предварительный выбор ключевых участков для отбора проб почв и растительности, станций отбора воды и донных отложений вдоль течения водотоков для определения концентрации тяжёлых металлов и микроэлементов, проведения фото- и видеосъёмки; отбор космоснимков и топокарт; дешифрирование космических снимков серии Landsat).

1-б) 16-31 июля 2024 г. Подготовка к полевому сезону (договор аренды транспорта, выбор гостиниц и гостевых домов, оснащение полевым инвентарём, приобретение оборудования, покупка продуктов питания, составление календарного плана работы в экспедиционный период, подготовка пропусков в пограничные высокогорные территории Дагестана). Согласование с коллегами из Института географии Министерства науки и образования Республики Азербайджан вопросов сотрудничества, проживания, аренды транспорта в период экспедиции по бассейнам рр. Гарачай и Атачай.

1-в) 1-10 августа 2024 г. Рекогносцировочные поездки на потенциальные ключевые точки экспедиционного маршрута и их окрестностей для ознакомления с ландшафтным разнообразием территории (бассейны рр. Сулак и Уллучай, водораздел этих рек).

2. Экспедиционный этап (11 августа – 25 октября 2024 г.):

2-а) 11-30 августа 2024 г. Республика Дагестан, Северо-Восточный Кавказ, бассейны рр. Сулак и Уллучай. Полевой экспедиционный период по изучению особенностей пространственной дифференциации природных компонентов и ландшафтов бассейнов рр. Андийское Койсу, Аварское Койсу, Каракойсу, Казикумухское Койсу, Уллучай. Описание ключевых участков и отбор на них проб почв и растительности, станций отбора воды и донных отложений вдоль течения водотоков для определения концентрации тяжелых металлов и микроэлементов. Проведение геологических и сейсмических исследований, оценка экзогенных геоморфологических процессов, рисков их проявления. Построение на основе полученных данных литолого-сейсмологических разрезов, цифровых карт и трехмерных моделей изучаемых площадных объемов. Фото- и видеофиксация материала. Предварительная обработка полевого материала.

2-б) 14-25 октября 2024 г. Азербайджанская Республика, Юго-Восточный Кавказ, бассейны рр. Гарачай и Атачай. Полевой экспедиционный период по изучению особенностей пространственной дифференциации природных компонентов и ландшафтов бассейнов рр. Гарачай и Атачай. Описание ключевых участков и отбор на них проб почв и растительности, станций отбора воды и донных отложений вдоль течения водотоков для определения концентрации тяжелых металлов и микроэлементов. Фото- и видеофиксация материала. Предварительная обработка полевого материала.

3. Камеральный этап (ноябрь – декабрь 2024 г.):

3-а) Обработка полевого материала (составление предварительных карт природных компонентов и ландшафтных карт ключевых участков, описание точек отбора почв и растительности, анализ воды и донных отложений водотоков для определения концентрации тяжелых металлов и микроэлементов); составление компонентных и ландшафтной карт (составление карт ключевых участков ландшафтов бассейнов рек).

3-б) Участие в работе 2 научно-практических конференций по теме исследования.

3-в) Написание научного отчета по проекту.

3-г) Подготовка и публикация 1 научной статьи в журнале, цитируемого в международных базах данных WoS/Scopus I-II кварття.

К концу календарного года план научно-исследовательских работ по проекту был выполнен в полном объеме и в срок.

16 октября 2024 г. в рамках азербайджанского этапа полевой экспедиции был подписан договор о сотрудничестве между Дагестанским федеральным исследовательским центром РАН и Институтом географии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики. Мероприятие проводилось при участии ученых и специалистов Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН и Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова. Согласно соглашению, подписанному между Институтом географии и Дагестанским федеральным исследовательским центром, проведены совместные научные исследования в области изучения динамики геоэкологического состояния

ландшафтов бассейнов малых и средних рек Каспийского моря в условиях изменения климата и усиления антропогенной нагрузки. Стороны приняли совместное участие в экспедиции по бассейнам рр. Гарачай и Атачай. Согласно договору, планируется дальнейшая взаимная помощь в реализации новых научных и образовательных программ, обмен информацией и подготовка совместных публикаций, организация конференций и семинаров и многое другое.

Полученный в экспедиционный период полевой материал апробировался в работе следующих научных конференций:

- IX Международной конференции «Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии», Владикавказ, 6-9 октября 2024 г. (Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К., Атаев З.В., Идрисов И.А.);

- Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС 30. Геоинформационная поддержка устойчивого развития регионов в условиях кризиса», Грозный, 7-10 октября 2024 г. (Атаев З.В.);

- XIV Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ-2024)», Махачкала, 17-22 октября 2024 г. (Черкашин В.И., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К., Атаев З.В., Идрисов И.А.) [8];

- I Международной научной конференции «Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования», Севастополь, 23-26 октября 2024 г. (Атаев З.В., Мамаев С.А., Черкашин В.И., Идрисов И.А.) [1];

- II Международной научной конференции «Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования», Грозный, 25 декабря 2024 г. (Черкашин В.И., Мамаев С.А., Атаев З.В., Идрисов И.А., Сулейманов В.К.).

По результатам полевых исследований была опубликована научная статья Черкашина В.И., Мамаева С.А., Атаева З.В., Ибаева Ж.Г., Сулейманова В.К., Идрисова И.А. «Геоэкологическое состояние верховьев бассейна реки Аварское Койсу» в журнале «Геология и геофизика Юга России», включенном в международные базы данных WoS / Scopus (II квартиль) [12].

Предварительный выбор ключевых участков для отбора проб почв и растительности, станций отбора воды и донных отложений вдоль течения водотоков для определения концентрации тяжелых металлов и микроэлементов наносился на карту. В полевых условиях, с учетом орографических, погодно-климатических и геополитических условий, вносились некоторые коррективы.

На дагестанской части Северо-Восточного Кавказа в бассейнах рр. Сулак и Уллучай было произведено описание 56 ключевых точек отбора почв и растительности. На азербайджанской части Юго-Восточного Кавказа в бассейнах рр. Гарачай и Атачай описаны 42 точки почвенно-геоботанического отбора.

Отбор воды и донных отложений для определения концентрации тяжелых металлов и микроэлементов производился на 13 станциях р. Сулак, в том числе на Андийском Койсу, Аварском Койсу, Каракойсу, Казикумухском Койсу, Чирюртовском, Чиркейском и Гочатлинском водохранилищах. На р. Уллучай отбор воды и донных отложений проводился на 7 станциях, включая Дживус, Уллучай и Буган.

На азербайджанских рр. Гарачай и Атачай отбор воды и донных отложений производился на 20 станциях (по 10 на каждой реке).

При выборе ключевых ландшафтных точек для отбора проб почв и растительности в бассейнах рек водосбора Каспийского моря упор делался на три положения ландшафтных фаций в рельефе – водораздельное, склоновое, пойменное.

Работа представлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования: Материалы докладов I Международной научной конференции, Севастополь, 25 октября 2024 г. Севастополь: ФИЦ "Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН", 2024. 122 с.
2. Зотов С.И. Бассейново-ландшафтная концепция природопользования // Известия РАН. Серия географическая. 1992. № 6. С. 55-56.
3. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании: монография. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. 163 с.
4. Мильков Ф.Н. Бассейн реки как парадинамическая система и вопросы природопользования // География и природные ресурсы. 1981. № 4. С. 11-18.
5. Мильков Ф.Н. Правило триады в физической географии // Землеведение. 1984. Т. 15. С. 18-25.
6. Осипов Г.К., Дмитриев В.В. Бассейново-ландшафтный подход к территориальному планированию // Информация и космос. 2017. № 3. С. 112-118.
7. Сергин С.Я. Бассейновый принцип природопользования // Вопросы истории и теории физической географии. Саратов: Изд-во Саратов. университета, 1981. С. 31-39.
8. Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIV / Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова. М.: ИИЕТ РАН, 2024. 642 с.
9. Трифонова Т.А. Речной водосборный бассейн как самоорганизующаяся природная геосистема // Известия РАН. Серия географическая. 2008. № 1. С. 28-36.
10. Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Изд-во иностранной литературы, 1948. 158 с.
11. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.
12. Черкашин В.И., Заалишвили В.Б., Мамаев С.А., Атаев З.В., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К. Геоэкологическое состояние верховьев бассейна реки Аварское Койсу // Геология и геофизика Юга России. 2024. Т. 14, № 4. С. 100-112.

ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ВОСТОЧНОГО КAVKAZA (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ И ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ KAVKAZ)

© Агаев З.В.^{1,2,3}, Абдулаев К.А.⁴

¹Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, Махачкала

²Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала

³Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик

⁴Дагестанский государственный университет, Махачкала

Аннотация: Рассматриваются результаты полевых ландшафтных исследований в летне-осенний экспедиционный период 2024 г. на Северо-Восточном и Юго-Восточном Кавказе, проведенных в рамках выполнения крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки». Приводятся ландшафтные карты, составленные на территорию северного макросклона Большого Кавказа.

Ключевые слова: ландшафт, ландшафтные исследования, ландшафтная карта, ландшафтная структура, Большой Кавказ, Восточный Кавказ, Северо-Восточный Кавказ, Юго-Восточный Кавказ.

В настоящее время в научной литературе, особенно в работах, посвящённых физической географии Кавказа и его отдельных частей, можно обнаружить множество схем районирования, в которых упоминаются Северо-Восточный и Юго-Восточный Кавказ. Авторы этих работ часто трактуют эти понятия в соответствии с целями своих исследований, что делает необходимым дать определение понятиям «Северо-Восточный Кавказ» и «Юго-Восточный Кавказ» в контексте наших исследований.

Существует множество орографических схем Большого Кавказа, которые зачастую дополняют друг друга. Среди них можно выделить работы таких авторов, как Б.Ф. Добрынин [25], Н.А. Гвоздецкий [18, 19], Н.В. Думитрашко [26], А.М. Алпатов, А.М. Архангельский и др. [3], Г.К. Тушинский, М.И. Давыдова [43], И.П. Герасимов [21], Ю.В. Ефремов, Ю.Г. Ильичёв, В.Д. Панов и др. [27].

Кроме собственно орографических факторов, важным критерием при определении региональных особенностей Кавказа является структура высотной зональности ландшафтов территории. Так, Н.А. Гвоздецкий [18], О.С. Гребенщиков и др. [22] рассматриваемые территории относят к восточно-кавказскому (дагестанскому) типу высотной зональности. Этот критерий позволяет, в отличие от орографического и других отраслевых (компонентных) подходов, перейти к комплексному: в состав Северо-Восточного и Юго-Восточного Кавказа должны включаться территории, имеющие полный спектр высотных зон соответствующего типа. В связи с этим крайняя оконечность Юго-Восточного Кавказа (Каспийская цепь) не входят в рассматриваемые территории.

Северо-Восточный Кавказ следует определять как участок северного макросклона Большого Кавказа в пределах его восточного отрезка в следующих границах: на западе – водораздел рр. Гизельдон и Терек, на юге – гребень Главного Кавказского хребта, на востоке – водораздел рек Самур и Кусары-чай и на севере границей является Лесистый хребет и хребты, окаймляющие Внутренний Дагестан (Андийский, Салатау, Гимринский и др.).

Юго-Восточный Кавказ представляет собой продолжение северного макросклона Большого Кавказа к юго-востоку от Самурского разлома. Основным структурным элементом Юго-Восточного Кавказа является мегантиклинорий Большого Кавказа, осложненный тектоническими элементами более низкого порядка.

На этапе экспедиционного сбора полевого материала (август – октябрь 2024 г.) по ландшафтам бассейнов рек Северо-Восточного и Юго-Восточного Кавказа нами использовалась методика ландшафтно-геофизических исследований и картографирования состояний природно-территориальных комплексов, разработанная Н.Л. Беручашвили [6] на основе концепции их пространственно-временного анализа и синтеза. При составлении ландшафтных карт Северо-Восточного и Юго-Восточного Кавказа, а также бассейнов рек Сулак, Уллучай, Гарачай и Атачай были использованы следующие материалы:

- 1) опубликованные ландшафтные карты Северной Осетии-Алании, Ингушетии, Чечни, Дагестана, Азербайджана и отдельных природных регионов Кавказа;
- 2) топографические карты разного масштаба и опубликованные карты некоторых компонентов природы;
- 3) космические снимки, полученные с искусственных спутников Земли;
- 4) собственные картографические материалы, полученные при полевых ландшафтных съемках во время научных экспедиций и полевых практик по рассматриваемому региону Кавказа.

Кроме того, использованы многочисленные литературные материалы по отдельным регионам и всему Кавказу в целом.

В ландшафтном отношении территория Северо-Восточного и Юго-Восточного Кавказа изучалась многими исследователями, о чем свидетельствуют многочисленные публикации авторов.

Наиболее известны ландшафтные карты, помещенные в региональные атласы (Дагестана, Чечено-Ингушетии, Северной Осетии, Азербайджана), опубликованные в 60-70 годы XX в. Данные карты чаще всего весьма схематичны и дают представление преимущественно о структуре ландшафтной зональности территории. В силу того, что они составлялись разными авторами и в разном масштабе, контуры пограничных ландшафтов редко стыкуются друг с другом.

Вторая группа работ объединяет исследования ландшафтов чаще в пределах административных границ или их частей [1, 2, 4, 5, 8-17, 23, 24, 28, 29 и др.]. Третья группа работ объединяет исследования ландшафтов каких-то более крупных частей Большого Кавказа, не всегда связанных с административными границами [4, 5, 7, 20, 25, 30, 37, 44, 46 и др.]. Из них, в первую очередь, надо отметить ландшафтную карту Закавказья, составленную Н.А. Гвоздецким [20]. При составлении этой карты использовалась разработанная им таксономическая система классификации ландшафтов: класс – тип – подтип – группа – вид [19]. Было выделено 2 класса, 14 типов и 37 групп ландшафтов. Схематичная карта опубликована для территории Северного Кавказа В.М. Чупахиным [46]. Кроме того, существует целый ряд схем физико-географического районирования, которые могут быть с успехом использованы при составлении ландшафтной карты. Из них особенно следует отметить физико-географическое районирование Северо-Восточного Кавказа А.Е. Фединой [45]. Большой задел в изучении ландшафтов Кавказа сделан азербайджанскими географами [39], опубликовавшими ландшафтную карту в масштабе 1:1 000 000.

Все перечисленные работы, посвященные ландшафтам отдельных районов Северо-Восточного Кавказа, безусловно, представляют определенный интерес, поскольку обобщают значительный эмпирический материал.

Помимо ландшафтных карт, охватывающих отдельные части Северного Кавказа, имеется Ландшафтная карта Кавказа в масштабе 1:1 000 000, разработанная Н.Л. Беручашвили и др. [38]. Данная карта послужила основой для систематического изучения ландшафтов Кавказа, а также мониторинга состояний ПТК. Некоторые результаты этих исследований приводятся в работе Н.Л. Беручашвили «Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты» [6]. Эта карта

Подтипы ландшафтов (A1-Y1):

I. РАВНИННЫЕ И ПРЕДГОРНО-ХОЛМИСТЫЕ ЛАНДШАФТЫ

A. Равнинные и предгорно-холмистые субтропические гумидные

A1. Колхидские лесные

B. Равнинные и холмистые субсредиземноморские семигумидные

B.3. Переходные к теплоумеренным семигумидные лесные и шибляковые

C. Средиземноморские

C1. Предгорно-холмистые субтропические северные средиземноморские Понтийские

C2. Межгорно-равнинные субтропические средиземноморские Южно-Турецкие

D. Равнинные и холмистые субтропические семиаридные

D1. Степные, шибляковые и полупустынные Восточно-Грузинские

E. Равнинные и холмистые субтропические аридные.

E1. Пустынные и полупустынные северные субтропические

F. Равнинные теплоумеренные семигумидные

F1. Переходные к субтропическим, лесные

G. Равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные и семиаридные

G1. Лугостепные, луговые, кустарниковые и лесостепные Северо-Кавказские семигумидные

H. Равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семиаридные

H1. Степные Северо-Кавказские семиаридные

I. Равнинные умеренные аридные

I1. Пустынные и полупустынные Северо-Каспийские

J. Гидроморфные и субгидроморфные

J2. Дельтовые и пойменные

II. ГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

M. Горные субтропические семиаридные

M1. Низкогорные степные, шибляковые, аридно-редколесные

N. Горные субтропические аридные

N1. Низкогорные полупустынные и пустынные Восточно-Кавказские

O. Горные теплоумеренные гумидные

O1. Нижнегорно-лесные Колхидские

O2. Среднегорно-лесные Колхидские

O5. Нижнегорно-лесные Кахетинские

O6. Переходные к семигумидным, нижнегорно-лесные Юго-Восточно-Кавказские

O7. Среднегорно-лесные Юго-Восточно-Кавказские

S. Горные умеренные, гумидные

S1. Нижнегорно-лесные

S2. Среднегорно-лесные

T. Горные умеренные семигумидные

T1. Переходные к теплоумеренным среднегорные шибляковые, аридно-редколесные, фригановые, лугостепные Южно-Кавказские

T2. Переходные к теплоумеренным горно-котловинные с дубовыми лесами, лугостепями, степями, шибляком и фриганой Северо-Кавказские

T3. Низкогорные лесные, лесокустарниковые, луговые и степные Северо-Кавказские

T4. Среднегорные луговые, степные, лугостепные, шибляковые и фригановые Северо-Кавказские

U. Горные умеренные семиаридные

U1. Переходные к теплоумеренным горно-котловинные степные, лугостепные, фригановые и шибляковые

U2. Переходные к теплоумеренным, среднегорные степные и шибляковые Армянские

U3. Переходные к горно-луговым, высокогорные степные и луговые Армянские

U4. Плато с степной и лугостепной растительностью Джавахето-Армянские

U5. Горно-котловинные степные и шибляковые Северо-Кавказские

U6. Нагорья, плато и среднегорья степные Анатолийские

V. Горные умеренные, аридные

V2. Горно-котловинные, пустынные Араратские

W. Горные холодноумеренные

W1. Среднегорные темнохвойные лесные Кавказские

W2. Верхнегорные лесные сосновые и березовые Кавказские

X. Высокогорные луговые

X1. Высокогорные субальпийские лесо-кустарниково-луговые

X3. Высокогорные альпийские кустарниково-луговые

X4. Высокогорные субнивальные

Y. Гляциально-нивальные

Y1. Ледники

Ландшафтное картографирование горных стран является важным разделом ландшафтной географии. Составленные ландшафтные карты находят применение как основа для анализа спектра высотной поясности ландшафтов, целей как комплексного физико-географического, так и прикладного районирования (агроландшафтного, ландшафтно-рекреационного, ландшафтно-рекреационного, ландшафтно-медицинского, ландшафтно-мелиоративного и т.д.), также для построения ряда прикладных карт – инженерно-геологических, дорожно-транспортных, архитектурно-планировочных, лавинных, противоселевых, оползневых, обвальных и других природных процессов и явлений.

Работа представлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Айларов А.Е., Братков В.В., Засеев Г.З. Ландшафтная основа устойчивого развития территорий // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 1998. С. 41-62.
2. Алиева А.М. Природно-территориальные комплексы горной части Чечено-Ингушской АССР и перспективы их использования в народном хозяйстве. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Тбилиси, 1975. 26 с.
3. Алпатъев А.М., Архангельский А.М., Подоппелов Н.Я., Степанов А.Я. Физическая география СССР (зоны СССР, европейская часть СССР, Кавказ и Урал) Учеб. пособие для студентов-географов ун-тов и пед. ин-тов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1976. 272 с.
4. Атаев З.В. Ландшафтная карта // Атлас Республики Дагестан. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1999. С. 37.
5. Атаев З.В. Ландшафты Предгорного Дагестана и вопросы их агрохозяйственной оптимизации. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2002. 27 с.
6. Беручашвили Н.Л. Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1995. 315 с.
7. Братков В.В. Ландшафтно-геофизический анализ природно-территориальных комплексов Северо-Восточного Кавказа. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Тбилиси, 1992. 30 с.
8. Братков В.В., Будун А.С. Ландшафтная карта Северо-Восточного Кавказа как основа для мониторинга состояний ПТК // Вестник Северо-Осетинского отдела Русского Географического Общества. №4. 1998. С. 6-9.
9. Будагов Б.А. Современные ландшафты Азербайджана. Баку: Элм, 1988. 134 с.
10. Будагов Б.А., Микаилов А.А. Развитие и формирование ландшафтов Юго-Восточного Кавказа в связи новейшей тектоникой. Баку: Элм, 1985. 176 с.
11. Будагов Б.А., Мусеилов М.А. Особенности горизонтальной и высотной дифференциации ландшафтов Азербайджана и их использование // Комплексное географическое изучение и освоение горных территорий. Л., 1980. С. 120-130.
12. Будагов Б.А., Набиев В.Н. Ландшафты Алазано-Агричайской депрессии. Баку. Элм, 1979.

13. Волынкин И.Н. Физико-географические комплексы Андийского хребта в окрестностях озера Кезеной-Ам // Природа и природные ресурсы Центральной и Восточной части Северного Кавказа. Орджоникидзе, 1981.
14. Волынкин И.Н., Доценко В.В. Структура ландшафтов Чечено-Ингушетии // Природа и хозяйство восточной части Северного Кавказа / Орджоникидзе: Сев.-Осетинск. гос. ун-т, 1977. С. 70-76.
15. Волынкин И.Н., Доценко В.В. Ландшафты и физико-географическое районирование Чечено-Ингушетии // Проблемы физической географии Северо-Восточного Кавказа: Сб. науч. трудов. Грозный: Чечено-Ингушск. гос. ун-т им. Л.Н. Толстого. 1979. С.132-170.
16. Гарибов Я.А. Антропогенные изменения естественных ландшафтов Ширванской равнины и пути их дальнейшей рациональной реконструкции. Автореф. канд. дис. Баку, 1982. 172 с.
17. Гарибов Я.А. Типизация горных ландшафтов Азербайджанской республики по устойчивости к антропогенным нагрузкам // Геоэкология. № 4, Алматы, 2010. С. 33-36.
18. Гвоздецкий Н.А. Физическая география Кавказа. Общая часть. Большой Кавказ. Вып. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1954. 208 с.
19. Гвоздецкий Н.А. Физическая география Кавказа. Закавказье. Предкавказье. Вып.2. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1958. 212 с.
20. Гвоздецкий Н.А. Ландшафтная карта и схема физико-географического районирования Закавказья // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. С. 97-118.
21. Герасимов И.П. Геологическое строение и рельеф // Альпы – Кавказ. Современные проблемы конструктивной географии горных стран. Научные итоги франко-советских полевых симпозиумов в 1974 и 1976 гг. М.: Наука, 1980. С. 147-157.
22. Гребенщиков О.С. Зимина Р.П., Исаков Ю.А. Природные экосистемы и вертикальная поясность // Альпы – Кавказ. Современные проблемы конструктивной географии горных стран. Научные итоги франко-советских полевых симпозиумов в 1974 и 1976 гг. М.: Наука, 1980. С. 179-194.
23. Добрынин Б.Ф. Ландшафты Дагестана // Землеведение. Т. 26. Вып. 1-2, 1924.
24. Добрынин Б.Ф. Ландшафтные (естественные) районы и растительность Дагестана. Махачкала, 1927. 42 с.
25. Добрынин Б.Ф. Физическая география СССР (Европейская часть и Кавказ). М.: Учпедгиз, 1948. 323 с.
26. Думитрашко Н.В. Геоморфологическое районирование // Кавказ. М.: Наука, 1966. С. 80-85.
27. Ефремов Ю.В., Ильичев Ю.Г., Панов В.Д. Орографические проблемы Большого Кавказа // Проблемы геоморфологии и геологии Кавказа и Предкавказья (Материалы международного совещания «Геоморфология гор и равнин: взаимосвязи и взаимодействие»). Краснодар: Изд-во Кубанского университета, 2001. С. 203-219.
28. Завриев В.Г. Природное районирование и развитие ландшафтов Азербайджана // Изв. АН СССР. Сер. географ. 1957, №4. С. 29-37.
29. Засеев Г.З. Принципы классификации ландшафтов горных стран на примере территории СО АССР // Горные регионы: природа и проблемы рационального использования ресурсов. Орджоникидзе, 1987. С.56–69.
30. Засеев Г.З. Эволюция горных ландшафтов, их классификация и проблемы рационального природопользования (на примере центральной части Северного Кавказа). Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Тбилиси, 1999. 53 с.
31. Зейналова С.М. Индикационное дешифрирование аридных ландшафтов южного склона Юго-Восточного Кавказа. Автореф. канд. дис. Баку, 1998. 30 с.
32. Исламов Д.И. Ландшафты Апшеронского полуострова. Автореф. канд. дис. Баку, 1980. 22 с.
33. Исмаилов М.Д. Динамика низинно-лесных ландшафтов Шолларской и Ленкоранской равнин и пути их рационального использования. Автореф. канд. дис. Баку, 1990. 24 с.
34. Керемов Н.К. Ландшафты и физико-географические районы Большого Кавказа в пределах Азербайджана: Автореф. дис. докт. геогр. наук / Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова. Л., 1966. 36 с.

35. Керимов О.А. Ландшафты Ширванской низменности и влияние рельефа на их формирование. Автореф. канд. дис. Баку, 1975. 44 с.
36. Кучинская И.Я. Особенности дифференциации современных ландшафтов северного склона Юго-Восточного Кавказа (на основе индикационно-ландшафтного дешифрирования КС). Автореф. канд. дис. Баку, 2003. 26 с.
37. Кучинская И.Я. Ландшафтно-экологическая дифференциация горных геосистем (на примере северного склона Юго-Восточного Кавказа). Баку, 2011. 196 с.
38. Ландшафтная карта Кавказа. Масштаб 1:1000000 / Сост. Н.Л. Беручашвили, С.Р. Арутюнов, А.Г. Тедиашвили. Тбилиси, 1979. 2 листа.
39. Мусеилов М.А., Керимов Н.К. и др. Ландшафтная карта Азербайджанской ССР. ГУГК, 1975. 1 лист.
40. Омарова Х.И. Современные ландшафтные пояса Юго-Восточного Кавказа и их сравнительная характеристика. Автореф. канд. дис., Баку, 1969.
41. Сулейманов М.А. Природные ландшафты Джейранчель-Аджиноурских предгорий. Автореф. канд. дис. 1965. 27 с.
42. Талыбов А.Т. Разработка методики составления крупномасштабных эколого-топографических карт на основе ландшафтно-экологического дешифрирования аэрокосмических снимков (на примере Абшеронского полуострова). Дис. ... канд. геогр. наук. Баку, 2000. 142 с.
43. Тушинский Г.К., Давыдова М.И. Физическая география СССР. Учебное пособие для студентов геогр. фак. пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1976. 543 с.
44. Федина А.Е. Физико-географическое районирование северного склона Большого Кавказа // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. С. 5-96.
45. Федина А.Е. Физико-географическое районирование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 195 с.
46. Чупахин В.М. Физическая география Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовск. ун-та, 1974. 200 с.
47. Юнусов М.И. Изменение природных комплексов Кура-Араксинской низменности под влиянием ирригационно-мелиоративных мероприятий (в пределах правобережья р. Кура). Автореф. канд. дис., Баку, 1990. 24 с.

ЛАНДШАФТЫ БАССЕЙНА РЕКИ СУЛАК (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ)

© Агаев З.В.^{1,2,3}, Абдулаев К.А.⁴

¹Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, Махачкала

²Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала

³Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик

⁴Дагестанский государственный университет, Махачкала

Аннотация: Рассматриваются результаты полевых ландшафтных исследований в летне-осенний экспедиционный период 2024 г. в бассейне р. Сулак, проведенных в рамках выполнения крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки». Изучены физико-географические параметры, пространственная структура и современное состояние ландшафтов бассейна.

Ключевые слова: ландшафт, ландшафтные исследования, ландшафтная структура, бассейн реки, Северо-Восточный Кавказ, Сулак.

Бассейн р. Сулак является крупнейшим в Дагестане. Он имеет ясно выраженную границу и целиком, за исключением верховий р. Андийское Койсу, расположен в пределах административных границ Дагестана. Сулак образуется после слияния двух крупных его составляющих – рр. Андийское Койсу и Аварское Койсу. Длина реки, с места слияния ее главных притоков составляет 169 км. Площадь водосбора в пределах исследуемого района составляет 11330 км². Сток реки формируется в основном в Высокогорном и Внутригорном Дагестане. Сулак принимает воды четырех рек – Андийское Койсу, Аварское Койсу, Каракойсу и Казикумухское Койсу [1].

Андийское Койсу – левый приток Сулака, образующийся на территории Грузии в результате слияния Тушетской и Пирикительской Алазани на высоте 1603 м. От места слияния этих рек до слияния самой р. Андийское Койсу с Аварской на высоте 365 м и образования Сулака – 144 км. Это и есть длина собственно Андийского Койсу, а с длиной до самой удаленной точки его речной системы, расположенной за пределами Горного Дагестана (исток Тушетской Алазани) – 192 км.

Средний уклон реки – 8,5 м/км, максимальный уклон на отдельных порожистых участках достигает 50 м/км, но такие перепады отмечаются в основном на коротких промежутках. Площадь водосбора данного бассейна составляет 3672 км². Район водосбора сложен аспидными глинистыми сланцами и песчаником и имеет сильно удлинненную форму – 134 км по прямой при средней ширине 36 км. 84% площади бассейна расположено выше 1500 м, из них 9% лежат выше 3000 м. В пределах 3000 м и выше расположено 0,3% площади современного оледенения, или 13 км² ледников бассейна [2], которые существенно дополняют родниковое и непосредственно атмосферное питание рек и формируют характер во время половодья (70% в мае – августе) и межени (минимум в феврале).

Основные притоки: реки Перикительская Алазани (46 км), Тушинская Алазани (48 км), Метлюта (45 км), Хварши (25 км), Кила (21 км), Ансалта (23 км) и др.

Река Аварское Койсу – правый приток р. Сулак, берет начало на северо-восточном склоне Главного Кавказского хребта. Протекает главным образом в северо-восточном направлении, сливаясь с Андийским Койсу в 6 км от с. Чирката. От истока до впадения притока Хзанор река носит название Джурмут. В верхнем и среднем течении река течет в глубоком ущелье шириной 5-20 м, местами расширяясь до 80-100 м. Пойма прерывистая, двухсторонняя, высотой 0,3-1,0 м. Русло извилистое, слабо разветвленное, с глубиной 0,1-1,5 м и со скоростью течения 1-3 м/с.

В районах прорыва хребтов Главного и Гамчиль она протекает в ущелье шириной 20-30 м, местами переходящий в каньон. Ниже долина имеет V-образную форму шириной по дну от 70-100 до 300-400 м, в нижнем течении от с. Голотль до устья река прорезает песчано-известняковые хребты, протекая в ущельях шириной 60-75 м, местами переходящими в каньон. Здесь наблюдается ряд котловинообразных расширений длиной 2-5 км, шириной 200-800 м, чередующиеся с короткими сужениями. Ниже, в 19 км от слияния Аварского Койсу с Андийским расположен Главный Сулакский каньон глубиной от 700 до 1500 м и шириной по дну 20-40 м (Лурье, 2002).

Общая длина реки 178 км, площадь водосбора 7660 км². Наиболее крупными притоками являются: рр. Цемерор (24 км), Хзанор (39 км), Рутлук (19 км), Темир (23 км), Тобот (26 км).

Река Каракойсу – является правым притоком р. Аварское Койсу, впадает в нее в 37 км выше устья. В верхнем течении до слияния с р. Бутнуб носит название Ойсор, после образуется р. Тлейсерух. Ниже в р. Тлейсерух впадает р. Рисор, образуя тем самым р. Каракойсу. Длина реки – 97 км, площадь водосбора 3720 км², средняя высота водосбора 2260 м, средний уклон – 26‰. Крупными притоками являются: Рисор (38 км), Каралазулгер (32 км), Цамтичай (28 км), Бецор (26 км). Площадь оледенения бассейна около 10 км² (1%) [2].

Река Казикумухское Койсу – берет начало на северном склоне хребта Дюльтыдаг и впадает правым притоком в р. Каракойсу у с. Гергебиль. Длина реки составляет 81 км, площадь водосбора 1850 км², средняя высота водосбора 1990 м, средний уклон 32‰. Наиболее крупные притоки: Арцелинех (18 км), Кули (46 км), Акуша (34 км). 30% площади бассейна находится на высоте 2500 м и более над уровнем моря. Площадь оледенения менее 1% [2].

В ландшафтном отношении территория бассейна реки Сулак (рис. 1) изучалась многими исследователями, о чем свидетельствуют многочисленные публикации авторов [8-12, 15].

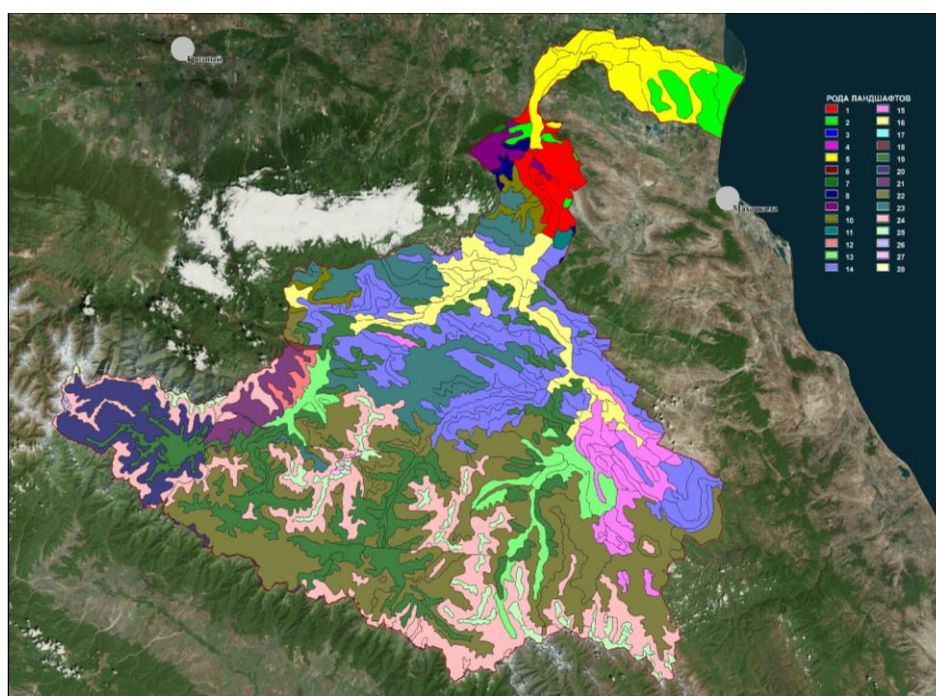


Рисунок 1 – Ландшафты бассейна реки Сулак

Условные обозначения к рисунку 1:

Рода ландшафтов (1-28)

РАВНИННЫЕ И ХОЛМИСТЫЕ ТЕПЛОУМЕРЕННЫЕ И УМЕРЕННЫЕ СЕМИАРИДНЫЕ

Степные Северо-Кавказские семиаридные

1. Предгорно-холмистые денудационно-тектонические, со степями и лугостепями, местами с шибляком.

РАВНИННЫЕ УМЕРЕННЫЕ АРИДНЫЕ

Пустынные и полупустынные Северо-Каспийские

2. Равнинные аккумулятивные и денудационно-аккумулятивные, местами эоловые, с солянковыми, солянково-полынными пустынями и полупустынями.

3. Низменно-равнинные аккумулятивные с полынными (с полынью душистой, таврической и Лерха), солянковыми пустынями и полынно-злаковыми полупустынями.

ГИДРОМОРФНЫЕ И СУБГИДРОМОРФНЫЕ

Дельтовые и пойменные

4. Дельтовые, с болотистыми лугами и болотами.

5. Равнинно-низменные аккумулятивные и дельтовые, с солончаками, болотами, лугами.

ГОРНЫЕ ТЕПЛОУМЕРЕННЫЕ ГУМИДНЫЕ

Среднегорно-лесные Юго-Восточно-Кавказские

6. Среднегорные эрозионно-денудационные, с буковыми лесами с участием граба, реже каштана.

ГОРНЫЕ УМЕРЕННЫЕ, ГУМИДНЫЕ

Нижнегорно-лесные

7. Нижнегорные эрозионно-денудационные, с дубовыми (из дуба скального и черешчатого) и грабово-буковыми лесами.

8. Нижнегорные карстовые, с дубовыми (из дуба скального, местами черешчатого и иберийского) лесами.

Среднегорно-лесные

9. Среднегорные эрозионно-денудационные, с буковыми лесами.

10. Среднегорные карстовые, с грабово-буковыми лесами, послелесными лугами и лугостепями.

11. Среднегорные эрозионно-денудационные, с грабово-буковыми лесами, послелесными лугами и кустарниками.

ГОРНЫЕ УМЕРЕННЫЕ СЕМИГУМИДНЫЕ

Переходные к теплоумеренным горно-котловинные с дубовыми лесами, лугостепями, степями, шибляком и фриганой Северо-Кавказские

12. Горно-котловинные эрозионно-аккумулятивные, с дубовыми (из дуба скального) лесами и лугостепями.

13. Горно-котловинные эрозионно-аккумулятивные, со степной, шибляковой, аридно-редколесной и фригановой растительностью.

Среднегорные луговые, степные, лугостепные, шибляковые и фригановые Северо-Кавказские

14. Среднегорные карстовые, с лугами, лугостепями, шибляком и фриганой.

15. Среднегорные эрозионно-денудационные, с лугами, лугостепями и шибляком.

Горно-котловинные степные и шибляковые Северо-Кавказские

16. Горно-котловинные эрозионно-аккумулятивные, с фриганой, нередко в комплексе с горными степями и шибляком.

ГОРНЫЕ ХОЛОДНОУМЕРЕННЫЕ

Верхнегорные лесные сосновые и березовые Кавказские

17. Верхнегорные эрозионно-денудационные, с березовыми и парковыми восточно-дубовыми лесами.

18. Верхнегорные эрозионно-денудационные, местами палеогляциальные, с сосновыми (из сосны кавказской), реже березовыми лесами.

19. Верхнегорные эрозионно-денудационные с березовыми и сосновыми (из сосны кавказской), реже грабово-дубовыми (из восточного дуба) лесами.

ВЫСОКОГОРНЫЕ ЛУГОВЫЕ

Высокогорные субальпийские лесо-кустарниково-луговые

20. Высокогорные денудационные и палеогляциальные, с комплексом субальпийских лугов, кустарников и редколесий.

21. Высокогорные денудационные и палеогляциальные, с комплексом субальпийских лугов и редколесий (из дуба восточного и березы).

22. Высокогорные денудационные, с субальпийскими лугами с участием лугостепей.

23. Высокогорные карстовые, с субальпийскими лугами и лугостепями.

24. Высокогорные денудационные и палеогляциальные с комплексом высокотравных лугов, кустарников и криволесий.

Высокогорные альпийские кустарниково-луговые

25. Высокогорные палеогляциально-денудационные, с альпийскими лугами, в комплексе с "декиани".

Высокогорные субнивальные

26. Высокогорные палеогляциальные субнивальные.

27. Высокогорные вулканические субнивальные.

ГЛЯЦИАЛЬНО-НИВАЛЬНЫЕ

28. Ледники.

На рассматриваемой территории Северо-Восточного Кавказа получили распространение 2 класса ландшафтов: 1) равнинные и предгорно-холмистые, 2) горные [4]. В пределах равнинных и предгорно-холмистых ландшафтов выделяется 3 типа: равнинные аридные, равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семиаридные; предгорно-холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные; гидроморфные и субгидроморфные [7]. В пределах горного класса ландшафтов выделяющие следующие типы: горные умеренные гумидные, горные умеренные семигумидные, горные умеренные семиаридные, горные холодноумеренные, высокогорные луговые, высокогорные субнивальные и гляциально-нивальные [1, 5, 6, 13, 14, 16, 17]. Данные типы полностью отражают структуру высотной зональности ландшафтов не только бассейна реки Сулак, но и всего северного макросклона Большого Кавказа. В результате полевых экспедиционных исследований 2024 г. на территорию рассматриваемого региона нами построена ландшафтная карта, с выделением родов ландшафтов (рис. 1).

Проведенные в бассейне реки Сулак научно-исследовательские работы по ландшафтному картированию лягут в основу дальнейшего изучения современного геоэкологического состояния этого бассейна в условиях динамического изменения климата, воздействия экзодинамических процессов и интенсификации антропогенной нагрузки на горные и равнинные геосистемы.

Работа представлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Абдулаев К.А., Атаев З.В., Братков В.В. Современные ландшафты Горного Дагестана. Махачкала: ДГПУ, 2011. 116 с.
2. Абдулжалимов А.А., Атаев З.В., Братков В.В. Современные климатические изменения высокогорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2015. № 2 (31). С. 86-94.
3. Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиева З.Х. и др. Физическая география Дагестана: Учебное пособие для студентов. М.: Школа, 1996. 384 с.
4. Атаев З.В. Ландшафтная карта // Атлас Республики Дагестан. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1999. С. 37.
5. Атаев З.В. Орография высокогорий Восточного Кавказа // Географический вестник. 2012. № 2. С. 4-9.
6. Атаев З.В., Братков В.В. Горно-котловинные ландшафты Северо-Восточного Кавказа: современные климатические изменения и сезонная динамика. Махачкала: ДГПУ, 2011. 128 с.
7. Атаев З.В., Братков В.В., Гаджибеков М.И. Полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия: изменчивость климата и динамика. Махачкала: ДГПУ, 2011. 124 с.
8. Беручашвили Н.Л. Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1995. 315 с.
9. Беручашвили Н.Л. Объяснительная записка к Ландшафтной карте Кавказа. Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1980. 54 с.
10. Беручашвили Н.Л., Жучкова В.К. Методы комплексных физико-географических исследований: Учебник. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 320 с.
11. Братков В.В. Ландшафтно-геофизический анализ природно-территориальных комплексов Северо-Восточного Кавказа. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Тбилиси, 1992. 30 с.
12. Братков В.В. Пространственно-временная структура ландшафтов Большого Кавказа. Автореферат дис. докт. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2002. 47 с.
13. Братков В.В., Салпагаров Д.С. Ландшафты Северо-Западного и Северо-Восточного Кавказа. М.: Илекса, 2001.

14. Волынкин И.Н. Физико-географические комплексы Андийского хребта в окрестностях озера Кезеной-Ам // Природа и природные ресурсы Центральной и Восточной части Северного Кавказа. Орджоникидзе, 1981.
15. Ландшафтная карта Кавказа. Масштаб 1:1000000 / Сост. Н.Л. Беручашвили, С.Р. Арутюнов, А.Г. Тедиашили. Тбилиси, 1979. 2 листа.
16. Федина А.Е. Физико-географическое районирование северного склона Большого Кавказа // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. С. 5-96.
17. Черкашин В.И., Заалишвили В.Б., Мамаев С.А., Атаев З.В., Ибаев Ж.Г., Сулейманов В.К. Геоэкологическое состояние верховьев бассейна реки Аварское Койсу // Геология и геофизика Юга России. 2024. Т. 14, № 4. С. 100-112.

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА БАСЕЙНОВ РЕК ГАРАЧАЙ И АТАЧАЙ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ КАВКАЗЕ

© Атаев З.В.^{1, 2, 3}, Кучинская И.Я.⁴, Керимова Э.Д.⁴

¹Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, Махачкала

²Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова, Махачкала

³Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик

⁴Институт географии Министерства науки и образования Азербайджана, Баку

Аннотация: Рассматриваются результаты полевых ландшафтных исследований в летне-осенний экспедиционный период 2024 г. в бассейнах рр. Гарачай и Атачай, проведенных в рамках выполнения крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки». Изучены физико-географические параметры, пространственная структура и современное состояние ландшафтов бассейнов этих рек.

Ключевые слова: ландшафт, ландшафтные исследования, ландшафтная структура, бассейн реки, Юго-Восточный Кавказ, Гарачай, Атачай.

Исследование пространственной организации и современного состояния ландшафтов водосборных бассейнов малых и средних рек, впадающих в Каспийское море, на территории Азербайджанской Республики проводилось в бассейнах рр. Гарачай и Атачай на Юго-Восточном Кавказе.

В настоящее время в научной литературе, особенно в работах, посвящённых физической географии Кавказа и его отдельных регионов, можно обнаружить множество схем районирования, в которых упоминаются Северо-Восточный и Юго-Восточный Кавказ. Авторы этих работ часто трактуют эти понятия в соответствии с целями своих исследований, что делает необходимым дать определение понятиям «Северо-Восточный Кавказ» и «Юго-Восточный Кавказ» в контексте нашего исследования.

Восточный Кавказ подразделяется на два участка – Северо-Восточный (от Терека до Самура) и Юго-Восточный (юго-восточнее горы Бабадаг), называемый Каспийской цепью. Данные отрезки отличаются друг от друга как по особенностям тектонико-геологического строения, так и по своим высотам. Кроме того, продольно горная система делится на осевую полосу (Главный Кавказский и Боковой хребты), северный и южный склоны.

Кроме собственно орографических факторов, важным критерием при определении региональных особенностей Кавказа является структура высотной зональности ландшафтов территории. Так, Н.А. Гвоздецкий [8], О.С. Гребенщиков и др. [9] рассматриваемые территории относят к восточно-кавказскому (дагестанскому) типу высотной зональности. Этот критерий позволяет, в отличие от орографического и других отраслевых (компонентных) подходов, перейти к комплексному: в состав Северо-Восточного и Юго-Восточного Кавказа должны включаться территории, имеющие полный спектр высотных зон соответствующего типа. В связи с этим крайняя оконечность Юго-Восточного Кавказа (Каспийская цепь) не входят в рассматриваемые территории.

Юго-Восточный Кавказ представляет собой продолжение северного макросклона Большого Кавказа к юго-востоку от Самурского разлома. Основным структурным элементом Юго-Восточного Кавказа является мегантиклинорий Большого Кавказа, осложненный тектоническими элементами более низкого порядка. Юго-Восточный Кавказ протягивается на 130 км и имеет максимальную ширину около 90 км. В рассматриваемую территорию входят бассейны рек, автономно текущих в Каспийское море: Кусарчай, Карачай, Кудиалчай, Вельвеличай, Гильгильчай, Атачай.

Гарачай (азерб. Qaçaşu – в переводе «Чёрная река») – река на северо-востоке Azerbaijan, берущая своё начало с северных склонов Главного Кавказского хребта в районе вершины Бабадаг (на высоте около 3100 м над уровнем моря) и впадающая в Каспийское море. Река многоводна с неустойчивым водным режимом. Основные притоки – Азарчай и Агдадукчай (левые притоки). Крупные населённые пункты на берегах реки – Гюлевлю, Ашагы-Зеид, Биринджи Ньюгеди, Икинджи Ньюгеди. Средний расход воды у с. Алыч равен 2,35 м³/с. Максимум стока приходится на май-июль, минимум – на зимние месяцы.

Атачай берёт своё начало с горы Дюбрар, на высоте 1870 м. Длина реки составляет 45 км, площадь бассейна – 347 км². Впадает в Каспийское море. Вода реки используется для орошения. Основным источником питания реки являются дождевые воды.

В ландшафтном отношении территория Azerbaijan и Юго-Восточного Кавказа, включая бассейны рр. Гарачай и Атачай, изучалась многими исследователями [1, 2, 4-7, 10-15, 17, 19, 20, 22-24].

На рассматриваемой территории Юго-Восточного Кавказа получили распространение 2 класса ландшафтов: 1) равнинные и предгорно-холмистые, 2) горные. В пределах равнинных и предгорно-холмистых ландшафтов выделяется 3 типа: равнинные аридные; равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные и семиаридные; гидроморфные и субгидроморфные [18]. В пределах горного класса ландшафтов выделяющие следующие типы: горные умеренные гумидные; горные умеренные семигумидные; высокогорные луговые. Данные типы полностью отражают структуру высотной зональности ландшафтов не только бассейнов р. Гарачай, но и всей восточной части северного макросклона Большого Кавказа [3, 21].

На основе полевых ландшафтных исследований, с учетом имеющихся ландшафтных карт, на территорию ключевого бассейна р. Гарачай нами составлена ландшафтная карта, с выделением 10 родов ландшафтов (рис. 1).

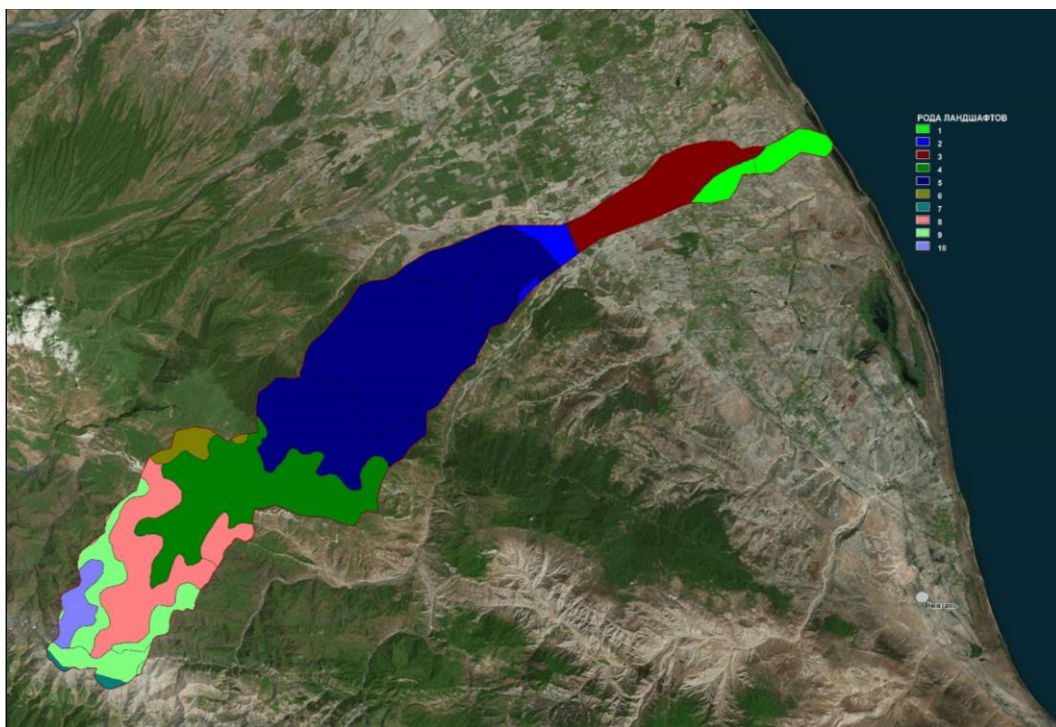


Рисунок 1 – Ландшафты бассейна реки Гарачай

Условные обозначения к рисунку 1:

Рода ландшафтов (1-10):

РАВНИННЫЕ И ХОЛМИСТЫЕ СУБТРОПИЧЕСКИЕ АРИДНЫЕ

Пустынные и полупустынные северные субтропические

1. Равнинно-холмистые аккумулятивные с душисто-полынными и солянковыми пустынями и полупустынями.

РАВНИННЫЕ И ХОЛМИСТЫЕ ТЕПЛОУМЕРЕННЫЕ И УМЕРЕННЫЕ СЕМИГУМИДНЫЕ И СЕМИАРИДНЫЕ

Лугостепные, луговые, кустарниковые и лесостепные Северо-Кавказские семигумидные

2. Равнинно-холмистые денудационно-аккумулятивные, с шибляком и шибляково-степной растительностью.

ГИДРОМОРФНЫЕ И СУБГИДРОМОРФНЫЕ

Дельтовые и пойменные

3. Низменно-равнинные и равнинно-холмистые, с дубовыми лесами (дубом длинноножковым), лесокустарниками и лугами.

ГОРНЫЕ ТЕПЛОУМЕРЕННЫЕ ГУМИДНЫЕ

Среднегорно-лесные Юго-Восточно-Кавказские

4. Среднегорные эрозионно-денудационные, с буковыми и буково-грабовыми лесами и послелесными лугами.

ГОРНЫЕ УМЕРЕННЫЕ, ГУМИДНЫЕ

Среднегорно-лесные

5. Среднегорные эрозионно-денудационные, с грабово-буковыми лесами, послелесными лугами и кустарниками.

ГОРНЫЕ УМЕРЕННЫЕ СЕМИГУМИДНЫЕ

Среднегорные луговые, степные, лугостепные, шибляковые и фригановые Северо-Кавказские

6. Среднегорные эрозионно-денудационные, с лугами, лугостепями и шибляком.

ВЫСОКОГОРНЫЕ ЛУГОВЫЕ

Высокогорные субальпийские лесо-кустарниково-луговые

7. Высокогорные денудационные и палеогляциальные, с комплексом субальпийских лугов, кустарников и редколесий.

8. Высокогорные денудационные, с субальпийскими лугами с участием лугостепей.

Высокогорные альпийские кустарниково-луговые

9. Высокогорные палеогляциально-денудационные, с альпийскими лугами, в комплексе с “декиани”.

Высокогорные субнивальные

10. Высокогорные палеогляциальные субнивальные

В бассейне реки Гарачай И.Я. Кучинской [16] выделяются следующие 22 вида ландшафтов (индексация приведена по легенде ландшафтной карты арабскими цифрами):

I. Субнивальные, частично нивальные ландшафты

4. Интенсивно и среднерасчлененные скальные и обвально-осыпные склоны гор, лишенные почвенно-растительного покрова, и с пятнистым развитием альпийских лугов на скальных карнизах.

II. Альпийские луга

11. Слабо- и среднерасчлененные наклонные внутригорные равнины, частично с крутыми и обрывистыми склонами гор, с костером, овсяницей и мятликом на смытых горно-луговых почвах.

12. Интенсивно расчлененные склоны гор с пупавкой, овсяницей и костером на маломощных, эродированных дерново горно-луговых почвах.

III. Субальпийские луга

19. Среднерасчлененные крутые и наклонные склоны гор с люцерной, овсяницей, лютиком, лисохвостом и разнотравной луговой растительностью на дерново-горно-луговых почвах.

28. Слаборасчлененные, древние и современные оползневые склоны гор и выровненные плато с субальпийскими лугами на горно-луговых дерновых, местах торфянистых почвах.

38. Слаборасчлененные, средненаклонные укрепленные, частично осыпно-конусные, оползневые склоны гор с люцерной, лисохвостом, чабером, лютиком на дерново-горно-луговых почвах.

40. Нерасчлененные слабонаклонные среднегорные синклинали плато с субальпийскими лугами (люцерной, типчаком, чабером) на дерновых горно-луговых почвах.

42. Среднерасчлененные, средненаклонные и крутые оползне-осыпные склоны и выположенные водоразделы с редкой люцерной, чабером, злаковым разнотравьем и редким астрагалом на горно-луговых дерновых почвах.

43. Интенсивно расчлененные средненаклонные осыпные склоны среднегорья с субальпийскими лугами, частично кустарниками на маломощных каменистых горно-луговых почвах.

47. Среднерасчлененные крутые оползне-осыпные склоны речных долин с субальпийскими лугами (чабером, овсяницей, типчаком) на сильно эродированных горно-луговых почвах.

IV. Буково-грабовые леса среднегорья

58. Средне- и слаборасчлененные, слабонаклонные террасированные склоны среднегорья, частично низкогогорья с буково грабовыми, частично дубово-грабовыми лесами на бурых горно-лесных и коричневых почвах.

61. Среднерасчлененные моноклинали склоны гор с буково-грабовыми, частично грабово-дубовыми лесами на горно-лесных бурых почвах.

VII. Послелесные лесо-кустарниковые и лугово-степные ландшафты среднегорья

86. Слаборасчлененные слабо- и средненаклонные моноклинали склоны с дубово-грабовыми лесами и послелесными кустарниковыми луго-степями на коричневых горно-лесных и черноземных почвах.

94. Слаборасчлененные террасированные речные долины с дубово-грабовыми лесами, лесокустарниками и послелесными лугово-кустарниковыми степями на горно-лесных бурых и коричневых почвах.

VIII. Лесо-кустарниковые и лугово-степные ландшафты низкогогорья

108. Слаборасчлененные средне- и слабонаклонные склоны с дубово-грабовыми лесами, лесо-кустарниками и кустарниками держидерева, шиповника, ежевики на горно-лесных бурых и коричневых почвах.

126. Среднерасчлененные склоны речных долин с дубом, боярышником, держидеревом, кизилом, полынью, злаковым разнотравьем на горно-коричневых почвах.

XIV. Сухостепи аллювиальных и аллювиально-пролювиальных равнин

169. Слаборасчлененные предгорные наклонные аллювиально-пролювиальные равнины (конусы выноса) с полынно-бородачевыми и кустарниковыми степями на аллювиально-луговых и темно-каштановых почвах, трансформированные в садово-плантационные агроландшафты.

170. Слаборасчлененные аллювиальные и аллювиально-пролювиальные наклонные и слабонаклонные равнины с вторичными полынно-бородачевыми сухостепями и кустарниками держи-дерева, ежевики на серо-коричневых и остепненных коричневых почвах, трансформированных с применением орошения в плантационные и садово-плантационные агроландшафты, а также селитебные ландшафты

174. Слаборасчлененные слабонаклонные аллювиальные и аллювиально-пролювиальные равнины с полынно-бородачевыми и разнотравно-кустарниковыми сухостепями на

остепненных коричневых и серо-коричневых почвах, трансформированными в садово-плантационные агроландшафты с применением орошения.

XV. Сухостепи пролювиально-делювиальных равнин

182. Слаборасчлененные слабонаклонные выпуклые равнины с кустарниками и полынно-бородачевыми степями на послелесных коричневых и каштановых почвах, сильно трансформированные в садово-плантационные агроландшафты.

XVII. Полупустыни абразионно-аккумулятивных равнин

188. Нерасчлененные плоские аллювиально-морские и морские равнины с полынно-эфемеровыми полупустынями, частично полынно-бородачевыми степями на серых, серо-луговых и частично солонцевато-серых почвах, трансформированные в плантационные агроландшафты.

198. Прибрежные золотые песчаные гряды и межгрядовые понижения с подвижными песками и слаборазвитой растительностью, местами лугово-болотной (лох, полынь, ситник).

На территорию ключевого бассейна р. Атачай нами составлена ландшафтная карта, с выделением родов ландшафтов (рис. 2).

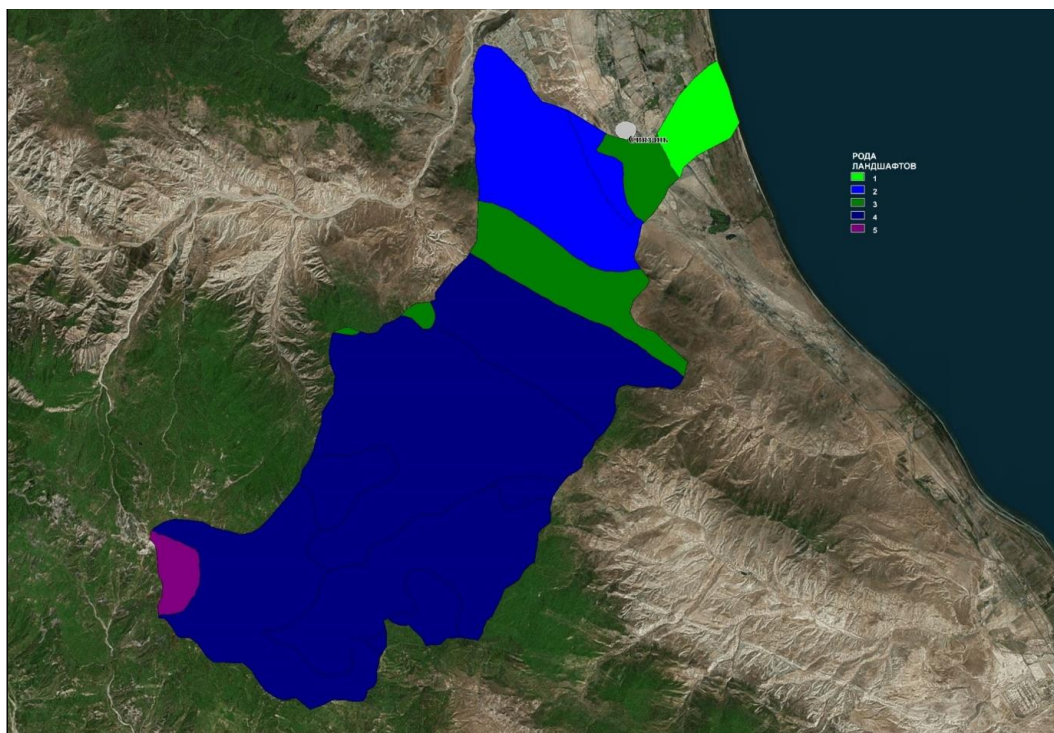


Рисунок 2 – Ландшафты бассейна реки Атачай

Условные обозначения к рисунку 2:

Рода ландшафтов (1-5):

РАВНИННЫЕ И ХОЛМИСТЫЕ СУБТРОПИЧЕСКИЕ АРИДНЫЕ

Пустынные и полупустынные северные субтропические

1. Равнинно-холмистые аккумулятивные с душисто-полынными и солянковыми пустынями и полупустынями.

РАВНИННЫЕ И ХОЛМИСТЫЕ ТЕПЛОУМЕРЕННЫЕ И УМЕРЕННЫЕ СЕМИГУМИДНЫЕ И СЕМИАРИДНЫЕ

Лугостепные, луговые, кустарниковые и лесостепные Северо-Кавказские семигумидные

2. Равнинно-холмистые денудационно-аккумулятивные, с шибляком и шибляково-степной растительностью.

ГОРНЫЕ СУБТРОПИЧЕСКИЕ СЕМИАРИДНЫЕ

Низкогорные степные, шибляковые, аридно-редколесные

3. Низкогорные эрозионно-денудационные, с шибляком, фриганой, степями, лиственными редколесьями и полупустынями.

ГОРНЫЕ ТЕПЛОУМЕРЕННЫЕ ГУМИДНЫЕ

Переходные к семигумидным, нижнегорно-лесные Юго-Восточно-Кавказские

4. Нижнегорные эрозионно-денудационные, с дубовыми, реже грабово-дубовыми лесами и послелесными дериватами.

Среднегорно-лесные Юго-Восточно-Кавказские

5. Среднегорные эрозионно-денудационные, с буковыми и буково-грабовыми лесами и послелесными лугами.

В бассейне р. Атачай И.Я. Кучинская выделяет следующие виды ландшафтов (приведены арабскими цифрами) [16]:

V. Дубово-грабовые леса среднегорья

65. Среднерасчлененные средненаклонные склоны гор с дубово-грабовыми лесами, местами лесостепями на горно-коричневых типичных почвах.

68. Среднерасчлененные крутые склоны со скальными уступами и выступами с дубово-грабовыми, частично буковыми, лесами на серо-бурых эродированных почвах.

69. Интенсивно расчлененные склоны речных долин с дубово-грабовыми, буковыми лесами и луго-степями на серо-бурых лесных почвах.

IX. Ксерофитно- и полуксерофитно-кустарниковые сухостепи среднегорья

128. Слаборасчлененные склоны гор с послелесными лугостепями и кустарниками можжевельника, астрагала на хорошо развитых мощных серо-коричневых и дерново-луговых почвах.

129. Слаборасчлененные слабонаклонные склоны с овсянницей, люцерной, чабером, астрагалом на горно-черноземовидных и горно-коричневых почвах.

X. Ксерофитно-кустарниковые сухостепи низкогорья

130. Нерасчлененные слабонаклонные склоны гор с бородачево-овсянничевым разнотравьем и кустарниками держидерева, таволги на горно-коричневых и черноземных почвах.

147. Слаборасчлененные волнисто-холмистые, частично оползневые склоны котловины с послелесными полынно-бородачевыми, полынно-разнотравными сухостепями и кустарниками держидерева, ежевики, шиповника, дуба, граба на черноземных, коричневых и серо-коричневых почвах.

152. Среднерасчлененные крутые склоны речных долин с полынно-бородачевыми и шибляково-шиповниковыми степями на эродированных темно-каштановых и черноземных почвах и обвальными осыпными накоплениями.

153. Интенсивно расчлененные крутые склоны речных долин и оврагов с полынно-кустарниковыми сухостепями на сильно эродированных маломощных черноземных почвах.

154. Среднерасчлененные склоны гор с полынно-бородачевыми степями и кустарниками держидерева, кизильника, таволги, черноцветника на темно-каштановых и черноземных почвах.

155. Средне и интенсивно расчлененные крутые склоны гор с кустарниками держидерева, шиповника, ежевики и полынно-бородачевыми и полынно-вейниковыми степями на черноземных почвах.

156. Среднерасчлененные, средненаклонные и крутые склоны и узкие водоразделы низкогорья с бородачево-полынными степями и лесокустарниками дуба, граба, кизила, держидерева на коричневых горно-лесных и черноземных почвах.

157. Среднерасчлененные, средненаклонные и крутые эродированные склоны гор с полынно-бородачевыми, полынно-типчачевыми и полынно-житняковыми степями, частично с

кустарниками держидерева, черноцветника, можжевельника, на черноземных маломощных почвах.

XI. Аридные леса и лесо-кустарники аридно-денудационного низкогорья

162. Среднерасчлененные средненаклонные склоны аридно-денудационного низкогорья с лесо-кустарниками и кустарниками дуба, груши, держидерева, черноцветника, шиповника, ежевики и кизильника на темно-каштановых и черноземных почвах.

163. Среднерасчлененные крутые склоны с аридными лесо-кустарниками и полынно-бородачевыми степями на черноземных, частично коричневых горно-лесных почвах.

XII. Сухостепи аридно-денудационного низкогорья

164. Интенсивно расчлененные склоны аридно-денудационных гор с кустарниками держидерева, черноцветника, кизильника на интенсивно смытых коричневых и светло-каштановых почвах.

XV. Сухостепи пролювиально-делювиальных равнин

184. Слаборасчлененные склоны предгорных равнин, местами речных террас с вторичными полынно-бородачевыми и полынно-разнотравными степями на светло- и темно-каштановых почвах.

XVII. Полупустыни абразионно-аккумулятивных равнин

187. Нерасчлененные слабонаклонные аллювиально-пролювиальные, частично морские равнины с полынно-разнотравными полупустынями на сероземных слабозасоленных почвах, трансформированные в овоще-бахчевые плантационные агроландшафты.

189. Слаборасчлененные аккумулятивные равнины с полынно-кенгизовыми полупустынями на светло-каштановых и сероземных почвах.

190. Нерасчлененные плоские морские равнины с полынно-разнотравными полупустынями на слабозасоленных сероземных и сероземно-луговых почвах, трансформированные в садово-плантационные агроландшафты.

195. Нерасчлененная прибрежная равнина с полынью, верблюжьей колючкой, караганом, частично редким тамариксом на песчаных сероземах, слабозакрепленных песках.

Для эффективного решения проблемы постоянно нарастающего антропогенного воздействия и изменения климата на ландшафты необходимо комплексное изучение и анализ геологических, гидрологических, географических и геоэкологических особенностей каждого конкретного бассейна, основанное на полевых исследованиях.

Работа представлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Будагов Б.А. Современные ландшафты Азербайджана. Баку: Элм, 1988.
2. Будагов Б.А., Микаилов А.А. Развитие и формирование ландшафтов Юго-Восточного Кавказа в связи новейшей тектоникой. Баку: Элм, 1985. 176 с.
3. Будагов Б.А., Мусеилов М.А. Особенности горизонтальной и высотной дифференциации ландшафтов Азербайджана и их использование // Комплексное географическое изучение и освоение горных территорий. Л., 1980. С. 120-130.
4. Будагов Б.А., Набиев В.Н. Ландшафты Алазано-Агричайской депрессии. Баку. Элм, 1979.
5. Гарибов Я.А. Антропогенные изменения естественных ландшафтов Ширванской равнины и пути их дальнейшей рациональной реконструкции. Автореф. канд. дис. Баку, 1982. 172 с.
6. Гарибов Я.А. Типизация горных ландшафтов Азербайджанской республики по устойчивости к антропогенным нагрузкам // Геоэкология. № 4, Алматы, 2010. С. 33-36.

7. Гвоздецкий Н.А. Ландшафтная карта и схема физико-географического районирования Закавказья // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. С. 97-118.
8. Гвоздецкий Н.А. Физическая география Кавказа. Закавказье. Предкавказье. Вып.2. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1958. 212 с.
9. Гребенщиков О.С. Зимина Р.П., Исаков Ю.А. Природные экосистемы и вертикальная поясность // Альпы – Кавказ. Современные проблемы конструктивной географии горных стран. Научные итоги франко-советских полевых симпозиумов в 1974 и 1976 гг. М.: Наука, 1980. С. 179-194.
10. Завриев В.Г. Природное районирование и развитие ландшафтов Азербайджана // Изв. АН СССР. Сер. географ. 1957, №4. С. 29-37.
11. Зейналова С.М. Индикационное дешифрирование аридных ландшафтов южного склона Юго-Восточного Кавказа. Автореф. канд. дис. Баку, 1998. 30 с.
12. Исламов Д.И. Ландшафты Апшеронского полуострова. Автореф. канд. дис. Баку, 1980. 22 с.
13. Исмаилов М.Д. Динамика низинно-лесных ландшафтов Шолларской и Ленкоранской равнин и пути их рационального использования. Автореф. канд. дис. Баку, 1990. 24 с.
14. Керемов Н.К. Ландшафты и физико-географические районы Большого Кавказа в пределах Азербайджана: Автореф. дис. докт. геогр. наук / Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова. Л., 1966. 36 с.
15. Керимов О.А. Ландшафты Ширванской низменности и влияние рельефа на их формирование. Автореф. канд. дис. Баку, 1975. 44 с.
16. Кучинская И.Я. Ландшафтно-экологическая дифференциация горных геосистем (на примере северного склона Юго-Восточного Кавказа). Баку, 2011. 196 с.
17. Кучинская И.Я. Особенности дифференциации современных ландшафтов северного склона Юго-Восточного Кавказа (на основе индикационно-ландшафтного дешифрирования КС). Автореф. канд. дис. Баку, 2003. 26 с.
18. Ландшафтная карта Кавказа. Масштаб 1:1000000 / Сост. Н.Л. Беручашвили, С.Р. Арутюнов, А.Г. Тедиашили. Тбилиси, 1979. 2 листа.
19. Мусеилов М.А. Ландшафты Азербайджанской ССР. Баку, АГУ, 1981. 114 с.
20. Мусеилов М.А., Керемов Н.К. и др. Ландшафтная карта Азербайджанской ССР. ГУГК, 1975. 1 лист.
21. Омарова Х.И. Современные ландшафтные пояса Юго-Восточного Кавказа и их сравнительная характеристика. Автореф. канд. дис., Баку, 1969.
22. Сулейманов М.А. Природные ландшафты Джейранчель-Аджиноурских предгорий. Автореф. канд. дис. 1965. 27 с.
23. Талыбов А.Т. Разработка методики составления крупномасштабных эколого-топографических карт на основе ландшафтно-экологического дешифрирования аэрокосмических снимков (на примере Абшеронского полуострова). Дис. ... канд. геогр. наук. Баку, 2000. 142 с.
24. Юнусов М.И. Изменение природных комплексов Кура-Араксинской низменности под влиянием ирригационно-мелиоративных мероприятий (в пределах правобережья р. Кура). Автореф. канд. дис., Баку, 1990. 24 с.

ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ И РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД БАССЕЙНА РЕКИ САМУР

© Багатаев Р.М.

*Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики - филиал Объединенного
института высоких температур РАН, г. Махачкала*

Аннотация: Река Самур, бассейн которой включает множество различных притоков, является второй по величине в Дагестане. Соотношение источников питания по длине реки относительно устойчиво. В верхнем (горном) течении на долю подземного питания приходится 20-30 %, в нижней части до 40 % общего годового стока. Долине р. Самур и ряду его притоков характерна разгрузка различных типов термоминеральных вод, где имеются их многочисленные выходы своеобразного химического состава. Они представляются источниками естественных выходов подземных вод, отличающиеся солевым или газовым составом. В породах верховья бассейна реки широко распространена рудная минерализация, обуславливающая загрязнение определенных притоков реки Самур, поступлением сточных вод из участков недр с концентрированной локализацией колчеданного-сульфидной минерализацией.

Ключевые слова: р. Самур, бассейн, притоки, источники, химический состав, подземные воды, термоминеральные воды, взаимосвязь, питание, рудная минерализация, сульфиды, тяжелые металлы, вынос, загрязнение, мониторинг.

Река Самур является второй по величине в Дагестане и трансграничной, протекает по приграничье России и Азербайджана. Длина реки – 213 км, площадь водосбора – 4990 км², подавляющая часть (96 %) которой расположена на территории России в Южном Дагестане. В бассейн реки входят множество различных притоков, общей протяженностью около 2000 км. По рельефу бассейна выделяется высокогорная часть, характеризующаяся множеством коротких скалистых хребтов с крутыми склонами, ориентированными перпендикулярно к долине реки.

По химическому составу вода реки Самур относится к гидрокарбонатно-сульфатным кальциево-магниевым с минерализацией 100-200 мг/дм³, местами до 450 мг/дм³. Общая минерализация повышается от верховий к устью за счет более длительного контакта воды с породами русла, а также подтока более минерализованных инфильтрационных вод. Общая минерализация в среднем течении – 121,3 мг/л, ниже – 264,3 мг/л, а вблизи устья – 270 мг/л [3].

В теплый период, с увеличением роли снегового питания, общая минерализация воды уменьшается, в холодный период года – увеличивается до 310-340 мг/л. Повышения минерализации зимой объясняется подземным питанием более минерализованными водами, понижением таяние снегов и выпадения атмосферных осадков и повышением роли подземного питания. Последнее обеспечивают пресные, минеральные и термоминеральные воды, приуроченные к юрским отложениям.

Термоминеральные источники

Химический состав речных вод реки Самур и его притоков на определенных участках свидетельствует об участии в питании рек минеральных и термоминеральных источников. Взаимосвязь подземных термоминеральных вод с поверхностными подтверждается аналогичным химическим составом. Например, высокое содержание сульфата в воде р. Ахтычай, достигающее в межень 107,8 мг/л, связано, по-видимому, с поступлением в реку сульфатных вод Хновских и Курукальских термоминеральных источников [5].

Как всей альпийской складчатости Кавказа долине реки Самур и ряду его притоков характерна разгрузка различных типов термоминеральных вод, где имеются их многочисленные выходы своеобразного химического состава. Они представляются источниками естественных выходов подземных вод, отличающиеся солевым или газовым составом. В бассейне реки Самур

характеризуются источники: углекислые (Гапцахский-1), соляно-щелочные (Ахтынские, Гильярские, Хновские) хлор-натриевые (Гильярские), содовые, сероводородные (Джабинские и другие), содово-глауберовые (Гапцахский, Ахтынский, Ялакский), сульфатные (Гапцахский и др.). Термоминеральные воды, представляют большую ценность при возможном их комплексном использовании как энергетических, бальнеологических и химических ресурсов. Ниже указаны наиболее известные источники таких вод [4].

Ахтынские источники. Расположены на высоте 1165 м над уровнем моря в долине реки Ахты-чай и приурочены к разрывным нарушениям. Температура источников 45-53°C. По ионному составу воды хлоридно-гидрокарбонатные натриевые, за исключением одного источника (6) – сульфатно-гидрокарбонатные натриевые. Источники 2-5 содержат H_2S и микроэлементы. Минерализация воды источников – 1,6-1,8 г/л, одного источника (7) – 1,3 г/л. По газовому составу источники 1-5 относятся к азотно-углекисло-метановому типу и содержат 3-5 мг/л сероводорода. Содержание emanации радона в водах источников составляет 0,8- 0,9.

Источники Джани. Находятся на берегах реки Ахты-чай. Выходы источников приурочены к трещинам-разрывам. Суммарный дебит горячих щелочных вод – 172 м³/сут. с температурой 49°C. Химический состав сходен с Ахтынскими источниками. Отмечается газо-проявления метаном. На участке источников минеральные воды гидрокарбонатные натриевые (содовые). Минерализация 1,8-7,5 г/л, в зависимости от изменений содержания гидрокарбонатного иона (0,1 - 5,6 г/л). Характерная минерализация – 4,5-4,8 г/л.

Хновские источники. Находятся вблизи поселения Хнов, расположенного в верховье реки Ахты-чай, где локализованы три группы термоминеральных источников восходящего типа. По химическому составу воды хлоридно – гидрокарбонатные. Состав газа (объемные %): 80-90 % – метан, около 10 % – азот, 3-5 % – углекислый газ. Общая минерализация 0,8-2,0 г/л. Тип вод гидрокарбонатный, хлоридно-гидрокарбонатный. Температура воды – 45-32° С, что связано с разной степенью смешивания инфильтрационных и речных вод. Расходы родников колеблется: 0,2-0,4 л/сек.

В целом район Хновских источников отличается сложностью геолого-тектонического строения, наличием многочисленных поперечных разрывов, оперяющих Ахтычайский разлом. С последним связан ряд медно-колчеданных и полиметаллических рудопроявлений. Многочисленные источники термоминеральных вод углекислого, углекисло-метанового и азотно-щелочного состава, содержащие редкие элементы, связаны с указанным разломом и поперечными к нему разрывами нарушениями.

Гильярские источники. Находятся южнее поселения Гильяр, на левобережье Самура и подразделяются на 2 группы: среднеминерализованные, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые и минерализованные хлоридные натриевые. Химический состав воды гидрокарбонатный натриевый и хлоридный натриевый. Минерализация источников первой группы 4-10 г/л. В её составе три источника (Гильярский 1, Гильярский 2 или «Дармансу») и скважина 3.

По различным аналитическим данным химического состава термоминеральные воды бассейна реки Самур содержат в повышенных значениях микроэлементы: I, Br, HBO_2 , Mn, Sr, Li, Rb, Cs, K. Их значения сравнительно выше в гидрокарбонатно-хлоридно-натриевых, чем в гидрокарбонатно-сульфатно-натриевых водах

Рудная минерализация

Верховья бассейна реки Самур находится в пределах обособленных горных котловин, сложенных, в основном, песчаниками и мощными отложениями глинистых сланцев. В этих породах широко распространена колчеданно-рудная минерализация, обусловившая развитие естественных геохимических аномалий. Проведенные в этой связи при геологическом изучении площади бассейна горные и буровые работы на колчеданные руды вызвали трансформацию природных геохимических процессов. Происходит загрязнение определенных водных объектов,

относящиеся к притокам реки Самур, поступлением сточных вод из участков недр с концентрированной локализацией колчеданно-сульфидной минерализацией. Как известно, окисление сульфидных минералов в геологической среде является одной из основных причин появления сульфатов в породах, следовательно, и в природных водах. В естественных условиях эти процессы протекают достаточно медленно, но при техногенном воздействии они служат источником негативного влияния на воду, создавая весьма специфический состав кислых вод с высоким содержанием биологически токсичных тяжелых металлов. При этом основным источником кислорода для окисления сульфидов являются дренаж подземных вод по разрывным нарушениям в горных породах, формируемых в пределах базиса эрозии [2].

Техногенным источником формирования химического состава вод реки Самур является детально разведанное колчеданное месторождение Кизил-Дере, расположенное в верховьях притока реки Ахты-чай. По данным различных исследований геохимический состав руд и вмещающих пород района месторождения представляют элементы: Cu, Zn, Pb, Co, S, Se, Cd, Bi, As, Ni, Mn, Ge.

При выполнении мониторинговых исследований с целью определения основных количественных параметров выноса тяжелых металлов речными водами, инструментальной оценки уровня и масштаба техногенного воздействия, оказываемого сливами из разведочных выработок на состояние качества вод бассейна реки Ахты-чай и в целом - реки Самур основное внимание уделяется этим металлам, характерным колчеданному оруденению. Производится посезонный отбор проб сливов со штолен в местах их падения в русло реки Кизил-Дере, фиксируется их расход. В осенний период отбирались пробы сливов на устье штолен. Анализом стандартными методами, отобранных проб установлено в водах примесей тяжелых металлов: Fe, Mn, Cu, Zn, Cd (рис. 1) и сульфатов в концентрациях, превышающих предельно допустимые уровни. Примерный годовой сброс в водные объекты из штолен: железо – 3,5 т; марганец – 0,1 т; медь – 0,03 т; цинк – 2,7 т; сульфаты – 34 т [1].

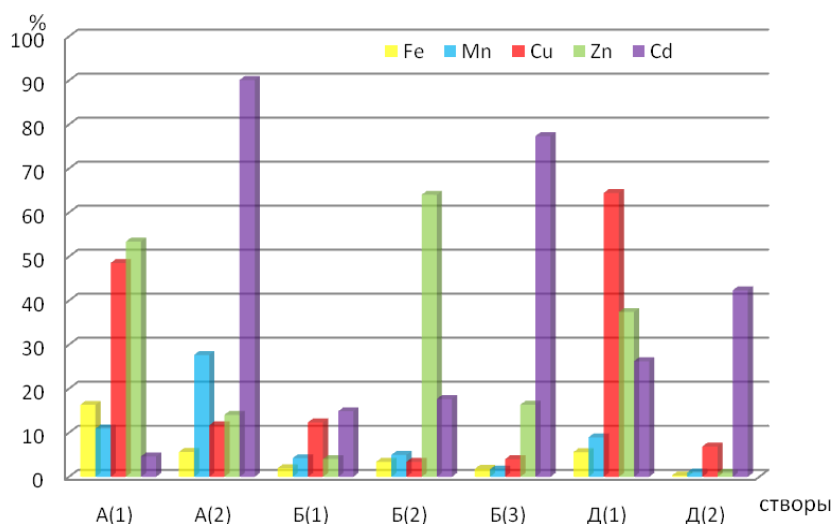


Рисунок 1 – Доля растворенных форм микроэлементов в составе вод по створам наблюдений [2].

А – р. Кизил-Дере до (1) и после штольневых сбросов (2); Б – р. Ахты-чай до (1), после (2) слияния с р. Кизил-Дере и устье (3); Д – р. Самур до (1), после (2) слияния с р. Ахты-чай.

Известные в бассейне р. Самур таксоны рудной минерализации, в которых по особенностям минерального состава, морфологии рудных тел и условиям образования выделяются кварц-халькопировая, медно-пирротиновая, колчеданно-полиметаллическая и полиметаллическая рудные формации. Последние обычно не имеют четких границ и связаны между собой постепенными переходами, но для каждой из них характерно количественное

преобладание того или иного из основных рудных минералов (пирит, пирритин, сфалерит, халькопирит, галенит, магнетит и др.).

Водные ореолы рассеивания рудоносных участков наиболее широко распространены в горной части бассейна р. Самур, и представлены большим количеством родников пресных и слабоминерализованных вод, содержащих в растворенном состоянии такие элементы как Zn, Pb, Cu, Fe, Ag. В химическом составе этих подземных вод значительное место занимают сульфаты, образующиеся в результате окисления сульфидной минерализации. Зачастую встречаются чисто сульфатные воды. Как правило, их минерализация повышена, составляя 1-4 г/л и они представляются разнообразными гидрохимическими типами. Встречаются сочетания от чистых сульфатно-магниевого до многокомпонентных как по катионам, так и анионам [2].

На медно-колчеданных рудопоявлениях водные ореолы содержат высокие концентрации сульфат-иона, железа, меди, цинка, а на полиметаллических рудопоявлениях – свинца, серебра и в меньшей степени сульфат-иона.

Систематический мониторинг экологической и гидрогеологической обстановки в бассейне р. Самур позволяет контролировать изменения химического состава вод. Это необходимо учитывая, что негативное влияние будет прослеживаться и за пределами бассейна, так как вода из Самур-Дербентского канала используется не только для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Дербент и Дагестанские огни, Дербентского и Каякентского районов Республики Дагестан, а также из Самур-Апшеронского канала снабжается водой Республика Азербайджан, включая город Баку.

Литература

1. Гуруев М.А., Алимов М.А., Сепиханова Е.Н. Оценка современного состояния загрязненности вод бассейна р. Самур тяжелыми металлами // В сб. «Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Кавказа». ИГ ДНЦ РАН, Махачкала, 2003, вып. 49. С. 180-183.
2. Гуруев М.А., Османов М.М. и др. Исследование влияния штольневых сливов месторождения Кизил-дере на эколого-гидрохимическое состояние вод бассейна реки Самур. Водное хозяйство России, 2013, № 6. С. 95-109.
3. Джабраилова К.Д. Результаты определения гидрохимического стока бассейна реки Самур. В сб. «Материалы по гидрогеохимии Дагестана». Махачкала, 1982, вып. 26. С. 133-136.
4. Самедов Ш.Г. Формирование химического состава подземных и поверхностных вод бассейна р. Самур // В сб. «Геология и нефтегазоносность Юга России». Махачкала: ИГ ДНЦ РАН, 2008. Вып. 52. С. 193-195.
5. Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Изучение взаимосвязи поверхностных и подземных вод бассейна р. Самур на основе анализа водного баланса и гидрохимического режима // В сб. «Геология и полезные ископаемые Кавказа». Махачкала: ИГ ДФИЦ РАН, 2011. Вып. 57. С. 258-261.

склонах Бокового хребта. На всем протяжении формы долины зависят от геологического строения северного склона Большого Кавказского хребта. Так, на интервале от селения Андиятикау до с. Харисджин борта узкой V-образной долины сложены прочными устойчивыми гранитами, кварцевыми конгломератами верхнего палеозоя и метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами нижнего мезозоя, а к северу от с. Дзивгис р. Фиагдон течет в узком каньоне, пробитом в крепких известняках и доломитах верхнего мезозоя.

Между жесткими блоками кристаллических пород (от с. Харисджин до с. Дзивгис) «зажата» толща глинистых сланцев, переслаивающаяся с алевролитами, реже песчаниками. В междуречье рр. Фиагдон-Гизельдон в их строении принимают участие аргиллиты.

Породы испытывают интенсивное давление, в результате которого сланцевая толща смята в складки, рассечена многочисленными разломами и трещинами, что приводит к активному экзогенному разрушению пород и образованию чехла рыхлых отложений на склонах. Состав отложений – песчаный, с глинистым заполнением, включением мелкого щебня. В разрезе встречаются обводненные слои типа верховодки на глинистых линзах. Водные линзы выклиниваются на склоне в виде родников с незначительным дебитом воды, просачиванием отдельных капель.

Современные тектонические процессы приводят к постоянному поднятию горного массива и, соответственно, экзогенному разрушению неустойчивых сланцевых пород, а сползание рыхлых продуктов к основанию склонов приводит их (склоны) в предельное равновесно-напряжённое состояние [3]. Рельефным выражением релаксации напряженного состояния грунтов в долины р. Фиагдон являются серии террас (рис. 2, 4), а в случае антропогенной порезки склонов – оползни (рис. 3).

**Предельное равновесно-напряжённое состояние склона в случае, когда угол склона равен или несколько меньше угла естественного откоса или коэффициент трения f или угла трения φ дисперсных несвязных грунтов, который колеблется от 14° до 42° . [3]*

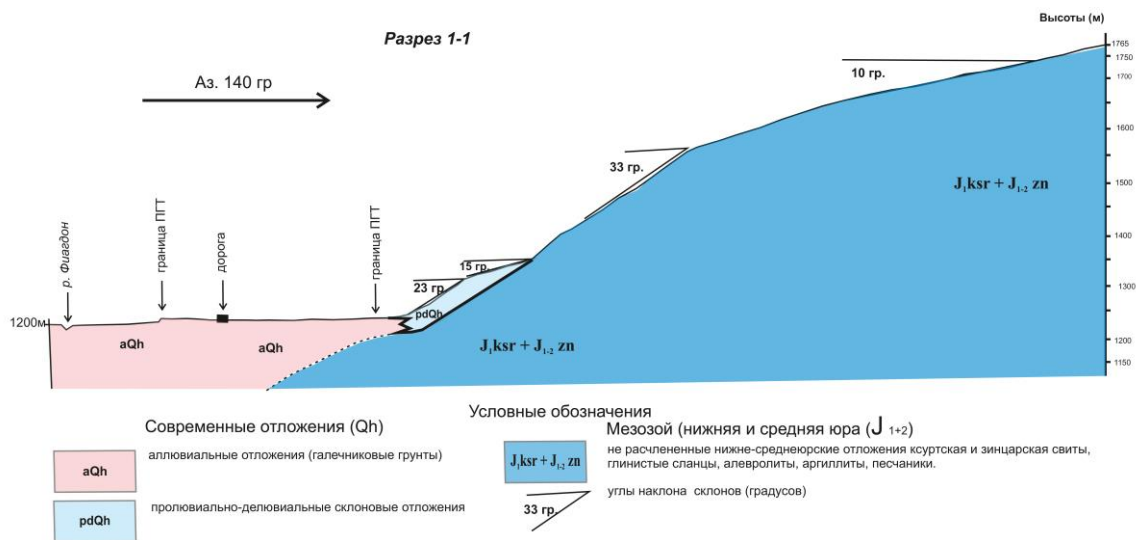


Рисунок 2 – Разрез по правому борту долины р. Фиагдон от русла через горняцкий поселок – территорию уч. 1 и вышележащий склон. Линза несвязных пролювиально-делювиальных грунтов (pdQh) в основании склона имеет толщину более 25 м. Средние углы наклона площадки 15° , фронта 25° , «коренного» склона 33°

При техногенном нарушении предельно-равновесного состояния грунтов опасные геологические процессы возникают как результат текущего строительства.



Рисунок 3 – Оползень нагорного откоса площадки под строительство (уч. 1). Высота стенки в левой стороне снимка более 4 м. (фото И.М. Васькова, 9.11.2023г.)



Рисунок 4 – Интенсивно осваиваемый (прокладка дорог, выемки под стройплощадки) террасированный склон на левом борту долины р. Стракдон, уч. 2. (фото И.М. Васькова, 9.11.2023 г.)

Опасные и катастрофические природные процессы прошлых лет в долине р. Фиагдон
(по данным авторских исследований)

В результате палеорекострукции выявлен катастрофический **обвал** известняков с западного отрога горы Тбаухох, который произошел в период повышенной тектонической активности 12-15 тыс. лет назад. Обвал отмечен на геологической карте масштаба 1:50000 К-38-41-б [5]. Высота зоны отрыва – 2200 м, места падения – 1380 м, протяженность траектории – 2,5 км. Мелкая фракция и тонкая пыль были переброшены через гребень и отложились в долине р. Стракдон, образовав толщу рыхлых пород желтого цвета (уч. 2, рис. 1).

Обвал с вершины Кариухох в Скалистом хребте на левом борту долины р. Фиагдон. Высота начала процесса – 2440 м, завершения – 1350 м, протяженность пути – 3,3 км. Характерно, что башни и дома старинного с. Цмити построены из блоков обвальных известняков.

Селевые потоки. Максимальная селевая активность в зоне дождевой тени (межгорной котловине между Боковым и Скалистым хребтами в Северной Осетии) отмечалась 24-25 июня 2002 г. На рассматриваемом участке долины р. Фиагдон наиболее значимыми были:

селевой поток по р. Харисдон через северную окраину селения Харисджин. В составе селевых масс присутствовали отвалы низовых откосов дороги на перевал Кора. Разрушение хозяйственных построек в селе, углубление русла в конусе выноса ручья, создание временной естественной плотины на р. Фиагдон;

селевой поток по долине р. Стракдон, через северную окраину поселка В.Фиагдон, углубление русла и обнажение устоев моста;

селевой поток по долине р. Дзуаридон. Разрушение аварийной потерны хранилища отходов обогатительной фабрики и части плотины.

Все селевые потоки сходили практически одновременно и разгружались по очереди, создавая единую волну, которая в каньоне ниже по течению реки во многих местах разрушила дорогу Дзуарикау – В. Фиагдон. В целом, катастрофический гидрологический процесс с

обеспеченностью 0,2 проявился в северной части макросклона Большого Кавказ в полосе от западной границы Краснодарского края до долины р. Терек.

Инженерно-геологическая и экологическая изученность района

Геологическая изученность района обусловлена тем, что на его территории было открыто две группы месторождений полиметаллических руд Какадур – Ханикомская и Кадат – Хамполадагская.

Ханикомское месторождение было введено в эксплуатацию в 1969 г., а для возведения инфраструктуры был выполнен комплекс инженерно-геологических изысканий. Инженерно-геологические изыскания производились на ограниченной площади правобережных террас р. Фиагдон, не включая крутых склонов речной долины.

Комплексные инженерно-геологические исследования селей и оползней в Фиагдонском горнорудном районе Северо-Осетинской АССР проведены в 1969-1971 гг. [4]. По результатам исследований в свете требований СНиП II-Б-I-62 лабораторными методами определены средние параметрические характеристики основных типов грунтов: объёмный вес, удельный вес, пористость, коэффициент фильтрации, естественная влажность.

На настоящее время неизвестно о проведении каких-либо испытаний грунтов на крутых склонах долины по определению их сдвиговых характеристик и динамики подземных вод.

Выводы

Осмотр сооружаемых объектов, изучение и анализ изданных и фондовых источников, а также фотоматериалов позволяет сделать следующие выводы и заключения:

1. Работы на участках «1» и «2» крутого склона правого борта долины р. Фиагдон не обеспечены инженерными изысканиями для строительства согласно СНиП-02-96, а именно по разделам:

СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства»

СП 11-103-97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства»

СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства»

СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства»

2. Все отмеченные факты проявления негативных геологических процессов являются следствием нарушения устойчивости равновесно-напряженного состояния склоновых отложений.

3. На участках не предусмотрены единые сети транспорта, водоснабжения и водоотведения.

4. Дальнейшее нарушение природной целостности неустойчивых склонов приведет к их полному разрушению оползнями, овражной эрозией и суффозионными процессами.

5. Системы водоснабжения и, особенно, водоотведения монтируются застройщиками самостоятельно посредством т.н. «поглощаек», что в пористых и подверженных механической суффозии грунтах, неизбежно приведет к выходу стоков на поверхность.

Заключение и рекомендации

Что тянет тысячи людей в горы? Таких мотивов много, но основным является «охота к перемене мест», красочное зрелище быстрой, а подчас и мгновенной смены горных ландшафтов. Да тех эфемерных переходов от вздыбленных «внутренним жаром земным» скал и горных вершин к застывшей небесной влаге ледников, альпийских лугов, склоновых лесов и зарослей можжевельника. Все это великолепие рождено взаимодействием эндогенной и экзогенной энергии [2] и кажущееся вечным и неизменным постоянно изменяется. Например, идущее с середины XIX в. потепление климата привело к тому, что на наших глазах ледники Кавказа уменьшились, исчезли или переродились в каменные глетчеры. Мы сознаем, что

человечество не может противодействовать течению глобальных процессов с их энергетикой, но обязано не допустить разрушения горных ландшафтов по своей вине. Пример таких разрушительных действий приведен выше – рекреационная агломерация Верхний Фиагдон.

Подавляющее большинство таких агломераций, состоящих из гостиниц, гостевых домов, физкультурных и оздоровительных центров тяготеют к ранее существовавшим населенным пунктам (как рудничный поселок Фиагдон), скоплениям туристических баз, алыплагерей и горнолыжных подъемников и трасс. При этом используются имеющиеся транспортные и энергетические коммуникации, системы водоснабжения и водоотведения. В дальнейшем в пределах освоенных территорий АМСУ производится продажа участков заинтересованным лицам, которые строят, в основном, гостиничные комплексы. В результате возрастает антропогенная нагрузка как на прежнюю инфраструктуру, так и на окружающую рекреационную территорию. При выделении участков на неосвоенных площадях, каждый владелец строит «инфраструктуру «под себя». В конечном итоге в результате мощного негативного антропогенного воздействия неизбежно разрушение природных ландшафтов, ускорение действия, вплоть до разрушительных, склоновых процессов, таких как оползни, осыпи, суффозия и т.д.

На сакраментальный вопрос: «Что делать для исключения, или смягчения негативного влияния повышенной антропогенной нагрузки на горную экосистему?» авторами на рассмотрение научным сообществом предлагается:

Ввести существующий бессистемный «туристический поток» в некое правовое поле.

Определить допустимую антропогенную нагрузку по территориям рекреации на основе создания комплекта специализированных карт: инженерно-геологических; устойчивости ландшафтов; коммуникационных – дорожные сети, энергетические системы, системы водоснабжения и водоотведения; сейсмических воздействий и

Активное развитие Большого Кавказа, как горной страны происходит в настоящее время, на что указывает высокая сейсмичность территории и быстрые естественные преобразования локальных ландшафтов. Данное обстоятельство указывает на необходимость создания региональной постоянной системы наблюдения и прогноза катастрофических и опасных природных процессов, модель которой предложена в главе 9, научной монографии «Крупномасштабные обвалы: предупреждение и прогноз» [1].

Литература

Опубликованная

1. Васьков И.М. Крупномасштабные обвалы: геодинамика и прогноз. Электронное издание Google, «Триумф», Москва, 2019 с. 365.
2. Васьков И. М., Гуня А. Н., Караев Ю. И. Ландшафты как индикаторы эндогенных энергопотоков планеты Земля // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2023. Том 8. № 1 (31). С. 6-15.
3. Грунтоведение лекции. Московский государственный открытый университет им. В.С. Черномырдина <https://studfile.net/mgou-1/>.

Фондовая

4. Агибалова В.В., Яковлева Т.М. Отчет о результатах комплексных инженерно-геологических исследований селей и оползней в Фиагдонском горно-рудном районе Северо-Осетинской АССР за 1969-1971 гг. С. 222. Республика Северная Осетия (Алания). Территориальные геологические фонды.
5. Ольховский Г.П., Тибилов С.М. Отчет по теме: "Составление специализированной геологической основы масштаба 1:50000 для прогнозно-металлогенической карты Горной Осетии", 1998г. 5 томов.

СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА РЕКИ ГУМС

© Гайрабеков У.Т.^{1,2}, Музаев И.Х.^{1,2}

¹Академия наук Чеченской Республики, Грозный

²ГГНТУ имени акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный

Аннотация: Работа посвящена исследованию бассейна р. Гумс – одной из малых рек в юго-восточной части Чеченской Республики.

Ключевые слова: ландшафтная структура, Лесистый хребет, Гудермесский хребет, предгорно-равнинные ландшафты, Чеченская наклонная равнина.

Бассейн р. Гумс расположен в юго-восточной части Чеченской Республики, в пределах Северо-Кавказской провинции, горной области Большого Кавказа Крымско-Кавказской горной страны (рис. 1).

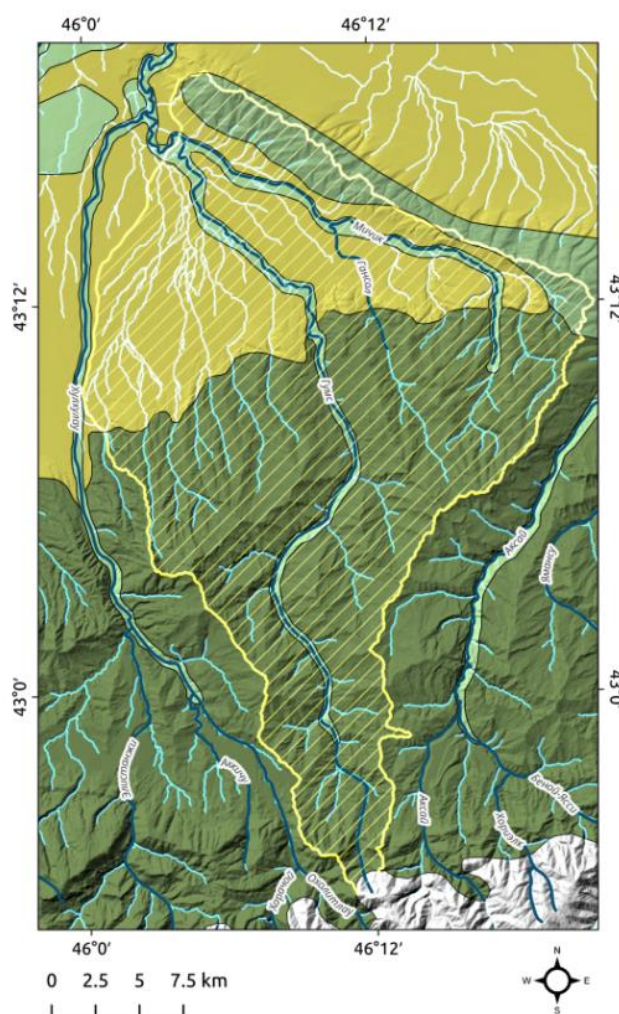


Рисунок 1 – Бассейн р. Гумс

Река Гумс берёт начало на северном склоне Тюрье-Лам (Лесистый хребет), на высоте 1276 м н.у.м. и протекает с юго-востока на северо-запад [3], по территории трёх административных районов: Веденского (в верховьях реки), Ножай-Юртовского (в среднем), и Курчалойского (в нижнем течении), пересекая Лесистый хребет и Чеченскую наклонную равнину. В данной статье авторы рассматривают бассейн р. Гумс от её главного истока до впадения в неё правого притока – р. Мичик, западнее от населенного пункта Илсхан-Юрт.

Ландшафтная структура

Исходя из природно-климатических и почвенно-геоботанических условий на территории бассейна р. Гумс выделены следующие типы ландшафтов (рис. 2): низкогорные степные, лесостепные и лесные ландшафты Гудермесского хребта (100-428 н.у.м.); предгорно-равнинные степные, лугостепные и лесостепные ландшафты Чеченской наклонной равнины (150-450-500); низкогорно-среднегорные горно-лесные и горно-луговые ландшафты Чёрных гор (450-1600 м).

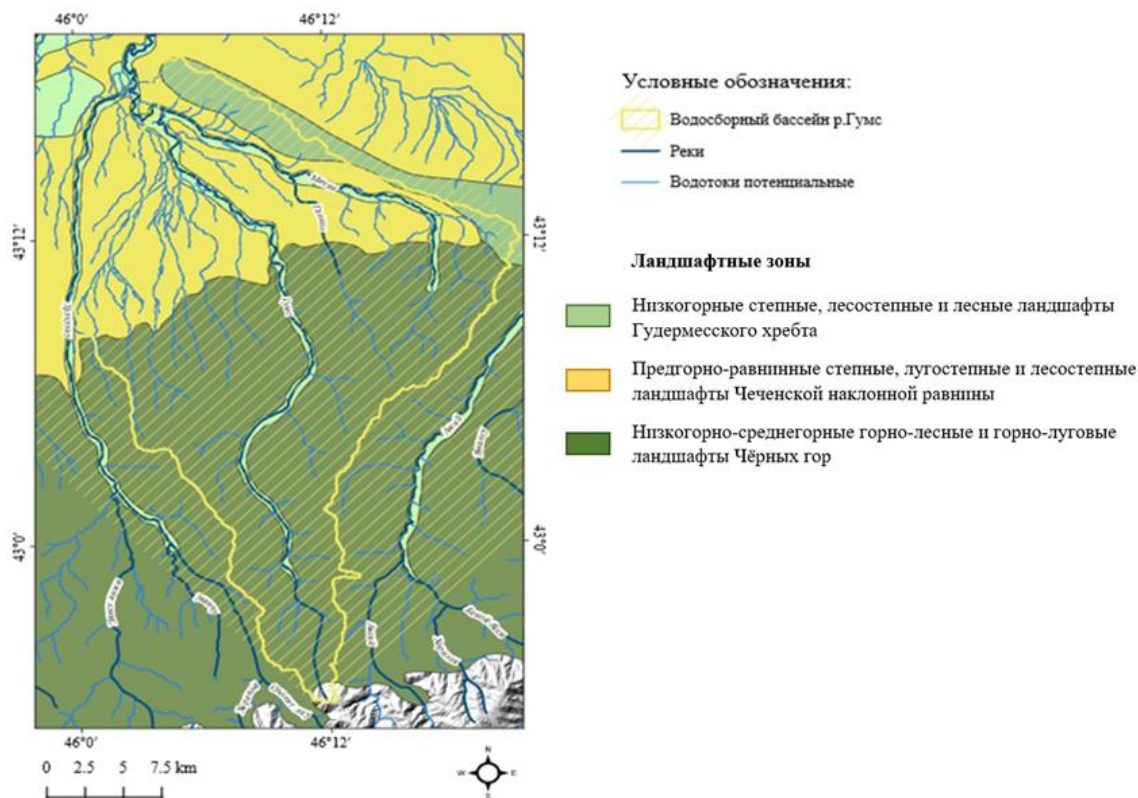


Рисунок 2 – Ландшафты бассейн р. Гумс

Низкогорные ландшафты Гудермесского хребта. Гудермесский хребет с вершиной Гейран-Корт (428 м н. у. м.) и протяженностью около 30 км является заключительным звеном Терского хребта, который на востоке соединяется с отрогами Черных гор. По сравнению с другими хребтами Терско-Сунженской возвышенности северные склоны Гудермесского хребта слабо расчленены. Поверхность хребта сложена миоцен-плиоценовыми отложениями неогеновой системы – в основном сланцеватыми глинами плиоцена и песчаниками верхнего миоцена. Климат умеренный, увлажнённый. Коэффициент увлажнения и годовое количество осадков увеличивается к вершине хребта и доходит до 600 мм. При этом северные экспозиции орошаются осадками лучше, чем южные [1, 2, 4].

Здесь на бурых горно-лесных слабоподзоленных почвах произрастают широколиственные леса. На склонах северных экспозиций сохранились хорошо сомкнутые леса, состоящие из граба кавказского, дуба черешчатого, вяза мелколистного, ясеня обыкновенного, клена татарского. На южном макросклоне Гудермесского хребта преобладают дубравы с дубом черешчатым [12]. В нижней части склона преобладает мелколесье переходящее к понижениям в кустарниковые заросли.

На месте сведенных лесов часто встречаются кустарниковые заросли (держидерево, боярышник мелколистный, слива колючая (тёрн), шиповник острозубый, христовая колючка, свидина южная и др.).

Предгорно-равнинные ландшафты Чеченской наклонной равнины. Равнинная часть предгорных ландшафтов сложена аккумулятивными отложениями четвертичного периода [2, 10,

11]. Годовое количество осадков и коэффициент увлажнения здесь увеличивается с севера на юг, а континентальность и сухость климата уменьшаются к югу [1, 2].

В предгорных ландшафтах республики, как и в горных, изменение климата и почвенно-геоботанических показателей связано с высотной поясностью. Поэтому, с ландшафтно-геоботанической точки зрения, эти ландшафты больше тяготеют к горным ландшафтам, чем равнинным. Они делятся на: предгорно-равнинные степные, лугостепные и лесостепные.

Предгорно-равнинные степные и лугостепные ландшафты Чеченской равнины распространены в пределах северной части Чеченской равнины. Они сложены лессовидными суглинками, подстилаемыми нерасчленёнными отложениями антропогенной системы, сформировались на лугово-чернозёмных и лугово-чернозёмных карбонатных почвах [4]. Климат умеренный, увлажнённый. Коэффициент увлажнения от 0,61 до 0,9 – увеличивается с севера на юг. Годовое количество осадков возрастает к югу и составляет 400-600 мм [1, 4, 13]. Для естественных ландшафтов степной зоны характерны разнотравно-типчаково-ковыльные и бородачёвые, местами распаханые степные ценозы; разнотравно-злаковые степи с байрачными лесами на нижних террасах р. Гумс; разнотравно-злаковые полынные степи; вторичные полынно-бородачёвые степи с фрагментами шибляка [5, 6, 12]. Большая часть степей и луговых степей распахана и превращена в агроценозы. В настоящее время они используются как пастбища. При этом для них типично зарастание кустарником [7, 12]. На нижних террасах р. Гумс распространены интразональные ландшафты, представленные пойменными лесами байрачного типа.

Предгорно-равнинные лесостепные ландшафты занимают территорию между Гудермесским хребтом на севере и Черными горами на юге, в пределах южной части Чеченской предгорной наклонной равнины. По геологическому строению Чеченская равнина представляет собой предгорный прогиб земной коры, примыкающий непосредственно к Кавказскому хребту. В рельефе преобладают высокие равнины, сложенные аллювиальными отложениями, расчленённые речными долинами, с абсолютными высотами от 150 до 450 м [2, 8]. Климат умеренный, достаточно увлажнённый, с коэффициентом увлажнения от 0,91 до 1,2. Годовое количество осадков составляет 500-600 мм [1]. Преобладающий тип почв – лугово-чернозёмный в сочетании с чернозёмами карбонатными среднесиловыми и слабо выщелоченными. Отдельными пятнами встречаются лугово-чернозёмные карбонатные почвы в сочетании луговыми карбонатными. На юге лесостепной зоны с запада на восток, вдоль Чёрных гор, тянется полоса луговых и аллювиально-луговых почв, преимущественно засоленных и солонцеватых, которая расширяется к западу и востоку [2, 4]. Лесостепные ландшафты почти полностью распаханы, окультурены и в настоящее время представлены в основном агроландшафтами. Сохранившиеся естественные участки представлены луговым разнотравьем с примесью степных злаков. Леса сохранились лишь на нижних террасах долин рек.

Послесельные вторичные остепнённые ландшафты представлены разнотравно-злаковыми степями и лугостепями, которые появились здесь на месте сведённых лесов. Леса сохранились по долинам рек и балкам. Небольшие участки молодого леса, нередко порослевого характера, состоят из дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, клена татарского, груши кавказской. В подлеске этих лесов алыча растопыренная, боярышник мелколистный, кизил обыкновенный, мушмула германская, крушина Палласа.

Провести границу между поясом степной растительности и поясом лесостепной растительности довольно трудно.

Низкогорно-среднегорные горно-лесные и горно-луговые ландшафты бассейна р. Гумс занимают северный склон Черных гор (Лесистого хребта) и делятся на: а) горно-лесные и б) горно-луговые. Черные горы сложены в основном палеоген-неогеновыми отложениями, представленными здесь преимущественно легко разрушаемыми породами – глинами, песчаниками, мергелями, конгломератами [2, 4]. Климат умеренный, мягкий, с коэффициентом

увлажнения от 0,91 до 1,5. Годовое количество осадков составляет от 500 до 700-800 мм, местами достигает 1000 и более мм [1]. Преобладают горно-лесные бурые местами оподзоленные почвы в сочетании с перегнойно-карбонатными и лугово-аллювиальными, переходящими на востоке в горно-лесные тёмно-серые, заболоченные и слитые почвы [2, 4]. В низкогорье произрастают смешанные леса, основу которых составляют дикие фруктовые деревья. Главными лесообразующими породами Лесистого хребта являются: бук восточный, граб вперемешку с клёном остролистным, и татарским, липой сердцелистной, ольхой серой и чёрной, ясеню обыкновенной, дубом черешчатым и скальным и другими породами [4, 7]. Буковые леса самые древние, в них наибольшее число третичных видов: клен красивый, тис ягодный. Встречаются и другие реликты: бересклет широколистный, рябина глаговина, черника кавказская. Из травянистых растений распространены ясенник, кислица, толстянка широколистная, зубянка пятилистная, колокольчик млечноцветный, адамов корень, копытень грузинский и различные виды папоротников, а из кустарников – рододендрон желтый. Буковые леса, не тронутые человеком имеют хорошую сомкнутость, они сильно пострадали от авиа-и артобстрелов, в ходе двух военных кампаний на территории Чеченской Республики. Травяной покров в таких лесах, как правило, почти отсутствует. В местах сведения лесов сформировались вторичные луга, представленные горно-луговым разнотравьем.

Горно-луговые ландшафты в бассейне р. Гумс распространены в верхней части Лесистого хребта, в высотных пределах 1300-1600 м. Здесь преобладают горно-луговые мощные и среднемощные кислые и сильнокислые почвы. Горно-луговые ландшафты представлены высокотравными лугами, состоящими из разнотравно-злаковых и осоковых лугов. В настоящее время эти ландшафты испытывают заустаривания, в них наблюдается возобновление лесов в ареалах интенсивно использовавшихся ранее как пастбища и сенокосы. Здесь наблюдается поднятие пояса лесов, помимо снижения антропогенной нагрузки, существенную роль в этом процессе играет и потепление климата.

Работа представлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Заключение

Река Гумс берёт свое начало на северном склоне Гезги-Лам, на высоте 1276 м н.у.м. и протекает с юго-востока на северо-запад по территории трёх административных районов Чеченской Республики, пересекая Лесистый хребет и Чеченскую наклонную равнину.

В бассейне р. Гумс проявляется высотная поясность характерная для горных ландшафтов, что способствовало формированию на его территории различных ландшафтов, включая: низкогорные степные, лесостепные и лесные Гудермесского хребта; предгорно-равнинные степные, лугостепные и лесостепные Чеченской предгорной наклонной равнины; низкогорно-среднегорные горно-лесные и горно-луговые Чёрных гор.

В настоящее время горные и предгорные ландшафты бассейна р. Гумс претерпевают изменения. В предгорно-равнинных степных и лугостепных ландшафтах бассейна наблюдается зарастание кустарником. В горно-луговых ландшафтах происходит возобновление лесов и поднятие лесного пояса. Динамика ландшафтов в бассейне р. Гумс связана снижением антропогенной нагрузки, в первую очередь, и с изменением климата.

Литература

1. Агроклиматический справочник по Чечено-Ингушской АССР. Грозный: Чеч.-Инг. кн. изд-во, 1960. 128 с.
2. Атлас Чечено-Ингушской АССР. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совмине СССР, 1978. 28 с.
3. Гайрабеков У.Т. Проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Гумс // В кн. «Толстовские чтения». Тезисы докл. региональной научной конференции. Грозный: Чечено-Ингушский государственный университет им. Л.Н. Толстого, 1991. С. 192-193.
4. Гайрабеков У.Т., Гайрабекова М.Т. Структура и особенности природных ландшафтов Чеченской Республики // Вестник Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова. 2014. № 1. С. 159-166.
5. Галушко А.И. Растительный покров Чечено-Ингушетии. Грозный: Чеч.-Инг. кн. изд во. 1975. 118 с.
6. Гроссгейм А.А. Растительный покров Кавказа. М.: МОИП, 1948. 267 с.
7. Гуния А. Н., Гайрабеков У. Т., Гагаева З. Ш. Изучение ландшафтной структуры для оценки углеродного баланса горных экосистем // Геология и геофизика Юга России. 2022. 12 (3): 170-181. DOI: 10.46698/VNC. 2022.48.65.012.
8. Гуния А.Н., Гайрабеков У.Т. Физико-географическая дифференциация Чеченской Республики: важнейшие структурные элементы и границы // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 66-70.
9. Гуния А.Н., Петрушина М.Н., Лысенко А.В., Гайрабеков У.Т. и др. Физико-географическая дифференциация территории Чеченской Республики (по результатам работ на трансекте). Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). 2019. № 1. С. 28-48.
10. Керимов И.А., Гайрабеков У.Т., Махмудова Л.Ш. Карбоновый полигон Чеченской Республики: I ландшафтные особенности и структура // Грозненский естественнонаучный бюллетень, 2021. Том 6. № 3 (25). С. 35-47. DOI: 10.25744/genb.2021.28.73.004.
11. Прибытков Н.В. К характеристике растительного покрова Чечено-Ингушской АССР. Грозный: Чеч. - Инг. кн. изд-во, 1981. 84 с.
12. Современное состояние ландшафтов эталонных участков карбонового полигона Чеченской Республики / Гуния А.Н., Петрушина М.Н., Гайрабеков У.Т., Махмудова Л.Ш. // В сб. «Рациональное природопользование: традиции и инновации». Материалы III Межд. конференции. Москва, 2022. С. 170-174.
13. Гуния А.Н., Петрушина М.Н., Колбовский Е.Ю., Гайрабеков У.Т., Петров Л.А., Эльмурзаев Р.С., Серитханов С.М. Горные ландшафты Восточного Кавказа: современное состояние и перспективы освоения (на примере Чеченской республики) // Грозненский естественнонаучный бюллетень, 2020. Том 5, №2 (20). С. 5-13. DOI: 10.25744/genb.2020.20.2.001.

ИЗУЧЕНИЕ ЭНТОМОФАУНЫ КУСТОВ ШИПОВНИКА В УСЛОВИЯХ ГАРАЯЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА АЗЕРБАЙДЖАНА

© Гусейнова Л.А.

*Научно-Исследовательский Институт Защиты растений и Технических культур,
Республика Азербайджан, г. Гянджа*

Аннотация: В статье содержится информация об изучении энтомофауны шиповников в условиях Гараязинского Государственного Природного заповедника Азербайджана в 2023-2024 гг. Как и в любом лесном биогеоценозе, в Тугайных лесах, расположенных на территории Гараязинского Государственного Природного заповедника Азербайджана, очень богаты численность и состав видов-фитофагов. В 2023-2024 гг. в результате исследований, проведенных на территории заповедника, детально изучен видовой состав, образ жизни и биология вредных насекомых, повреждающих кусты шиповника.

Ключевые слова: Гараязинский заповедник, р. Кура, шиповник, энтомофауна, насекомые

Введение

Гараязинский Государственный Природный заповедник расположен на северо-западе Азербайджана. Он основан в 1978 г. на территории Агстафинского района. Площадь охраняемой территории составляет 9658 га. Заповедник создан для комплексной охраны Тугайных лесов долины Куры. Эти леса очень ценны как в флористическом, так и в экосистемном отношении. Территория заповедника состоит, в основном, из лесов, большую часть которой занимает покрытой лесом участок, а меньшую – участок, непокрытый лесом. Здесь сравнительно больше развиваются подлески и молодые деревья (рис. 1).



Рисунок 1 – Гараязинский Государственный Природный заповедник

Гараязинский Государственный Природный заповедник расположен в речной долине. Заповедник расположен в субтропическом климатическом поясе, в зоне умеренно теплых полупустынь и сухих степей Закавказья.

От 2 июня 2003 г. территория Гараязинского Государственного заповедника, играющего незаменимую роль в обеспечении сохранности лесной экосистемы республиканского и международного значения и охраны редких видов флоры и фауны, расширена – от 4903 га она доведена до 9658 га. Основная цель такого расширения – охрана и восстановление тугайных лесов, растущих вдоль реки Кура. Тугайные леса, обладающие берегоукрепительными свойствами, являются прибежищем редких видов животных и птиц. В целом площадь лесных массивов по республике составляет 11 %, при этом доля тугайных лесов – 0,8 %. Таким образом, роль Гараязинского заповедника в их охране и восстановлении неопределима. В

заповеднике произрастают дуб (*Quercus* L.), ива (*Salix* L.), клен (*Acer* L.) и другие породы деревьев. Большую ценность представляют также различные представители фауны, обитающие в Гараязинском заповеднике, в частности, кавказский подвид благородного оленя (*Cervus elaphus* Linnaeus.).

Гараязинский заповедник расположен на крайнем северо-западе Азербайджана, неподалеку от государственной границы с Грузией. Его территории целиком лежат в пределах Агстафинского района. Географически заповедник расположен на левом берегу Куры – крупнейшей водной артерии Закавказья. Его территория включает как пойму реки, так и прилегающую к ней Гараязскую низменность. Охраняемая зона вытянута в направлении с северо-запада на юго-восток. Вся южная граница заповедника прилегает к руслу Куры, а западная ограничена ее притоком Храми (река в восточной части Грузии и частично западной части Азербайджана, правый приток Куры).

По гидрографическому принципу, Азербайджанская Республика относится к бассейну Каспийского моря. Гидрографическая сеть республики (река, озера) создавалась на протяжении длительного периода и за это время подверглась изменениям. Свидетельством тому – встречающиеся ныне остатки ущелий древних рек. В настоящее время гидрографическая сеть меняется за счет природных факторов и хозяйственной деятельности человека. К гидрографической сети относятся также и искусственные водные протоки (каналы), и водохранилища.

Основу гидрографической сети Азербайджанской Республики составляют реки. По территории республики протекают 8359 рек различной протяженности. Наиболее крупная р. Кура (рис. 2, 3).



2



3

Рисунок 2, 3 – р. Кура (поверхностные и глубокие участки реки)

Самой большой рекой Кавказа является р. Кура. Ее длина 1515 км, площадь 188 тыс. км². Р. Кура берет начало на северо-восточном склоне горы Гызылгядик, на участке максимальной возвышенности в 2740 м. Кура протекает по территории Грузии, входит на территорию Азербайджана. Протекая по Кура-Аразской низменности, впадает в Каспийское море (рис. 4).



Рисунок 4 – Карта бассейна Куры

Тугайный лес отличается разнообразными видами растений, что в первую очередь можно объяснить благоприятными погодными условиями. В этих лесах преобладают богатые питательными веществами каштановые почвы. Биоценоз заповедника, особенно Тугайных лесов характеризуется не только разнообразием видов, но и сложной структурой.

Шиповник (*Rosa* L.) относится к семейству розоцветные (*Rosaceae* Juss.) и насчитывает около 250 видов, естественно произрастающих в умеренном и теплом климате Северного полушария. Шиповники (*Rosa* L.) довольно неприхотливые растения, засухоустойчивы и малотребовательны к почвенным условиям. Предпочитают хорошо освещенные места с умеренно влажными, суглинистыми почвами, очень плохо переносят переувлажнение. Большинство видов дикорастущих шиповников морозоустойчивы [10] (рис. 5).

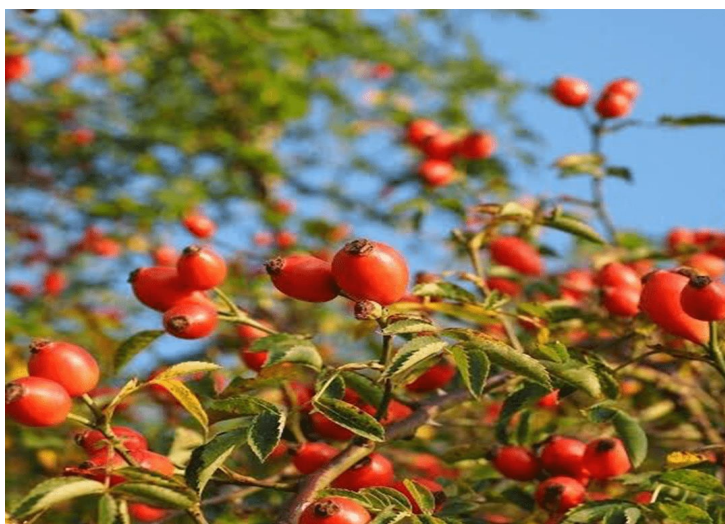


Рисунок 5 – Куст шиповника с созревшими красными ягодами

Шиповники повреждают более 100 видов насекомых и растительноядных клещей, которые питаются различными частями растения: листьями, цветками, почками, побегами, плодами и корнями. Большинство из этих вредителей являются полифагами и развиваются на многих видах растений, особенно относящихся к семейству розоцветные (*Rosaceae* Juss.).

Цель и задача исследований

Настоящей целью исследовательской работы было изучение видового состава вредных видов насекомых, а также типов повреждений фитофагами и их личинками кустов шиповника в Тугайных лесах, который находится в Гараязинском Государственном Природном заповеднике.

Материалы и методы исследований

Повреждение лесов вредными насекомыми наносит большой ущерб народному хозяйству страны в виде потерь текущего прироста древесины, усыхания и деградации древостоев, снижения их природоохранных, водозащитных и агролесомелиоративных функций.

Установление видового разнообразия, численности и особенностей пространственного распределения насекомых в лесном биоценозе (в заповеднике) выполняли с учетом ассортимента, экологических особенностей и состояния насаждений, времени заселения вредителями и т.д. [3]. Для сбора материала применяли методы: кошение кустарниковой растительности стандартным энтомологическим сачком, осмотр ветвей и стволов модельных кустов [4]. В лесу закладывали по 5 учетных площадок. Учено более 35000 экземпляров насекомых [1, 2, 5].

Видовой состав насекомых, повреждающих листву, определяли по имаго и наносимыми филофагами (насекомые, питающиеся листьями) видоспецифичным повреждениям крон кустов шиповника с использованием определителей [6, 7].

Для характеристики участия вида в составе населения использовали следующую классификацию обилия: свыше 5% – доминантные (массовые) виды; 2-5% – субдоминантные; 1-2% – обычные; > 1% – редкие [8, 9].

Результаты исследований и их обсуждение

За 2023-2024 гг. установлено, что энтомофауна заповедника очень богата и разнообразна. В ходе проведенных нами исследований в тугайных лесах, расположенных на территории Гараязинского Государственного природного заповедника, в 2023-2024 гг. на кустах шиповника было зарегистрировано 11 видов вредных насекомых. При изучении обнаруженных видов в энтомологической лаборатории установлено, что большинство из них являются филофагами, а также представителями отряда перепончатокрылые (*Hymenoptera* Linnaeus.), семейства цинипиды (*Cynipidae* Latreille.) (табл. 1).

Таблица 1 – Видовой состав (энтомофауна) вредителей кустов шиповника в условиях Гараязинского Государственного Природного заповедника Азербайджана (2023-2024 гг.)

Вредители шиповника	Отряд	Семейства	Повреждаемые органы растений
Зеленый овощной клоп (<i>Nezara viridula</i> Linnaeus.)	Полужесткокрылые или клопы (<i>Hemiptera</i> Linnaeus.)	Настоящие щитники (<i>Pentatomidae</i> Leach.)	Плоды
Пчела-листорез (<i>Megachile centuncularis</i> L.)	Перепончатокрылые (<i>Hymenoptera</i>)	Мегахилиды (<i>Megachilidae</i> Latreille.)	Листья
Обыкновенный паутинный клещ (<i>Tetranychus urticae</i> C.L.Koch.)	Тромбидиформные клещи (<i>Trombidiformes</i> Reuter.)	Паутинные клещи (<i>Tetranychidae</i> Donnadieu.)	Молодые листочки
Оленка мохнатая или бронзовка мохнатая (<i>Epicometis hirta</i> Poda.)	Жесткокрылые или жуки (<i>Coleoptera</i> Linnaeus.)	Пластиночатоусые (<i>Scarabaeidae</i> Latreille.)	Бутоны, цветки (тычинки, пестики и лепестки)
Клитра четырехточечная или листоед четырехточечный (<i>Clytra quadripunctata</i> Linnaeus.)	Жесткокрылые или жуки (<i>Coleoptera</i> Linnaeus.)	Листоеды (<i>Chrysomelidae</i> Latreille.)	Листья
Орехотворка розанная или розанный диплолепис (<i>Diplolepis rosae</i> Linnaeus.)	Перепончатокрылые (<i>Hymenoptera</i> Linnaeus.)	Цинипиды (<i>Cynipidae</i> Latreille.)	Листья и побеги
Орехотворка толстостенная или	Перепончатокрылые	Цинипиды (<i>Cynipidae</i>	Листья, цветки и

толстостенный диплолепис (<i>Rhodites mayri</i> Schlecht.)	(Hymenoptera Linnaeus.)	Latreille.)	плоды
Орехотворка шиповатая или шероховатый диплолепис (<i>Diplolepis rosarum</i> L.)	Перепончатокрылые (Hymenoptera Linnaeus.)	Цинипиды (<i>Cynipidae</i> Latreille.)	Листья, цветки и плоды
Орехотворка гладкая или гладкий диплолепис (<i>Diplolepis eglanteriae</i> Hartig.)	Перепончатокрылые (Hymenoptera Linnaeus.)	Цинипиды (<i>Cynipidae</i> Latreille.)	Листья
Орехотворка волнистая (<i>Rhodites fluctum</i> Rubs.)	Перепончатокрылые (Hymenoptera Linnaeus.)	Цинипиды (<i>Cynipidae</i> Latreille.)	Плоды и семена
Орехотворка биколор или диплолепис биколор (<i>Diplolepis bicolor</i> L.)	Перепончатокрылые (Hymenoptera Linnaeus.)	Цинипиды (<i>Cynipidae</i> Latreille.)	Листья

Следует отметить, что энтомокомплекс заповедника не изменяется в зависимости от качества окружающей среды, как это бывает в городских ландшафтных композициях (например, в парках, ботанических садах и т.д.).

Выводы

Настоящая работа представляет собой обзор насекомых – вредителей Тугайных лесов, расположенных на территории Гараязинского Государственного Природного заповедника в 2023-2024 гг. Сбор насекомых и наблюдения в природе проводились нами с июня по ноябрь. Большинство вредителей летом во время наших исследований находились в состоянии диапаузы. В ходе исследований были взяты биологические пробы со всех надземных органов шиповника (листья, цветки, бутоны, почки, побеги, ветки, стволы). Также в ходе полевых исследований мы собирали особей вредителей в разных фазах (*imago*, *ovum*, *larva*, *nimpha*, *ripa*) и привозили их в лабораторию. Таким образом, таксономический состав насекомых заповедника, представлен 11 видами, относящимися к 4 отрядам и 6 семействам.

Литература

1. Захваткин Ю.А. Курс общей энтомологии. М.: «Колос», 2001. 225 с.
2. Митюшев И.М. Лесная энтомология. М.: «Юрайт», 2019. 38 с.
3. Бахвалов С.А., Колтунов Е.В. Факторы и экологические механизмы популяционной динамики лесных насекомых-филлофагов. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2010. 183 с.
4. Волков Н.Н., Веселова Н.Г. Сбор и коллекционирование насекомых и повреждений. Брянск: «БГИТА», 2000. 26 с.
5. Харитонов Н.З. Лесная энтомология. Минск: «Высшая школа», 1994. 283 с.
6. Ильинский А.И. Определитель вредителей леса. М.: «Сельхозиздат», 1962. 234 с.
7. Гусев В.И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: «Лесная промышленность», 1984. 217 с.
8. Мозолевская Е.Г., Селиховкин А.В., Ижевский С.С. и др. Лесная энтомология. М.: «Академия», 2010, 139 с.
9. Воронцов А.И., Мозолевская Е.Г. Практикум по лесной энтомологии. М.: «Высшая школа», 1978, 193 с.
10. Гусейнова Л.А. 2024: Микобиота кустов шиповника в условиях Гейгельского заповедника Азербайджана // Формирование высокопродуктивных и биологически устойчивых лесных насаждений в условиях изменяющегося климата: современное состояние и пути решения. Труды Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Жорновской опытно-лесной базы Института лесного хозяйства Национальной академии наук Беларуси, 217-221 с.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АНОМАЛИЙ КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ПРЕДЕЛАХ БАСЕЙНОВ РЕК ВОДОСБОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

© Дрыгваль П.В., Дрыгваль А.В.

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, Севастополь

Аннотация: В работе проведено исследование аномалий атмосферных осадков в пределах бассейнов малых и средних рек южной и западной части водосбора Каспийского моря: реки Горган (Иран), Карачай (Азербайджан), Атачай (Азербайджан), Сулак (Россия), Сунжа (Россия), Уллучай (Россия), Хераз (Иран), которые впадают в Каспийское море. Исследования проведены за три временных периода: 1961–1981 гг., 1982–2004 гг. и 2005–2023 гг. Результаты исследования включают в себя определение значений аномалий количества атмосферных осадков и их пространственное распределение в пределах рассматриваемых бассейнов рек. На основе полученных данных были созданы карты аномалий средних многолетних значений количества атмосферных осадков, а также выявлены основные тенденции изменения этого метеопараметра в рассматриваемом регионе за период с 1961 по 2023 гг.

Ключевые слова: климатические аномалии, атмосферные осадки, бассейны рек, Каспийское море, Z- анализ, изменение климата

Ввиду актуальности проблемы климатических изменений особое внимание необходимо уделять изучению водосборных бассейнов, в частности уникального Прикаспийского региона [1-4]. Для успешной адаптации к будущим условиям крайне важно анализировать климатические данные и выявлять аномалии, чтобы получить глубокое понимание текущей и будущей климатической ситуации.

В работах [5-8] рассматриваются климатические аномалии в Каспийском регионе, но важно отметить, что понятие «климатическая аномалия» можно трактовать по-разному. Обычно под этим понятием подразумевают отклонения метеопараметров от их средних многолетних значений.

Для оценки пространственно-временной изменчивости аномалий количества атмосферных осадков в пределах бассейнов рек водосбора Каспийского моря: Горган (Иран), Карачай (Азербайджан), Атачай (Азербайджан), Сулак (Россия), Сунжа (Россия), Уллучай (Россия), Хераз (Иран) использовались данные цифровой модели рельефа [9], векторные слои границ речных бассейнов [10], а также данные реанализа ERA5 [11] из диапазона total_precipitation_sum. Обработка и визуализация данных проводились с помощью ArcGIS 10.2, платформа облачных вычислений Google Earth Engine и Microsoft Excel 2013.

Достоверность данных реанализа была проверена с помощью корреляции с данными метеорологических станций за период 1961-2023 гг. (таб. 1). Для выявления аномалий использовался метод Z-анализа [12].

Таблица 1 – Проверочные коэффициенты сравнения данных метеорологических станций и данных реанализа

Проверочный коэффициент	Атмосферные осадки	
Коэффициент корреляции Пирсона	0,77	Высокая корреляционная связь по шкале Чеддока
Коэффициент детерминации	0,6	Регрессионная модель приемлемого качества

Данные имеют высокую корреляционную связь по шкале Чеддока и регрессионная модель является приемлемого качества по коэффициенту детерминации, поэтому мы можем с большой достоверностью провести анализ пространственно-временной изменчивости аномалий среднемноголетних значений количества атмосферных осадков. Для территории всех

рассматриваемых бассейнов рек были рассчитаны аномалии среднееголетних значений количества атмосферных осадков (табл. 2).

Таблица 2 – Значения количества атмосферных осадков, статистически соответствующие аномалиям в пределах изучаемых бассейнов рек (по данным реанализа)

Min, мм	Max, мм	Ср. знач., мм	Станд. отклон., мм	Z=1 (норма)	Положительные аномалии количества атмосферных осадков, мм		Z= -1 (норма)	Отрицательные аномалии количества атмосферных осадков, мм	
					Z=2 (выше нормы)	Z=3 (значительн о выше нормы)		Z= -2 (ниже нормы)	Z= -3 (значительн о ниже нормы)
Бассейны изучаемых рек									
1961-1981 гг.									
229,04	2286,97	900,48	386,36	1286,84	1673,20	2059,56	514,12	127,76	н.о.
1982-2004 гг.									
217,47	2272,57	902,62	382,38	1268,22	1633,82	1999,42	537,02	171,42	н.о.
2005-2023 гг.									
205,54	2148,71	854,81	386,11	1240,92	1627,03	2013,14	468,70	82,59	н.о.

Примечание: н.о. – значения количества осадков не определены, т.к. статистически соответствуют менее 0 мм.

На рисунках (рис. 1-3) представлены поля распространения аномальных средних многолетних значений количества атмосферных осадков за рассматриваемые периоды времени (1961-1981 гг. (рис. 1); 1982-2004 гг. (рис. 2); 2005-2023 гг. (рис. 3)).

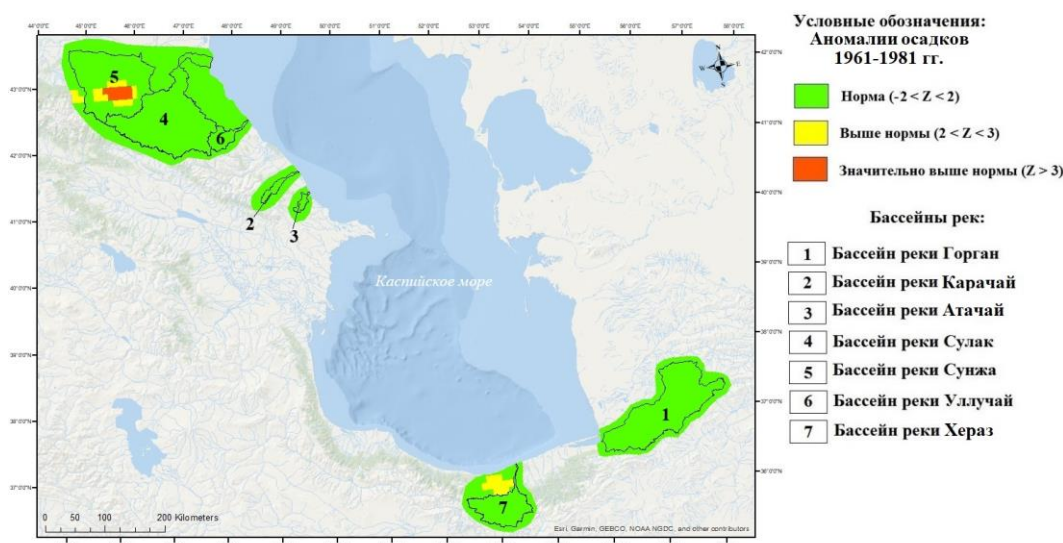


Рисунок 1 – Аномалии средних многолетних значений количества атмосферных осадков в пределах бассейнов малых и средних рек Каспийского водосбора в период 1961-1981 гг.

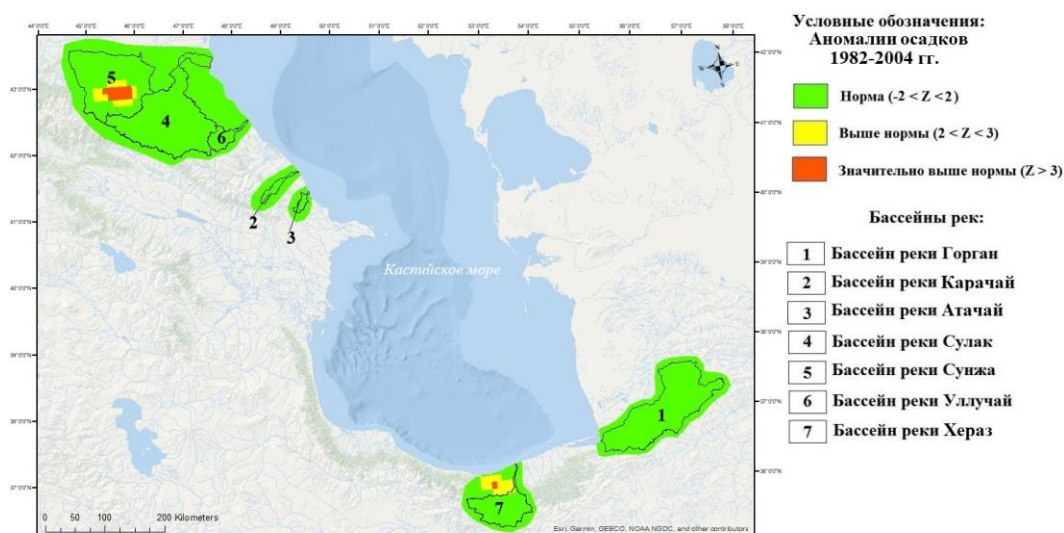


Рисунок 2 – Аномалии средних многолетних значений количества атмосферных осадков в пределах бассейнов малых и средних рек Каспийского водосбора в период 1982-2004 гг.

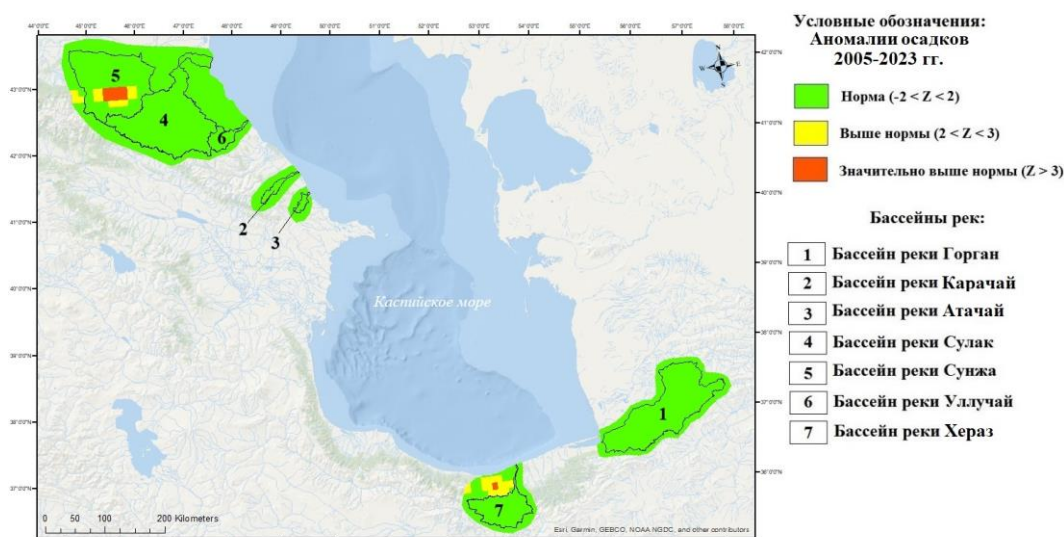


Рисунок 3 – Аномалии средних многолетних значений количества атмосферных осадков в пределах бассейнов малых и средних рек Каспийского водосбора в период 2005-2023 гг.

Анализ значений аномалий количества атмосферных осадков в пределах бассейнов рек Каспийского водосбора в период 1961-2023 гг. показал, что в течение всех рассматриваемых периодов отсутствуют отрицательные ($Z = -2$ «Ниже нормы»; $Z = -3$ «Значительно ниже нормы») аномалии. Отмечаются следующие тенденции:

1. Положительные аномалии среднего многолетнего количества осадков наблюдается только в бассейне реки Сунжа, а также немного севернее реки Хераз, ближе к Каспийскому морю.
2. Со временем (особенно в период с 2005 по 2023 год) зона повышенного выпадения осадков в районе реки Сунжа становится меньше, а в районе реки Хераз, наоборот, больше (здесь во второй и третий периоды появляются аномалии «Значительно выше нормы»).
3. В течение рассматриваемого времени (63 года) объем средних многолетних значений осадков, которые соответствуют положительным аномалиям, уменьшился на 46 мм, если сравнивать выборки данных трех временных периодов.

Работа выполнена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (Соглашение Минобрнауки РФ № 075-15-2023-592).

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта Российской Федерации в лице Минобрнауки России: грант в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (Соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Moradi H.R. The role of the Caspian Sea in precipitation conditions on the shores of the north of Iran // Материалы международной научной конференции «Изменения климата и водного баланса Каспийского региона» (19-20 октября 2010 года, Астрахань). Астрахань, 2011. С 244-250.
2. Mahnaz Rabbaniha. Assessment of climate change impacts on the Caspian Sea Iranian coastal wetlands, using by GIS // Conference: INOC -IIUM- International Conference on Oceanography & Sustainable Marine Production: A Challenge of Managing Marine Resources under Climate Change, ICOSMaPat: Kuantan- Malaysia, 2013.
3. Lebedev S.A. Investigation seasonal and interannual variability of the Caspian Sea dynamics based on satellite altimetry data // Conference: Living Planet Symposium 2016. Czech Republik, Prague, 9–13 May 2016At: Proceedings Living Planet Symposium 2016Volume: SP-740.
4. Ibrayev R. A., Ozsoy E., Schrum C., Sur H.I. Seasonal variability of the Caspian Sea three-dimensional circulation, sea level and air-sea interaction // Ocean Science Discussions, 2010. V.6, P. 311–329.14. Efimov, V.; Volodin, E.; Anisimov, A.; Barabanov, V. Regional projections of climate change for the Black Sea – Caspian Sea area in late XXI century. Morskoy Gidrofiz. zhurnal 2015, <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2015-5-53-73>.
5. Татарников В.О., Гаврилова Е.В., Азмухамбетова Д.Х. Изменение увлажненности Прикаспийского региона России в связи с глобальным потеплением // Геосферные исследования, 2021. № 4. С. 103–109.
6. Хованова Н.В. Температурные аномалии на территории Южного Федерального округа (1998-2007 гг.) // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион Серия: Естественные науки, №2, 2009. С. 69-71.
7. Голами М., Гиви Ф.А., Гадер С. Влияние аномалии температуры поверхности Каспийского моря на колебания количества осадков в южном прибрежном районе // Тезисы конференции: Международная научная конференция «Изменения климата и водного баланса Каспийского региона», 19-20 октября 2010, Астрахань. 2010. С 65-66.
8. Ghaedi S. Anomalies of precipitation and drought in objectively derived climate regions of Iran // Hungarian Geographical Bulletin, V. 70 (2), 2021. P. 163–174.
9. OpenTopography. NASADEM Global Digital Elevation Model. URL: <https://portal.opentopography.org/raster?opentopoID=OTSDEM.032021.4326.2> (дата обращения 01.08.2024).
10. HydroSHEDS. HydroRIVERS. URL: <https://www.hydrosheds.org/products/hydrorivers> (дата обращения 01.08.2024).
11. Earth Engine Data Catalog. ERA5-Land Daily Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis. URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/ECMWF_ERA5_LAND_DAILY_AGGR#bands (дата обращения 01.08.2024).
12. Дрыгваль А.В., Келип А.А., Горбунов Р.В., Дрыгваль П.В., Табунщик В.А. Анализ стандартизированных аномалий температуры воздуха на территории Крымского полуострова // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Междунар. ландшафт. конф., 17–21 мая, 2023 г., Воронеж: в 2-х т. Воронеж: ВГУ. 2023. Т. 2. С. 219-221.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АТАЧАЙ

© Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш.

Институт геологии ДФИЦ РАН, Махачкала

Аннотация: Бассейн р. Атачай длительное время изучается в плане развития в нем оползневых процессов. Это обусловлено широким развитием разнообразных оползней в бассейне реки. В ходе наших исследований с использованием ДЗЗ получены новые данные о распространении оползней в высокогорной части бассейна реки.

Ключевые слова: оползни, Восточный Кавказ, дистанционное зондирование Земли

Бассейн реки Атачай занимает порядка 360 км² на северном склоне Восточного Кавказа и прилегающей низменности. Точная площадь бассейна за счет сложного характера распределения водотоков на низменности может отличаться при разных подходах к его выделению. Геоморфологические особенности бассейна хорошо изучены [Будагов, 1973]. Также для бассейна реки приводятся данные о распространении опасных геологических процессов (оползней), которые во многом и определяют специфику данного речного бассейна [Будагов, Ширинов, 1958; Ализаде, Тарихазер, 2015; Тарихазер, 2020].

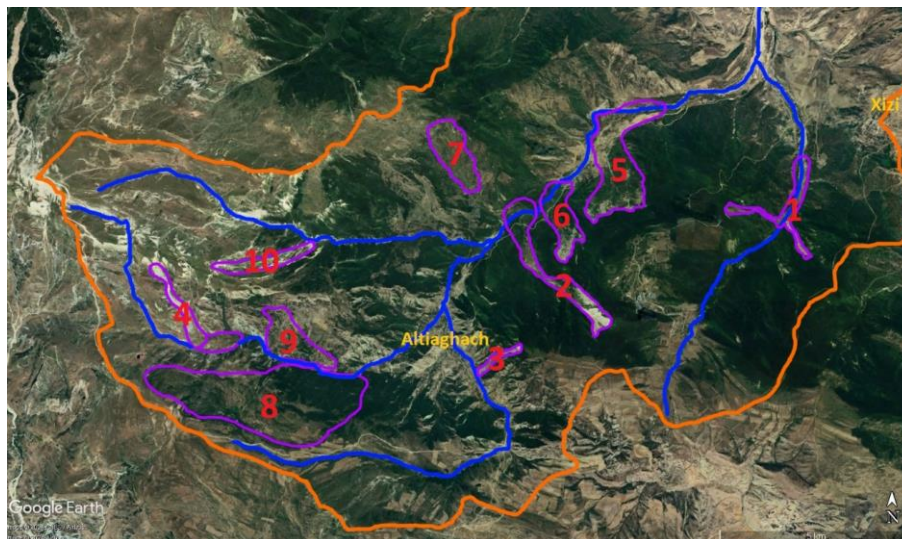


Рисунок 1 – Верхняя часть бассейна реки Атачай.

Для бассейна реки описано 3 крупных оползня площадью порядка 4,6 км² [Тарихазер, 2020]. Два оползня (Халанжанский и Бахышлинский) расположены в верхней части бассейна реки (выше гор. Хызы), показаны на рисунке 1 (цифры 1, 2).

В ходе исследований бассейна реки и анализа космоснимков было установлено, что в верхней части бассейна реки распространены и другие оползни. Они также показаны на рисунке 1. Вдоль долин рек в верхней части бассейна проложен ряд автодорог, а также расположено крупное село Алтыагач. Следует отметить, что на возвышенностях местные автодороги четко приурочены к водораздельным участкам и огибают крупные оползни региона. Особенно ярко это отмечается вдоль юго-западной границы бассейна.

Анализ строения оползней бассейна реки показывает, что можно выделить несколько групп оползней.

Оползни типа А – наиболее широко распространены. Они представлены узкими и вытянутыми участками длиной до 3,8 км. К таким относятся Бахышлинский, оба Халанжанских, а также оползни 3, 4 (рис. 1). В средней части долины также встречаются такие оползни. Следует отметить, что такие оползни в нижней части характеризуются обстановками

значительного сжатия. За счет значительной протяженности и перепада высот при благоприятных условиях могут давать быстрые и значительные подвижки на много метров. Большая часть таких оползней выходит в долины рек и частично перекрывает современные русла рек. На отдельных участках отмечается прорезание современными руслами древних генераций нижних частей оползней. Оползни этого типа отличаются относительно малыми размерами оползневых цирков и соответственно объемами и площадью.

Оползни типа Б – занимают значительные площади. Также отличаются относительным превышением длины оползня к ширине. К ним относится Юхары-Фандыганский оползень [Тарихазер, 2020] в средней части долины р. Атачай, также к этому типу относятся оползни 5, 6, 7 (рис. 1). В нижней части развиваются обстановки небольшого сжатия. В верхней части таких оползней развиваются оползневые озера и болота. Оползни отличаются относительно низкой скоростью движения, однако фронт движения может превышать 1 км. Ширина оползневых цирков в целом сопоставима с шириной фронта оползня в нижней части. Занимают либо целиком склон, либо основную часть склона.

Оползни типа С – распространены в высокогорной зоне в области развития мощных толщ массивных компетентных пород (известняков) и соответственно наличия широких и протяженных долин. К ним относятся оползни 8, 9, 10 (рис. 1). Оползни представляют собой вытянутые вдоль склонов оползни оседания и расползания. Протяженность стенок отрыва таких оползней вдоль склонов может достигать нескольких километров. Между отсевишими блоками расположены относительно крупные озера и болота. Вероятно, такие оползни двигаются крайне медленно и генерируются крупными сейсмическими событиями. Характерна большая мощность таких оползней и прорезание их долинами рек.

Следует отметить, что предварительный анализ показал, что для бассейнов рек, примыкающих с юга, также отмечается широкое распространение оползней, в целом схожих описанным выше [Ализаде, Тарихазер, 2015].

Общая площадь выделенных впервые нами оползней для бассейна реки Атачай составляет 13 км², совместно с ранее описанными [Тарихазер, 2020] – 17,6 км², что составляет порядка 4,9% общей площади бассейна реки.

Работа представлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. Экогеоморфологическая опасность и риск на Большом Кавказе (в пределах Азербайджана). М.: МаксПРЕСС, 2015. 207с.
2. Будагов Б.А. Геоморфология и новейшая тектоника юго-восточного Кавказа. Баку: Элм, 1973. 249 с.
3. Будагов Н.А., Ширинов Н.Ш. Оползневые явления в бассейне реки Атачай // Известия АН Азербайджанской ССР. Серия геолого-географических наук. 1958. №1. С. 98-113.
4. Тарихазер С.А. Закономерности развития оползневых процессов в долине р. Атачай (Азербайджан) // Вестник геонаук. 2020. №1 (301). С. 31-38. DOI: 10.19110/geov.2020.1.5.
5. <http://opolzni.ru/классификация-оползней/>

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА И МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ПЛИО-ПЛЕЙСТОЦЕНА В ДОЛИНАХ РЕК СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

© Калмыков Н.П.

Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону

Аннотация: В сообщении приводятся данные, которые свидетельствуют о том, что бассейн р. Селенга являлся тем местом, где имелась подходящая геоэкологическая обстановка для обитания человека в позднем палеолите и разнообразной териофауны в плиоцен-плейстоцене. Об этом свидетельствуют многочисленные поселения древнего человека в долинах Чикоя, Хилка, Джиды, Темника, Уды и их притоков (Толбага, Хотык, Подзвонкая, Санный Мыс, Варварина Гора) и захоронения фауны: Удунга, Береговая, Тологой, Усть-Обор. Их изучение может подвести к более глубокому пониманию эволюции геоэкологической обстановки и биоценотического покрова в Западном Забайкалье в конце позднего кайнозоя.

Ключевые слова: геоэкология, бассейн, долина, река, стоянки, древний человек, млекопитающие, плиоцен, плейстоцен, Западное Забайкалье

Современный рельеф юга Восточной Сибири характеризуется чередованием низкогогорья и средневысотных хребтов с пологими водоразделами и межгорных впадин – путей стока поверхностных вод (речной системы), покрытых лесами южной подзоны тайги. Сплошная степная зона отсутствует, отмечаются лишь отдельные ее участки [11], которые простираются от 49 до 53° с. ш., занимая большие пространства в межгорных котловинах, речных долинах, южных склонах гор между озером Байкал и р. Аргунь, имеющей сток в Тихоокеанский водный бассейн. На самом юге рельеф носит «гобийский» облик, которому присущи слабодренированные и бессточные степные котловины, пересыхающие соленые озера, сложная цепочка сухих падей, густая сеть широких долин рек с разным рисунком меандр.

Большая часть поселений палеолитического человека и местонахождений окаменелостей млекопитающих – основных источников информации о геоэкологической обстановке на юге Восточной Сибири, находится в Селенгинском среднегорье Западного Забайкалья (рис. 1), горы которого возвышаются на высоту от 800 до 1400 м над уровнем моря. Основной сток поверхностных вод в Арктический (Ледовитый) водный бассейн осуществляется посредством бассейна р. Селенга. Примерно одну треть рассматриваемой территории занимает низкогогорный рельеф, который, особенно, развит в нижнем и среднем течении рек Селенга, Хилок, Чикой, Джиды. Превышение хребтов над днищами межгорных впадин и долин уменьшается с юго-запада на северо-восток, достигая максимума близ западных границ бассейна р. Селенга и минимума в верховьях р. Уды и на Удино-Витимском междуречье [11], в этом же направлении соответственно возрастает и общая сглаженность рельефа.



Рисунок 1 – Горное обрамление озера Байкал

В Западном Забайкалье наиболее древние окаменелости млекопитающих известны из раннего плиоцена, когда продолжали накапливаться отложения красноцветной монтмориллонит-карбонатной формации, к которым в Селенгинском среднегорье приурочены местонахождения фауны, известные по долинам рек Селенга, Темник, Чикой [6]. Геоэкологическая обстановка в долине р. Темник, левого притока р. Селенги, 4.2-3.5 млн лет назад не препятствовала обитанию на южных склонах хребтов Хамардабанского поднятия млекопитающих из родов *Parapresbytis*, *Ochotonoides*, *Castor*, *Nyctereutes*, *Ursus*, *Ailurus*, *Gulo*, *Ferienstria*, *Parameles*, *Pachycrocuta*, *Lynx*, *Homotherium*, *Mammuth*, *Archidiskodon*, *Postschizotherium*, *Hipparion*, *Dicerorhinus*, *Axis*, *Orchonoceros*, *Capreolus*, *Antilospira*, *Gazella*, *Ovis* в устье р. Удунга, левого притока р. Темник (рис. 2). По своему экологическому облику фауна из долины р. Темник в целом лесная, однако о распространении наряду с неморальными лесами открытых ландшафтов в предгорьях хребтов Хамар-Дабан, Малый Хамар-Дабан, Хамбинский говорит присутствие в ней таких зверей, как гиена, гиппарион, носорог, винторогая антилопа, газель и другие антилопы. На это указывает и травянистый покров, состоящий из представителей семейств Gramineae, Chenopodiaceae, Polygonaceae, Asteraceae, Onagraceae, Caryophyllaceae, Rubiaceae, Valerianaceae и *Artemisia* [8].



Рисунок 2 – Млекопитающие предгорного шлейфа на юго-западе Хамбинского хребта в долине р. Темник
1 – южный слон, 2 – бобр, 3 – чикойский гиппарион, 4 – гребнезубый мастодонт, 5 – даман, 6 – барсук, 7 – газель, 8 – заяц, 9 – носорог-мегаринус, 10 – тонкотелая обезьяна, 11 – лось, 12 – россомаха, 13 – аксис, 14 – енотовидная собака, 15 – саблезубая кошка, 16 – пищуха, 17 – гиена, 18 – антилоспира, 19 – панда малая, 20 – медведь, 21 – рысь, 22 – олень Громова, 23 – горный баран, 24 – козуля, 25 – гиппарион хауфенс. Y – местонахождение Удунга, ранний плиоцен, MN 15b

Геоэкологическая обстановка в Чикойской и Иволгинской впадинах в позднем плиоцене (3.5-2.5 млн л. н.) мало изменилась, она оставалась благоприятной для обитания многих млекопитающих, в том числе енотовидной собаки, барсука, еврибоаса, рыси, гепарда, чикойского гиппариона, гиппариона хауфенса, носорога-дicerоринуса, орхоноцероса, палеотрагуса, антилоспиры, газели, их окаменелости встречаются в красноцветных отложениях местонахождений Береговая (долина р. Чикой – правого притока р. Селенга) и Тологой (долина р. Селенга) [2]. В это время Селенгинское среднегорье по-прежнему населяли гепарды, гиппарионы, носороги-дicerоринусы, палеотрагусы, антилоспиры, газели, что, несомненно, указывает на то, что по долинам рек были достаточно широко развиты открытые ландшафты, граничащие с лесами. На это указывает и спорово-пыльцевой спектр из верхнеплиоценовых отложений Тугнуйской впадины с остатками этрусского носорога, содержащий пыльцу семейств Primulaceae, Urticaceae, Gramineae, Caryophyllaceae, Polypodiaceae и полыней (*Artemisia*) [7].

На фоне продолжающегося похолодания в раннем плейстоцене отмечается снижение разнообразия млекопитающих, увеличивается доля бореальных форм, их ареалы, судя по

Mammuthus, Equus, Coelodonta, Bison, занимавших огромные территории, расширяются. В Западном Забайкалье во второй половины раннего плейстоцена (1.8-0.8 млн л. н.) териофауну в долине р. Хилок, правого притока р. Селенги, представляли суслик, сурок, гиена, санмэнская и налайхская лошади, толгойский носорог, винторог Вонга. Климат в сравнении с поздним плиоценом становится холоднее, усиливается его континентальность, уменьшается сумма среднегодовых осадков [3]. Растительный покров отличался не только географией ландшафтов зонального и провинциального типа, но еще и тем, что в нем сохранялись реликты неморальной флоры (граб, дуб, орех, липа, вяз, клен), в отличие от плиоценовой эпохи входившие в состав придолинных и низкогорных смешанных светлохвойных лесов [9].

В начале среднего плейстоцена (800-600 тыс. л. н.) по долинам рек Селенга и Иволга (левый приток р. Селенги) продолжали обитать южный слон, санмэнская лошадь, толгойский носорог, благородный олень, бизон, винторог Пея, окаменелости которых найдены в отложениях верхней части средней толщи местонахождения Толгой в долине р. Селенга [2, 6]. Присутствие в долинах этих рек не только *C. undulatus*, *A. saltator transbaicalicus*, *E. tancrei*, *E. simplicidens*, но и *E. sanmeniensis*, *C. tologojensis*, *S. peii*, говорит о том, что здесь имели место, как лесные, так и степные ландшафты. Во второй половине среднего плейстоцена (300-150 тыс. л. н.) в Чикойской впадине обитал верблюд – *Camelus knoblochi*, его остатки были обнаружены в местонахождении Усть-Киран на левом берегу р. Чикой [6]. Тамирскую впадину 38900±3300 л. н. населяли *Ochotona* sp., *Marmota sibirica*, *Canis lupus*, *Vulpes vulpes*, *Ursus arctos*, *Meles meles*, *Martes* sp., *Mammuthus* cf. *primigenius*, *Equus* sp., *E. (Hemionus)* sp., *Coelodonta antiquitatis*, *Cervus* sp., *Capreolus capreolus*, *Rangifer* cf. *tarandus*, *Bison* sp., *Bos* sp., *Spirocerus kiakhtensis*, *Gazella gutturosa*, *Ovis* cf. *ammon* (рис. 3), известные из стоянки Подзвонкая в долине р. Тамир, впадающего в правый приток р. Чикой – р. Кудара [5]. Считается, что основное ядро в фауне составляли обитатели открытых пространств (лошади, куланы, шерстистые носороги, кяхтинские винтороги, дзерены), их экология была тесно связана со степными ландшафтами, имевших широкое развитие во впадине [6].



Рисунок 3 – Стоянка древнего человека Подзвонкая в долине р. Тамир (поздний палеолит)

1 – позднепалеолитический человек, 2 – северный олень, 3 – шерстистый носорог, 4 – мамонт, 5 – лошадь, 6 – газель, 7 – горный баран, 8 – бизон, 9 – медведь, 10 – волк, 11 – кяхтинский винторог, 12 – барсук, 13 – сурок, 14 – лисица

Долину р. Она, правого притока р. Уда, в свою очередь, правого притока р. Селенга, 30-40 тыс. л. н. населяли *Lepus* sp., *Ochotona* sp., *Marmota* cf. *sibirica*, *Canis* cf. *lupus*, *Vulpes* sp., *Meles* cf. *meles*, *Ursus* sp., *Equus* sp., *Coelodonta* cf. *antiquitatis*, *Cervus* sp., *Capreolus* sp., *Bison* sp.,

Gazella cf. gutturosa, *Ovis cf. ammon* [2, 12], их остатки найдены на стоянке позднего палеолита Хотык. Судя по спорово-пыльцевому спектру из культурного горизонта, в Онинской впадине имели место степные ландшафты, представленные *Ranunculaceae*, *Convolvulaceae*, *Roaceae*, *Asteraceae*, *Umbelliferae* и *Scheuchzeriaceae*. Из окаменелостей животных наибольшее количество принадлежало сурку, лошади, шерстистому носорогу, дзерену – обитателям степных пространств, что предполагает преобладание степных (открытых) ландшафтов в Удинской впадине. На юге этой впадины 20-18 тыс. л. н. продолжали обитать лошади, шерстистые носороги, олени, кяхтинские винтороги, сибирские горные козлы [10], остатки которых обнаружены в культурном горизонте стоянки Санный Мыс (долина р. Уда). Её фауна свидетельствует о том, что степные ландшафты Удинской впадины постепенно переходили в лесостепи и леса на водоразделах, представленных Курбинским и Худанским хребтами. В Удинской впадине 24-28 тыс. л. н. основу териофауны в долине р. Брянка, левого притока р. Уды, составляли *Equus caballus*, *Gazella gutturosa*, реже встречались *C. antiquitatis*, *Bison priscus*, *Ovis ammon*, изредка – *Mammuthus primigenius*, *Equus hemionus*, *Camelus sp.*, *Megaloceros giganteus*, *S. kiakhtensis* [12]. Судя по превалированию окаменелостей сурка, лошади, кулана, шерстистого носорога, гигантского оленя, верблюда, которые по своей экологии больше тяготели к открытым стациям, поселение Варварина Гора находилось на окраине степной зоны, где обитали корсак, заяц-толай и сурок. Основной фон в фауне млекопитающих составляли лошадь, шерстистый носорог и кяхтинский винторог – обитатели открытых пространств, проникавших на безлесные отроги хребта Цаган-Дабан. Хилокскую впадину 34860±2100 л. н. населяли *Equus sp.*, *Coelodonta cf. antiquitatis*, *Rangifer cf. tarandus*, остатки которых известны из отложений нижней толщи песчано-глинистых отложений эрозионного уступа, где находилось поселение Толбага [4]. Из них был выделен спорово-пыльцевой спектр, в котором преобладала пыльца травянистых растений ксеро-мезофитного облика (*Roaceae*, *Primulaceae*, *Ranunculaceae*, *Artemisia*). Большое количество представителей открытых формаций среди сложноцветных (*Aster*, *Artemisia* и др.) позволяет говорить о доминировании степных ландшафтов на южных склонах хребта Цаган-Хуртэй. В этой же впадине, судя по спорово-пыльцевому спектру из культурного горизонта поселения Куналей на левом берегу р. Хилок, растительный покров в основном состоял 35-25 тыс. л. н. из злаковых, первоцветных, лютиковых, гвоздичных, гречишных, сложноцветных и полыней [4]. В Хилокской впадине, отгороженной с севера хребтом Цаган-Дабан, с юга – Малханским хребтом, обитали лошади, шерстистые носороги, бизоны и сайга. В Джидинском горном районе Западного Забайкалья в позднем плейстоцене (150-10 тыс. л. н.), судя по многочисленным находкам остатков *Equus hemionus*, *C. antiquitatis*, *C. knoblochi* в бассейне р. Джиды, левого притока р. Селенга [1], в межгорных понижениях и сопряженных с ними горных склонах доминировали степные ландшафты.

Таким образом, вышеизложенное позволяет предполагать, что юг Восточной Сибири, в частности Селенгинское среднегорье, находился вне покровного оледенения. Не было и так называемых перигляциальных зон, тундростепей, потому что тундры и степи представляют зональные типы растительности Северного полушария, характеризующиеся различными присущими только им флористическими и климатическими признаками и нигде не соприкасающиеся. В течении так называемых «оледенений» или «межледниковых эпох» происходило перманентное похолодание, каждое из них становилось холоднее предыдущего и вело к снижению разнообразия териофауны, локализации ареалов одних и расширению других представителей фауны и флоры, вымиранию или сокращению ареалов менее адаптированных форм. Разнообразие фауны было обусловлено особенностями геоэкологической обстановки в тот или иной период ее развития, иммиграцией таксонов, составлявших сообщества прошлых эпох, но ещё в большей степени, как ни странно, геологической изученностью территории. Постепенно основными составляющими наземной фауны млекопитающих становились бореальные элементы, доля центрально-азиатских форм в плейстоцене неуклонно сокращалась.

Эволюция фауны в плейстоцене, особенно в среднем и позднем, протекала в рамках ограниченной информационной емкости и представляла комбинацию одних и тех же видов, связанных с состоянием геоэкологической обстановки и биоценотического покрова в пространстве и времени. Устойчивость экосистем становилась менее устойчивым, хотя еще имелись условия для обитания последних представителей неморальной флоры – *Carpinus*, *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Tilia*, *Juglans*. Увеличение в Селенгинском среднегорье в течении плиоцена и плейстоцена количества видов, экологически приуроченных к открытым пространствам, по всей видимости, может свидетельствовать о выравнивании рельефа, снижении дренажа и усилении бассейновой эрозии, способствовавших расширению степных ландшафтов.

Литература

1. Антощенко-Оленев И.В. Кайнозой Джидинского горного района Забайкалья. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1975. 128 с.
2. Базаров Д.-Д.Б. Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1986. 182 с.
3. Белова В.А. Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 160 с.
4. Геология и культура древних поселений Западного Забайкалья: к XI конгрессу INQUA (Москва, 1982) / Д.-Д.Б. Базаров, М.В. Константинов, А.Б. Иметхенов, Л.Д. Базарова, В.В. Савинова. Новосибирск: Наука, 1982. 164 с.
5. Калмыков Н.П. Природа и древний человек в бассейне оз. Байкал. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. 132 с.
6. Калмыков Н.П. Палеогеография и эволюция биоценотического покрова в бассейне оз. Байкал. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2003. 240 с.
7. Калмыков Н.П., Будаев Р.Ц., Савинова В.В. Саган-Нур – новое местонахождение биоты позднего плиоцена и неоплейстоцена в Западном Забайкалье // Доклады РАН. 2004. Т. 399. № 4. С. 545–547.
8. Калмыков Н.П., Малаева Е.М. Континентальная биота нижнего плиоцена Западного Забайкалья // Доклады РАН. 1994. Т. 339. № 6. С. 785–788.
9. Каменный век Монголии: Палеолит и неолит Монгольского Алтая / Деревянко А.П., Дорж Д., Васильевский Р.С., Ларичев В.Е., Петрин В.Т., Девяткин Е.В., Малаева Е.М. Новосибирск: Наука, 1990. 646 с.
10. Константинов М. В. Каменный век восточного региона Байкальской Азии. Улан-Удэ–Чита Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, ЧГПИ им. Н. Г. Чернышевского, 1994. 180 с.
11. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья / Н.А. Логачев, И.В. Антощенко-Оленев, Д.В. Базаров, В.И. Галкин, Г.С. Голдырев, А.С. Ендрихинский, А.Г. Золотарев, А.И. Сизиков. М.: Наука, 1974. 360 с.
12. Природная среда и человек в неоплейстоцене (Западное Забайкалье и Юго-Восточное Прибайкалье) / Л.В. Лбова, И.Н. Резанов, Н.П. Калмыков, В.Л. Коломиец, М.И. Дергачева, И.К. Феденева, Н.В. Вашукевич, П.В. Волков, В.В. Савинова, Б.А. Базаров, Д.В. Намсараев. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. 208 с.

ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛИНЫ РЕКИ БЕЛОЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАКАЗНИКА «АЛТЫН СОЛОК» (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© Колодич О.П.

*АНОО «Президентский Лицей Сириус», ФТ Сириус
БГПУ им. М. Акмуллы, г. Уфа*

Аннотация: В статье приведены результаты комплексных исследований на территории заказника «Алтын Солок» в долине реки Белой (Южный Урал). Впервые для данной территории было проведено крупномасштабное ландшафтное картографирование до уровня подурочищ. Выявлены природные и антропогенные факторы изменения ландшафтной структуры. На туристских стоянках была оценена рекреационная нагрузка.

Ключевые слова: заказник «Алтын Солок», долина реки Белой, ландшафтная структура, рекреационная нагрузка.

Исследуемый участок находится в пределах границ ООПТ зоологического заказника «Алтын Солок», который входит в комплексный биосферный резерват ЮНЕСКО «Башкирский Урал», образованный в 2012 г. и имеющий международный статус [4].

На территории Республики Башкортостан для изучения ландшафтной структуры был взят участок долины р. Белой (Агидель), относящийся к ООПТ. По ландшафтному зонированию (2000 г) участок относится к горно-лесной ландшафтной зоне.

Цель работы – крупномасштабное картографирование с целью определения дальнейших допустимых рекреационных нагрузок.

Рекогносцировочные полевые работы на исследуемом участке проводились в 2015, 2019, 2023, 2024 гг. во время экспедиций в виде сплавов летних сезонов в июле.

Исследуемая территория относится к западному склону Южного Урала, а также к южной границе природного зоологического (энтомологического) заказника "Алтын Солок" [3]. Среди геоморфологических особенностей – это долина реки Белой с выраженными скалистыми оврагами, выходами коренных горных пород и ДПП в северной части исследуемого участка.

Исследуемая территория испытывает на себе рекреационную и хозяйственную нагрузку. Сама река на данном участке загрязнена незначительно. Местное население использует береговую зону в основном для хозяйственных нужд: питьевой источник для домашних животных, стирки белья, ловли рыбы и др.

Для туристов очень важным является наличие удобного подхода к берегу с лодками или катамаранами, а также наличие источника воды на левом берегу в виде родника (называемым среди туристов в народе его называют «Грифон»). Недалеко от родника пешая тропа, которая ведет на смотровую площадку урочища Таравалялан.

Интенсивной нагрузке подвергается участок р. Белой от райцентра Старосубхангулово до пещеры Шульган-Таш (Капова). Он включает большое количество пещер, смотровых площадок, имеются родники и удобные стоянки. Также, памятников природы регионального и мирового значения. Он наиболее посещаем туристами в силу транспортной доступности и эстетической привлекательности.

Все факторы, влияющие на изменение ландшафта долины реки Белой, можно разделить на 2 типа: природные и антропогенные. К природным относятся водная и ветровая эрозия, размыв коренного берега во время паводков и половодья, проседание грунтов, карстование.

К антропогенным, то есть связанным с деятельностью человека: 1) со стороны местных жителей: выпас скота на берегах реки, сенокосные угодья, проезд большегрузного транспорта (тракторов и вездеходов) через реку, добыча глины на берегу; 2) со стороны туристов: протаптывание тропинок, организация турстоянок и свалки, разрушительные действия в

пещерах (когда каждый посетитель стремится унести с собой частички сталактитов или сталагмитов).

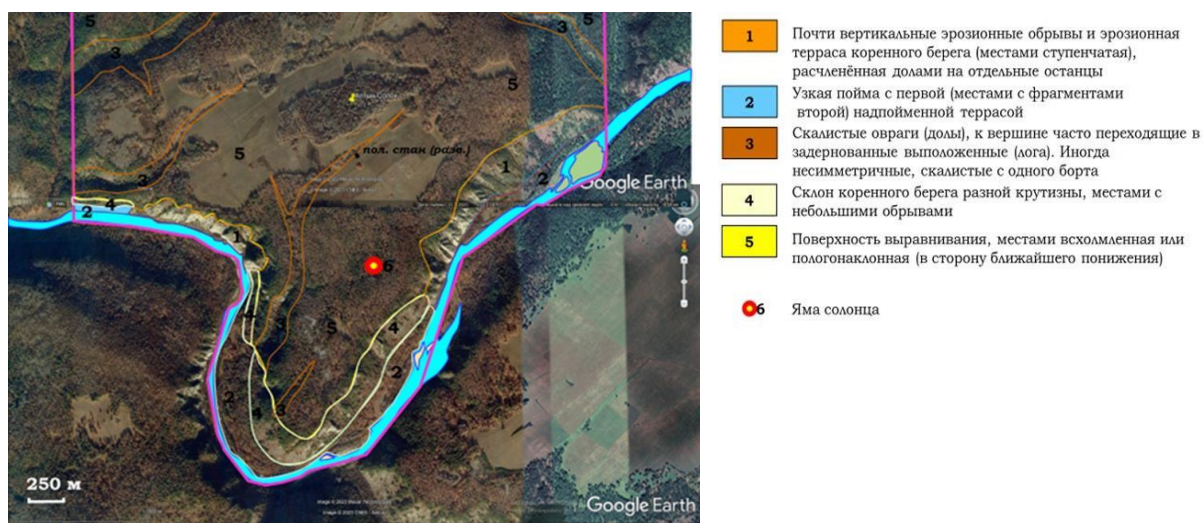


Рисунок 1 – Космоснимок участка с легендой и обозначенными геоморфологическими структурами

На некоторых стоянках есть таблички, призывающие не нарушать порядок и охранный режим. В то же время многие тур группы к заповедным территориям относятся варварски (рубят зеленые деревья, устраивают новые костровища, оставляют различный мусор). К сожалению, сотрудникам ООПТ трудно отследить такие нарушения и привлечь виновных лиц к ответственности. Если в 2015 г стоянки на данном участке имели 1-2-ю стадии рекреационной депрессии, то в 2019 г на 11 стоянках этого выдела мы отмечали 3-ю и 4-ю стадии депрессии. В центре каждой стоянки трава вытаптывается до 4 стадии, затем после ухода туристов восстанавливается до 3 [6].

На платных стационарных арендованных стоянках рекреационная нагрузка достигает до 5 стадии. Несмотря на хорошую организацию стоянок. Есть туалетные домики, но все равно люди очень засоряют окрестности все дальше от дороги (особенно много используют влажные салфетки, которые не разлагаются).

Помимо тур стоянок увеличилась деградация ландшафта на смотровых площадках, то есть там куда туристы идут большими потоками. Особенно заметно при восхождении на скалу Кабан-Таш. Но многие отвесные скалы остаются нетронутыми и сохраняют скальную флору в первозданном виде [2].

Мы провели наблюдения по описанию почвенно-растительного покрова на стационарном участке, находящемся на второй надпойменной террасе правого берега. Почвы преимущественно серые лесные, по структуре относятся к тяжелому суглинку – это самая плодородная почва для лугового разнотравья, растениям легко пускать свои корни [1].

На участке была описана растительность от берега по лесной дороге до бортовых сосен (местами дорога проходит по крутому логу с выходами коренных горных пород и небольшими курумниками). Открытые поляны чередуются с лесными участками преимущественно из сосново-березового леса с подростом из дуба обыкновенного или дуба черешчатого (*Quercus robur*), осины обыкновенной (*Populus tremula*) и рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*).

Поляны, на которых располагаются произвольные и арендованные турфирмами стоянки, являются фактором развития бортового пчеловодства с многочисленными представителями медоносной флоры. Представители флоры (преимущественно лугового разнотравья) подвергаются негативному влиянию со стороны туристов из-за вытаптывания и установки палаточных лагерей, но после ухода туристов травостой быстро восстанавливается.

К сосудистым растениям, встреченных на участке относятся: козлобородник (*Tragopogon*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), люцерна посевная (*Medicago sativa*), девясил высокий (*Inula helénium*), герань сибирская (*Geranium sibiricum*), вишня степная (*Prunus fruticosa*), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia*), костяника каменистая (*Rubus saxatilis*), сон-трава (*Pulsatilla patens*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), купена лекарственная (*Polygonatum odoratum*), ластовень (*Vincetoxicum*), мордовник шароголовый (*Echinops sphaerocephalus*), земляника обыкновенная (*Fragaria vesca*), володушка многожилчатая (*Vuplëurum multinërve*). В том числе кустарники: шиповник (*Rösa*), дрок красильный (*Genista tinctoria*), кизильник остролистный (*Cotoneaster acutifolius*), бересклет европейский (*Euonymus europaeus* [5].

Со стороны природных факторов, несущих изменения на этих важных участках, могут быть повреждения деревьев насекомыми-вредителями. Например, летом 2024 г были сильно повреждены липы (по нашему мнению – листогрыз). Также в июне-июле 2024 г. река сильно поднялась из-за высокого половодья и летних затяжных дождей, это привело к подтоплению пойменных участков. По этой же причине некоторые участки стали обладать мягким дном, поэтому туристы стали организовывать новые стоянки на ранее нетронутых полянах с медоносной флорой.

Большая вода летом 2024 г. усилила скорость течения и способствовала привлечению большего числа туристов, а также более экстремальному прохождению по маршруту (когда за один день можно пройти 3-хдневный маршрут).

Эти природные факторы усугубили и рекреационное давление, в связи с тем, что многим туристам пришлось обустривать новые ранее не тронутые участки полей для своих палаточных лагерей. На полянах в окрестностях заказника «Алтын Солок» усиливается вырубка леса для заготовки дров, происходит вытаптывание полей и их расширение за счет вырубки, нарастает шумовое загрязнение существенное для птиц и животных, создание новых троп, расширение тропиной сети (в том числе в лесной полосе к смотровым площадкам).

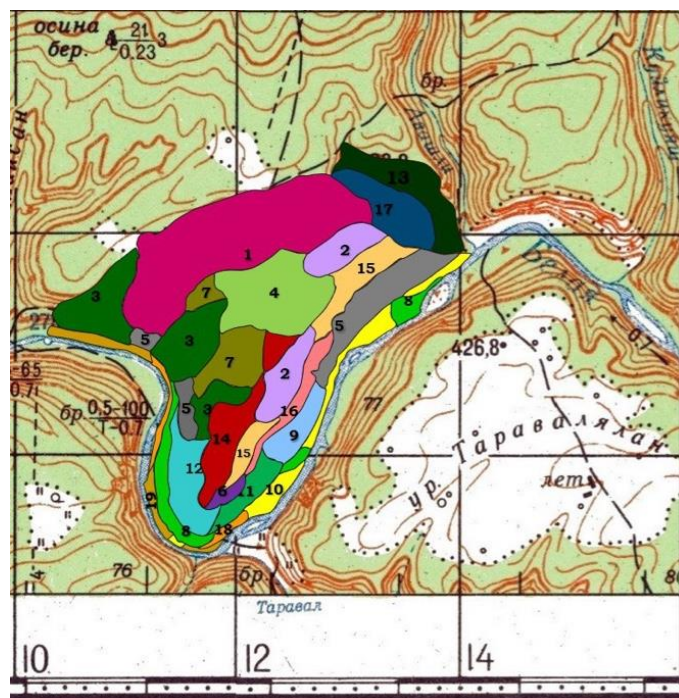


Рисунок 2 – Картограмма структуры ландшафта ранга подурочищ участка правого берега долины реки Белой на южной границе заказника «Алтын Солок»

Таблица 1 – Легенда карты морфологической структуры ландшафта правого берега реки Белой ранга подурочищ в южной части заказника «Алтын Солок»)

№ подурочища	Описание
1	Правобережное сложное урочище слабонаклонных древних поверхностей выравнивания (на топографической карте соответствует названию – урочище Атайсаялан), занятое березовым лесом с осиновым и липовым подлеском и луговым разнотравьем на серых лесных почвах.
2	Подурочище древней поверхности выравнивания, занятой разнотравным сосново-березовым лесом с подростом из рябины, осины с разнотравной кустарниковой и луговой растительностью на серых лесных почвах.
3	Подурочище крутых логов западных и восточных склонов с сосново-березовым лесом, с подлеском из осины, липы, рябины и комплексом луговой растительности (встречаются костяничные поляны, борти) на серых лесных почвах.
4	Подурочище слабонаклонных древних поверхностей выравнивания, занятой луговым разнотравьем на серых лесных почвах (сенокосные угодья, полевой стан)
5	Почти вертикальные обрывы и ступенчатые эрозионные террасы разной экспозиции склонов и разной террасированности с травяным комплексом растительности известняковых скал на маломощных грубоскелетных серых лесных почвах
6	Подурочище склона горстового поднятия восточной экспозиции, занятое березово-сосновым лесом с подростом из осины, липы с комплексом луговой растительности на серых лесных почвах
7	Подурочище склона горстового поднятия западной экспозиции, занятое редким березово-сосновым лесом с комплексом луговой растительности на серых лесных оподзоленных почвах (поляны, оставшиеся после вырубок леса)
8	Подурочище первой и второй надпойменных террас, занятых сосново- березовым лесом с примесью черемухи на серых лесных и темно-серых лесных аллювиальных почвах
9	Подурочище первой и второй надпойменных террас, занятых сосново- березовым редколесьем с примесью черемухи, рябины с луговым разнотравьем на серых лесных почвах
10	Подурочище правобережной поймы занятое единично кустарниками ивы с редким травостоем на песчаных почвах с аккумулятивными наносами
11	Подурочище склона горстового поднятия восточной экспозиции, занятое редким березово-сосновым лесом с подлеском из липы, осины, рябины с луговым растительности на серых лесных оподзоленных почвах
12	Подурочище первой и второй надпойменных террас, занятых сосново- березовым лесом с примесью рябины с луговым разнотравьем на серых лесных аллювиальных почвах
13	Подурочище крутых склонов долов правых притоков, занятых разнотравным березово-сосновым лесом с осинной и липой в подлеске, зарослями малины, шиповника на темно-серых маломощных горно-лесных почвах
14	Подурочище эрозионно-денудационного склона горстового поднятия западной экспозиции, занятое березово-сосновым лесом с комплексом луговой растительности (встречаются земляничные поляны) на серых лесных почвах
15	Подурочище склона горстового поднятия восточной экспозиции, занятое сосново-березовым лесом с кустарниковой (малина, смородина) и разнотравной луговой растительностью на серых лесных и оподзоленных почвах
16	Подурочище крутого склона горстового поднятия восточной экспозиции, занятое сосново-березовым лесом с подростом (из березы, осины, рябины,
17	Подурочища склонов горстового поднятия северной экспозиции с разнотравным (встречаются земляничные поляны) сосново-березово лесом березово-осиновым подростом на подзолистых и серых лесных почвах
18	Подурочище правобережной поймы занятое кустарниками ивы с злаково- манжетковым разнотравным лугом из манжетки луговой, лапчатки гусиной, герани, хмеля, лютика, крапивы на песчаных почвах с аккумулятивными наносами
19	Подурочище правобережной поймы занятое кустарниками ивы с злаково- манжетковым разнотравным лугом из манжетки луговой, лапчатки гусиной, герани, хмеля, лютика, крапивы на аллювиальных серых лесных почвах со следами намыва

На основе проделанной работы площадь закартографированного участка составила 5,4 км². Выявленная нами ландшафтная структура включает 34 ландшафтные единицы: 33 подурочища и одно простое урочище. Деградация ландшафтов по берегам реки Белой на исследуемом участке, главным образом, происходит из-за ежегодного нарастания бесконтрольной рекреационной нагрузки. Но пока она остается точечной (лоуальной), т.к. площадь деградированных ландшафтов пока невелика.

На всем протяжении излучины южной оконечности правого берега р. Белой заказника «Алтын Солок» нет ни одной таблички или указателя, которые были бы видны с воды или на берегу, о нахождении туристов и их стоянок на ООПТ. Таблички есть только на возвышенной большой поляне (на опушке леса) рядом с сенокосными угодьями, но большая часть туристов туда не доходят, так как это далеко от берега.

Таким образом, возникает противоречие: с одной стороны, хозяйственная деятельность должна быть исключена, с другой стороны стоянки разрастаются по площади и по количеству. Для сохранения уникальных ландшафтов заказника, особенно в прибрежной части речной долины, рекреационная нагрузка должна быть пересмотрена и нормирована, некоторые участки уже сейчас нуждаются в объявлении зонами покоя.

Литература

1. Дерягин В.В., Меркер В.В. Почвенно-растительный покров окрестностей села Кизильское (река Урал, Челябинская область) // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала. (к 170-летию со дня рождения Ю. К. Шелля): мат-лы II Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Челябинский гос. ун-т; Ботанический сад, Челябинское отделение Русского ботанического общества, ОГУ «ООПТ Челябинской области». Челябинск, 2016. С. 31-39.
2. Иванов Н.А., Байкин Ю.Л., Гусев А.С. Определитель почв Урала: Учебное пособие по почвоведению для студентов агрономических специальностей // Изд. 2-е, перераб. и доп. Екатеринбург: УрГСХА. 2003.
3. Сиразетдинов Р. Неоткрытые богатства «Алтын Солока» // Электронный журнал «Панорама Башкортостана» от 25.10.2024 г.
4. Физико-географическое районирование Башкирской АССР // Ученые записки БашГУ под рук. И.П. Кадильникова. Т. 16. Серия географическая, № 1. Уфа, 1964.
5. Хорошев А.В. Ландшафтно-экологическое планирование. Учебник для вузов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. 261 с.
6. Шкалик В.А. Описание природных объектов и экологического состояния территорий. Смоленск: «Универсум», 2004.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕКЕ БАКСАН ОТ ЕГО ИСТОКА ДО ВЫХОДА В ПРЕДГОРНУЮ ЗОНУ (КБР)

© Курашева О.А.

Высокогорный геофизический институт, Нальчик

Аннотация: Для исследования концентрации тяжелых металлов выбрана река ледникового питания Центрального Кавказа – Баксан. Отбор проб речных вод производился на главной реке и притоках первого порядка. Определение содержания тяжелых металлов выполнялось с 2018 по 2021 гг. Выявлялось содержание 10 микроэлементов (Ag, Pb, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V и Co) приоритетные загрязнители природной среды.

Ключевые слова: р. Баксан, Северный Кавказ, тяжелые металлы.

Территория Кабардино-Балкарии относится к «водонасыщенным» районам Северного Кавказа, так как обладает достаточно развитой речной сетью, за исключением северо-восточной части. Густота речной сети наибольшая в горной части (0,5–0,6 км/км²), затем постепенно уменьшается к предгорьям (0,2–0,3 км/км²), а в равнинной части составляет менее 0,1 км/км² [1]. Истоком реки Баксан служат талые воды ледников южного сектора оледенения Эльбрусского вулканического центра (реки Азау, Терскол, Гарабаши). Длина р. Баксан 169 км, площадь бассейна 6800 км². По виду питания и гидрохимическому режиму р. Баксан, как и большинство рек КБР, относится к тянь-шаньскому типу. Для этого типа рек характерно совпадение минимальной минерализации с максимальным расходом вод реки. Период уменьшения и увеличения минерализации сильно растянут и охватывает весну, лето и осень [3, 4].

Содержание ТМ в р. Баксан и ее притоков определялся на протяжении 45 км до г. Тырныауза, начиная с языков ледников, в 11 стационарных пунктах отбора проб. Выбранные пункты характеризуют особенности изменения химического состава на главной реке и притоках первого порядка. Отбор проб производился на одном и том же пункте с фиксированными координатами с 2018 по 2021 гг. Определения содержания ТМ в речных водах выполнялось в Высокогорном геофизическом институте (ВГИ) атомно-абсорбционным методом на спектрометре МГА–915. В полученных пробах, лабораторным методом, выявлялось содержание 10 микроэлементов (Ag, Pb, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V и Co) приоритетные загрязнители природной среды. В таблице представлены концентрации ТМ в речных водах долины р. Баксан за 2018–2021 гг.

Таблица – Концентрации тяжёлых металлов (мкг/л) в речных водах р. Баксан (2018–2021 гг.)

№	Категория проб	Ni	Mo	Mn	Pb	Zn
1	р. Азау	9,8	2	19	4,5	10
2	р. Гарабаши	6,4	6,7	20	11	7,5
3	р. Адылсу – п. Эльбрус	5	2,5	180	2,2	14
4	р. Терскол	1,4	2,3	2,3	0	3,8
5	р. Баксан – п. Тегенекли	1	1	4,8	0	5,5
6	р. Баксан – п. Эльбрус	2	0	5,8	0,9	6,1
7	р. Баксан – п. Нейтрино	9,4	1,6	35	1,2	0
8	р. Баксан – с. В. Баксан	8,5	5	36	2,6	13
9	р. Кыртык, с. В. Баксан	8,1	1,2	21	2,6	0
10	р. Адылсу, В. Баксан	5	2,6	23	4	6,4
11	р. Баксан, г. Тырныауз	5,2	9,5	33	3,6	0

Концентрации Cr, Ag, Cu, Co, V не приведены в таблице, так как их концентрации были ниже предела определения. Анализ представленных в таблице значений концентраций ТМ за рассматриваемый период выявил, что содержание Ni приближается к своему ПДК. В речных

водах р. Баксан и её притоков содержание Мо достигает до 6,7 ПДК. Поступление молибдена в реки, вероятно, связано с вымыванием из морен, обогащенных вулканической деятельностью, тальмиками и осадками.

Максимальное содержание Мп в речных водах обнаружено в правом притоке реки Баксан – реке Адылсу, достигающее 18 ПДК. Скорее всего, объясняется тем, что вблизи от места взятия проб имеются выходы минеральных источников, влияющие на концентрацию Мп [2, 5]. В отличие от Мп, Рb присутствует не во всех пробах. Вероятно, это объясняется тем, что микроэлементы, приведённые в таблице определены атомно-абсорбционным методом на спектрометре МГА–915, предел определения на котором для Рb соответствует 2 мкг/л, следовательно, концентрации ниже данного значения, не приводятся. Максимальные значения Zn были обнаружены в р. Баксан (13 ПДК) ниже с. В. Баксан. Поступление Zn в окружающую среду имеет как естественное, так и техногенное происхождение. Техногенное поступление в окружающую среду Zn – около 75%. На рисунке приводится график средних значений концентрации ТМ в речных водах долины р. Баксан за рассматриваемый период.

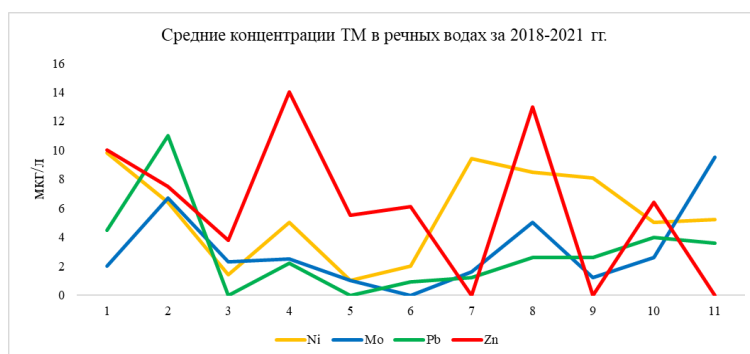


Рисунок – Концентрации тяжёлых металлов в речных водах за 2018–2021 гг. (мкг/л).

1 – р. Азау; 2 – р. Гарабаши; 3 – р. Терскол; 4 – р. Адылсу (п. Эльбрус); 5 – р. Баксан (п. Тегенекли); 6 – р. Баксан (п. Эльбрус); 7 – р. Баксан (п. Нейтрино); 8 – р. Баксан (с. В. Баксан); 9 – р. Кыртык (с. В. Баксан); 10 – р. Адырсу (с. В. Баксан); 11 – р. Баксан (г. Тырныауз)

Концентрации тяжелых металлов в речных водах за 2018–2021 гг. несколько меньше, чем в первом десятилетии нынешнего века [3, 4]. В результате анализа содержания ТМ выявлено, что реки ледникового питания у истоков по химическому составу удовлетворяют требованиям ПДК для вод рыбохозяйственного назначения. Но в предгорной зоне они подвергаются сильному антропогенному воздействию. В реке Баксан содержание некоторых тяжелых металлов превышает в десятки раз их ПДК.

Литература

1. Занилов А.Х. Водные ресурсы КБР / Нальчик. 2011. 100 с.
2. Керимов А.М., Курашева О.А. Особенности формирования химического состава рек ледникового питания Кавказа при интенсивной деградации оледенения / Метеорология и гидрология. 2023. № 2. С. 80 – 89. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-1-2-80-89.
3. Керимов А.М., Курашева О.А. Сравнительный анализ концентраций тяжёлых металлов в истоках реки Баксан и леднике Гарабаши (южный склон Эльбруса) // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12 №1. С. 49–56.
4. Назарова Л.Н., Гавришин А.И., Коновалов Г.С., Коробейникова Н.Д. Гидрохимическая типизация горных и высокогорных рек Кавказа / Сборник трудов Гидрохимического института. Л.: Гидрохимиздат. 1980. Вып. 68. С. 3–13.
5. A.M. Kerimov and O.A. Kurasheva Peculiarities of Formation of the Chemical Composition of Caucasian Glacier-fed Rivers during Intensive Degradation of Glaciers/Russian Meteorology and Hydrology, 2023, Vol. 48, No. 2, pp. 147–154. DOI: 10.3103/S1068373923020073

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕК КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ВЫСОКОГОРНОГО ЗАПОВЕДНИКА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.

© Кучменова И.И., Кондратьева Н.В.

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик

Аннотация: В последние десятилетия отмечается увеличение, и изменение внутригодового распределения стока во многих районах европейской части России. Повышение температуры воздуха приводит к усилению интенсивности таяния ледников, но эти вопросы рассматривались в основном для крупных рек, небольшие горные реки мало изучены. В данной статье рассмотрено влияние изменений метеорологических характеристик (температура воздуха и осадки) на гидролого-гидрохимический режим рек Кабардино-Балкарского государственного высокогорного заповедника. Климатические изменения проанализированы по данным температуры воздуха и осадков за период с 1961 по 2021 гг. Анализ водного режима проведен по многолетним данным стока с постов с. Н. Чегем и с. Бабугент в период с 1961 г. по 2021 г. Проведен сравнительный анализ данных по сумме ионов в воде исследуемых рек за 1958-1960 гг. с данными, полученными нами в 2015-2017 гг. Многолетние колебания температуры воздуха для всех исследуемых бассейнов имеют тенденцию к увеличению: среднегодовая и зимняя на 0,6 °С, летняя от 2,4 до 3°С. Увеличение годовой суммы осадков характерно для с. Н. Чегем более чем на 5 мм, сумма осадков летом возрастает почти на 10 мм, в то время как зимой наблюдается уменьшение также на 5 мм за рассматриваемый период. Всесезонное уменьшение осадков характерно для с. Бабугент: годовая сумма осадков сокращается на 84 мм, летняя на 78 мм, зимняя на 5 мм. При сравнительном анализе полученных нами данных за 2015-2017 гг. с минерализацией рек за 1958-1960 гг., выявлено, что к настоящему времени минерализация рек в межень уменьшилась в почти 5 раз; в половодье – более чем в 2 раза.

Ключевые слова: среднегодовая температура, сумма осадков, сток реки, расходы воды, минерализация.

Истоки рек Чегем и Черек Балкарский и Черек Безенгийский находятся в ледниках на северном склоне Центрального Кавказа, преимущественно на Главном и Боковых хребтах [5]. Реки протекают по территории КБГВЗ и являются притоками третьего порядка р. Терек.

Анализ водного режима исследуемых рек проведен по многолетним данным стока с постов с. Н. Чегем и с. Бабугент в период с 1961 г. по 2021 г. Многолетние данные о среднегодовых и среднемесячных расходах воды с гидрологических постов р. Чегем – с. Н. Чегем, р. Черек Балкарский – с. Бабугент, р. Черек Безенгийский – с. Бабугент предоставлены ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Для характеристики климатических изменений проанализированы метеорологические данные по температуре воздуха и осадкам за период с 1961 по 2021 гг. Среднемесячная температура была интерполирована с помощью метода наименьших квадратов с метеостанции Терскол на три гидрологических поста, расположенных на территории исследуемых бассейнов р. Чегем, р. Черек Безенгийский и р. Черек Балкарский. Данные по сумме атмосферных осадков предоставлены ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» в период с 1961 по 2021 гг. по двум гидрологическим постам (р. Чегем – с. Н. Чегем и р. Черек Балкарский – с. Бабугент). Кроме того, проведен сравнительный анализ данных по сумме ионов в воде исследуемых рек за 1958-1960 гг. с данными полученными нами в 2015-2017 гг. Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартного пакета Excel.

Многолетние колебания температуры воздуха имеют тенденцию к увеличению. Кроме того, для всех исследуемых бассейнов характерно увеличение среднегодовой на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и летней температуры от $2,4$ до 3°C , в зимний период температура уменьшается на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

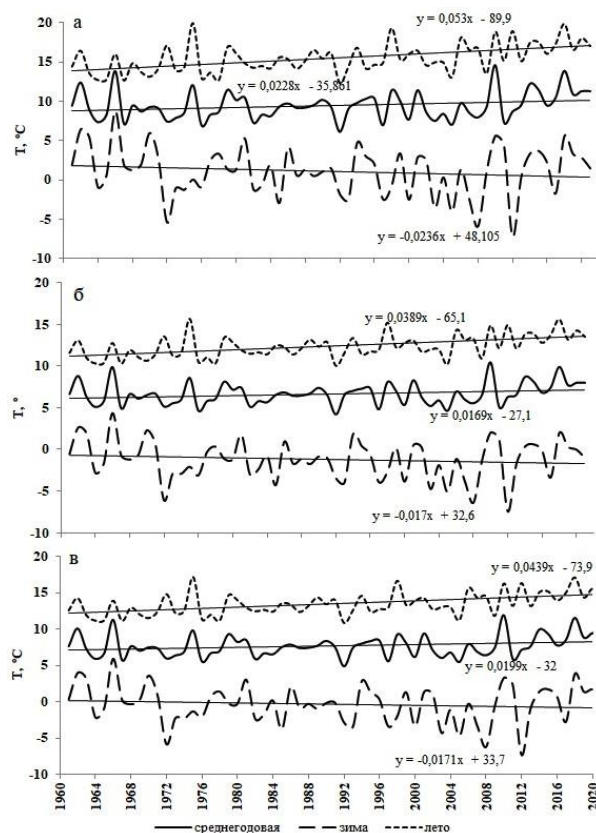


Рисунок 1 – Изменение среднегодовой, зимней и летней температуры воздуха в период с 1961 по 2021 гг. для гидрологических постов: р. Чегем – с. Н. Чегем (а), р. Черек Балкарский – с. Бабугент (б) и р. Черек Безенгийский – с. Бабугент (в)

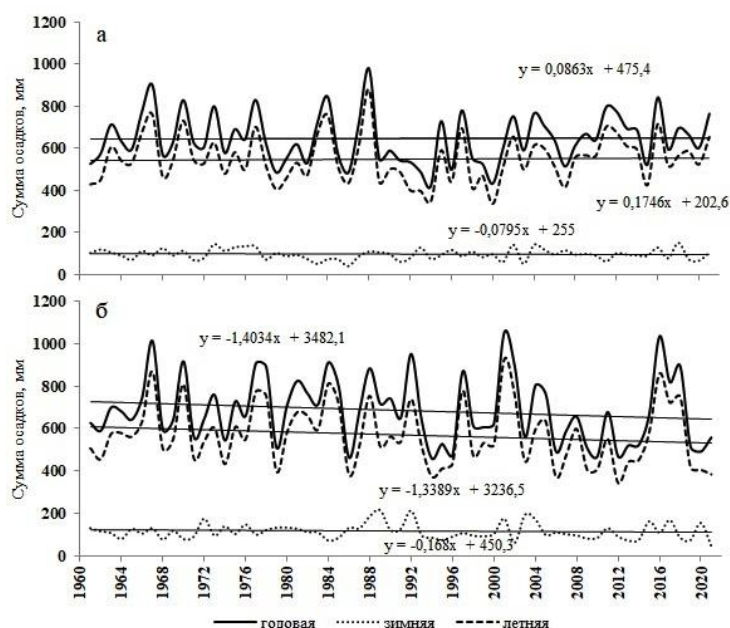


Рисунок 2 – Изменение годовой, зимней и летней суммы осадков в период с 1961 по 2021 гг. для р. Чегем – с. Н. Чегем (а), р. Черек Балкарский и р. Черек Безенгийский – с. Бабугент (б)

Характер распределения атмосферных осадков для исследуемых бассейнов различается. Увеличение годовой суммы осадков характерно для с. Н.Чегем более чем на 5 мм , сумма

осадков в летний период тоже возрастает почти на 10 мм, в то время как в зимний период наблюдается уменьшение на 5 мм за рассматриваемый период (рис. 2а). Всесезонное уменьшение осадков характерно для с. Бабугент: годовая (рис. 2б).

За период с 1961 по 2021 гг. для всех исследуемых рек характерно увеличение расхода воды. Максимальным увеличением расхода воды характеризуется в р. Черек Безенгийский более чем на 7 м³/с, далее р. Чегем – почти на 4 м³/с и Черек Балкарский – 3 м³/с. Кроме того, увеличение расхода воды для р. Черек Безенгийский характерно с 1979 г., тогда как для р. Чегем и р. Черек Балкарский – с 1986 г., такое различие обусловлено тем, что доля ледников на площади водосборного бассейна р. Черек Безенгийский (20 %) почти в 2 раза выше доли ледников на водосборе рек Чегем (9 %) и Черек Балкарский (12 %).

Чередование многоводных и маловодных периодов в многолетних изменениях стока исследованных рек связано с циклическими изменениями климата. Повышение температуры воздуха приводит к усилению таяния ледников, что также сказывается и на стоке рек. Расходы воды в исследуемых реках стали увеличиваться после 1980 г., что согласуется с гипотезой об изменении климата и ускоренном таянии ледников. Увеличение стока после 1980 г. на значимом уровне подтверждается с помощью таких статистических критериев, как критерий Стьюдента и Фишера.

Во внутригодовом распределении стока (рис. 3) произошли некоторые изменения после 1986 г. для р. Черек Балкарский уменьшилась доля стока, приходящаяся на период половодья с июля по сентябрь, в период межени объем стока увеличился. Изменения на р. Чегем имеют несколько иной характер: в период половодья объем стока увеличился, в период падения половодья (сентябрь, октябрь) доля годового стока уменьшилась, практически не изменилась доля меженного стока. Для р. Черек Безенгийский доля стока, приходящаяся на период спада половодья (август, сентябрь), увеличилась. Такие изменения в распределении стока обусловлены изменениями климата, началом которого считают 1979 г.

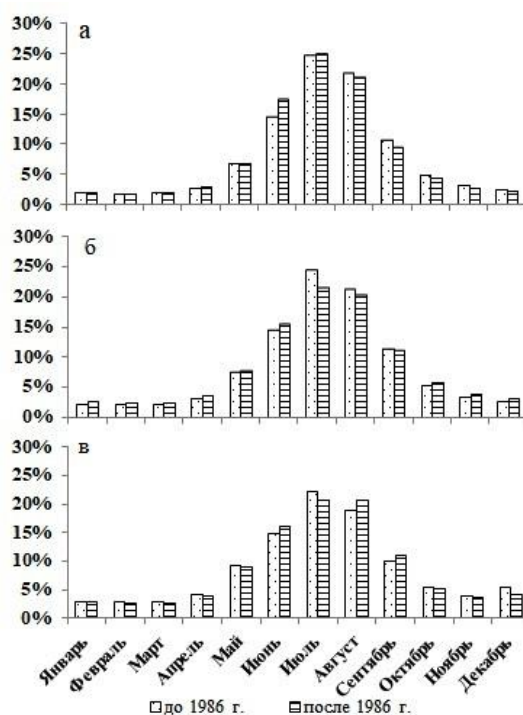


Рисунок 3 – Внутригодовое распределение стока, осредненного по месяцам за период до 1986 г. и после 1986 г., для рек Чегем – с. Н. Чегем (а), Черек Балкарский – с. Бабугент (б) и Черек Безенгийский – с. Бабугент (в)

Климатические изменения оказывают влияние, как на изменения гидрологических характеристик, так и гидрохимический режим рек. В таблице 1 приведены данные изменения

суммы ионов в зависимости от фазы водного режима и в разные периоды наблюдений. В литературе самые ранние данные по наблюдению ионного состава исследуемых рек представлены за 1960-е годы [3]. В работе был проведен сравнительный анализ изменения суммы ионов в 1958-1960 гг. с современными данными за 2015-2017 гг. [1, 2, 4], полученными сотрудниками испытательного лабораторного центра ФГБУ «Высокогорный геофизический институт».

Таблица 1 – Изменения значений суммы ионов и расход воды рек Чегем, Черек Балкарский и Черек Безенгийский в разные периоды

Река	Сумма ионов мг/дм ³				Среднегодовой расход, м ³ /с	
	половодье		межень		До 1986 г.	После 1986 г.
	1960 г.	2017 г.	1960 г.	2017 г.		
Чегем	114	92	257	148	13,4	16,4
Черек Балкарский	223	61	754	123	26,2	28,2
Черек Безенгийский	192	78	717	105	14,2	18,1

Сравнительный анализ по изменениям суммы ионов в воде исследованных рек проводился за 1958-1960 гг. и 2015-2017 гг. В литературных источниках информация о значениях суммы ионов воды исследуемых рек за более ранний период представлена только за 1958-1960 гг. из-за отсутствия данных. При сравнительном анализе полученных нами данных за 2015-2017 г. с минерализацией рек за 1958-1960 гг., было выявлено, что к настоящему времени сумма ионов в воде рек в межень уменьшилась в среднем почти 5 раз; в половодье – более чем в 2 раза, при том, что среднегодовой расход воды в исследованных реках увеличился от 2 до 4 м³/с (табл. 1).

Гидрологические изменения, которые происходят на исследуемой территории, согласуются с увеличением температуры воздуха, началом которого считается 1979 г. Происходит отступление ледников и их ускоренное таяние вызывает увеличение стока воды в реках. На изменения среднегодовых расходов воды исследованной территории большее влияние оказывает изменение среднегодовых температур, нежели годовой суммы осадков. Во внутригодовом распределении стока произошли некоторые изменения после 1986 г. для р. Черек Балкарский уменьшилась доля стока, приходящаяся на период половодья с июля по сентябрь, в период межени объем стока увеличился. Изменения на р. Чегем имеют несколько иной характер: в период половодья объем стока увеличился, в период падения половодья (сентябрь, октябрь) доля годового стока уменьшилась, практически не изменилась доля меженного стока. Для р. Черек Безенгийский доля стока приходящаяся на период спада половодья (август, сентябрь) увеличилась. Такие изменения в распределении стока обусловлены изменениями климата, началом которого считают 1979 г.

Климатические изменения оказывают влияние, как на изменения гидрологических характеристик, так и гидрохимический режим рек. При сравнительном анализе полученных нами данных за 2015-2017 гг. с минерализацией рек за 1958-1960 гг., было выявлено, что к настоящему времени минерализация рек в межень уменьшилась в среднем почти 5 раз; в половодье – более чем в 2 раза.

Литература

1. Газаев Х-М.М., Атабиева Ф.А., Кучменова И.И., Жинжакова Л.З. Гидролого-гидрохимические характеристики ледниковой реки Черек Балкарский // Водное хозяйство России. 2016. № 5. С. 35- 47.
2. Газаев Х-М.М., Атабиева Ф.А., Кучменова И.И., Жинжакова Л.З. Пространственно-временная изменчивость гидрохимических показателей ледниковой реки Чегем // Водное хозяйство России. 2015. № 4. С. 36-43.
3. Куприянов В.В. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8, Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 448 с.
4. Кучменова И.И., Фролова Н.Л., Газаев Х-М.М. и др. Обобщение результатов многолетних исследований по изучению основных показателей солевого состава воды рек на территории Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника // Вода: химия и экология. 2018. № 10-12 (117). С. 109-125.
5. Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М. Река Терек. Гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2015. 608 с.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ВЫСОКОГОРНОЙ КОТЛОВИНЫ КЕЗЕНОЙ-АМ

© Маковозова З.Э.¹, Соколов А.А.²

¹*Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), Владикавказ*

²*Южный федеральный университет, филиал г. Геленджик*

Аннотация: Работа включает в себя результаты полевых и камеральных исследований современной тектоники, геолого-геоморфологических и литолого-фациальных особенностей пород, рекреационной зоны высокогорной котловины озера Кезеной-Ам. Установлено, что одна из основных причин катастрофического обвала, приведшего к образованию исследуемого озера - новейшая тектоническая активность территории, выраженная в своеобразной мозаичной складчато-блоковой архитектуре территории. Проведенный корреляционный анализ с аналогичными обвально-оползневыми процессами доказал, что образование и функционирование таких процессов возможно при быстром выделении большого количества энергии, накопленной в результате тектонических подвижек. При этом не менее важным является вопрос современной сейсмической активности территории, которая оказывает влияние на скорость и масштабы рекреационного развития высокогорной котловины озера Кезеной-Ам.

Ключевые слова: сейсмичность, экзогенные процессы, тектоника, антропогенез, землетрясение, поверхность выравнивания.

Введение

Озеро Кезеной-Ам - это высокогорное и самое большое озеро на Северном Кавказе. Оно расположено на границе двух республик: в Чеберловском районе Чеченской республики и Ботлихском районе Дагестана (рис. 1). Водоем был образован в результате создания естественной плотины ниже слияния рр. Харсум и Кауха. Питание озера происходит за счет рек и ручьев, и также выбивающих в самой котловине ключей. Поверхностный сток у озера отсутствует, но ввиду сильно развитых в этом районе процессов карстования пород подземный сток происходит через карстовые полости в карбонатных породах [3-6].

Объектом исследования является рекреационная зона высокогорной котловины озера, с геологической точки зрения представленная комплексом осадочных пород, представленных в основном разнообразными известняками с органическими остатками хорошей сохранности, мергелями, песчаниками, гипсами и глинами (рис. 1).

Целью исследований было выяснение геологических аспектов завальной плотины озера Кезеной-Ам и соответствующих рекреационных трансформаций бортов долины.

Методы исследований: полевое изучение плотины Кезеной-Ам, слагающих и окружающих её пород, выявление особенностей тектоники и геологического развития района с использованием результатов предыдущих исследований, интернет ресурса Google Earth, сравнения с характерными особенностями развития аналогичных процессов в других регионах мира, описанных в доступных публикациях.

Характеристика объекта исследования

Полевое обследование объекта производилось группой геологического клуба СКГМИ «Крокус» 13 октября 2024 г. под руководством к.г.-м.н., доцента кафедры «Прикладная геология» Маковозовой З.Э. с последующим анализом результатов выполненных ранее геологических изысканий, карт и фотоматериалов. В результате представляется следующее геологическое строение и развитие района.

Обрамляющие высокогорное озеро хребты сложены породами верхнеюрского и мелового возраста и представлены, преимущественно, карбонатами а в рельефе образует скалистые хребты из светло-серых, желтоватых и красноватых мергелистых известняков, нередко доломитизированных. Рассекаемый озерной долиной хребет Кашкерлам представлен полосой меловых отложений, которая подразделяется на две отличные друг от друга толщи, соответствующие двум отделам меловой системы: нижний мел – песчано-глинистый и верхний – карбонатный. Полевые наблюдения свидетельствуют о преобладающем развитии мергелистых известняков (рис. 1) в окрестностях озера Кезеной-Ам [7].

Система хребтов сложена породами ниже- и верхнемелового возраста: известняки, доломитизированные, песчанистые и детритусовые, известняковые брекчии, мергели, гипсы, реже глины, мелкозернистые песчаники, карбонатные алевролиты. Общая мощность меловых отложений территории колеблется в пределах 900-1400 м. Преобладание карбонатных пород обусловило классическое развитие карстовых форм рельефа. На хребтах Пастбищной системы доминирует карбонатный тип карста.



Рисунок 1 – Комплекс карбонатных пород в правом борту долины озера.

Многочисленные карбонатные карстовые пещеры и ниши (в том числе сквозные и со следами антропогенной обработки) обычно приурочены к привершинным южным склонам и сквозным ущельям, рассекающим систему хребтов.

Рельеф исследуемой территории среднегорный структурно-денудационный, выраженный куэстовидными хребтами. Северные макросклоны хребтов этой горной системы, совпадают с моноклинально залегающими пластами горных пород, относительно протяжены и пологи. Южные макросклоны – крутые и обрывистые.

В верхней своей части южные макросклоны куэстовидных хребтов имеют вид отвесных обрывов высотой в десятки метров. Происхождение куэстового рельефа предопределено новейшей историей геологического развития восточной части Большого Кавказа.

При детальном анализе современных снимков интернет-ресурса Google Earth в пределах северного макросклона Восточного Кавказа выделяется следующие зоны: линейных структур сжатия; раннечетвертичная зона растяжения и блок с древней поверхностью выравнивания, включающий озёрную котловину Кезеной-Ам (рис. 2).

По сравнению с соседними блоками тектонической «мозаики» района исследований высокогорная котловина озера Кезеной-Ам отличается невысокими показателями плотности распространения очагов землетрясений. В рекреационной зоне высокогорной котловины озера Кезеной-Ам с 2008 г. восстанавливается с. Хой (XIX в.), на территории которого расположены древние архитектурные сооружения (мечети, медресе, жилые дома и т.д.), имеющие хорошую сохранность по сравнению с селениями, пострадавшими в разное время от разрушительных землетрясений.



Рисунок 2 – Северный склон Восточного Кавказа с выделенными основными структурными зонами.
Слева сверху – Каспийское море.

Пример совмещения цифровой модели рельефа Кавказа (по А.В. Погорелову) и положения гипоцентров землетрясений (данные локальной сейсмической сети С. Осетии за 2005-2010 годы, Погода Э.В.)

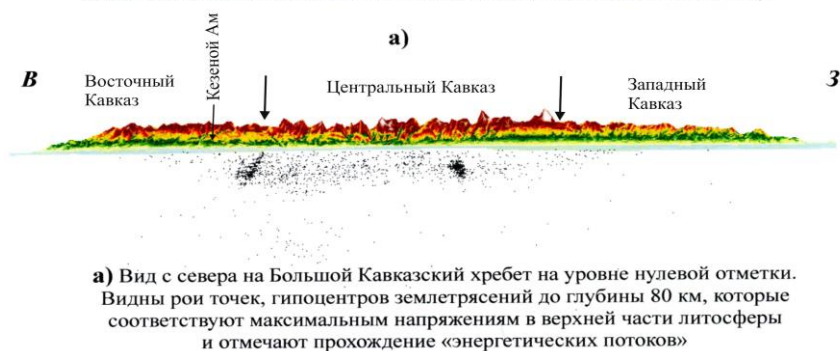


Рисунок 3 – Совмещение цифровой модели рельефа Кавказа (по А.В. Погорелову) и положения гипоцентров землетрясений (данные локальной сейсмической сети Северной Осетии за 2005-2010 гг., Э.В. Погода)

Выявленные элементы геологического строения территории

Процесс возникновения и развития катастрофических обвалов является производным от взаимодействия процессов, развивающихся синергетически, а именно – геологического и климатического. [8-10, 12].

Для определения морфометрических характеристик на базе Интернет-ресурса Google Earth были построены пересекающиеся профили – «Продольный» по долине левой образующей долины озера Кезеной-Ам, через завальную плотину и далее по каньону до высоты 1500 м и «Поперечный» - по линии хребта Кашкерлам и по гребню завала.

На основе полученных морфометрических характеристик был рассчитан объём завального тела в пределах 5,3 млн. м³. Выявлено место отрыва и траектория движения обвальных масс (рис. 5). Установлено, что сброс воды из озера происходит по системе карстовых полостей с выходом её в виде родника на высоте 1627м в каньоне долины р Хорсум.

Определенные величины таких параметров как уклоны (около 90 промилей) и углы наклона поверхностей рельефа и днищ долин (5°) непосредственно указывают на наличие древней поверхности выравнивания (рис. 4, 5). Полевыми наблюдениями определено, что воды озера Кезеной-Ам через гребень завальной плотины не переливались. Скорее всего, такого перелива не происходило и ранее, т.к. по каньону, ниже границы распространения отложений обвальных масс, не отмечено следов деятельности водных потоков. Аллювиальные отложения и русла отмечаются в каньоне ниже родника (выс. 1627 м).



Рисунок 4 – Озеро Кезеной-Ам и его высокогорное обрамление с элементами дешифрирования.

Перегиб верхней кромки бортов каньона по правому и левому борту имеет одинаковую высоту в поперечном сечении (1500-1690 м). Примерно одинаковая и крутизна бортов, но, если по левому не просматриваются выходы коренных (до четвертичных) пород, широко развиты кустарники и луговая растительность, то по правому борту каньона на всем его протяжении обнажаются пачки и отдельные пласты мощностью до 100 м мергелистых известняков верхнего мезозоя (рис. 6). Залегание пластов и пачек мергелистых известняков на протяжении 6 км (от выс. 1620 до 1500 м) субгоризонтальное. Изгиб пластов с ЮВ падением отмечается в основании южного склона хребта Кашкерлам с высоты 1750 м.



Рисунок 5 – Относительное расположение хребта Кашкерлам, зоны обвала, котловины озера Кезеной-Ам и каньона в пределах древней поверхности выравнивания (правый нижний угол снимка)

Долина – каньон р. Хорсум прослеживается по азимуту 242° на протяжении 7,6 км от завальной плотины до крутого изменения направления на 120° . Водоток резко изменяет направление своего течения по разрывной структуры, прослеживаемой на протяжении 16 км до селения Ботлих. При этом первые 5,5 км рассекают тектонический блок с древней поверхностью выравнивания, а далее через 10,5 км теряется в зоне растяжения (рис. 4, 5). Данный факт позволяет представить размерность блоков фундамента зоны развития древней поверхности выравнивания.

На основе анализа изученных крупномасштабных обвалов определено: при падении блоков обвала-оползня в долину в виде лавины горных пород под прямым углом к течению водотока создается естественная плотина с ассиметричными откосами. Завальная плотина при этом приобретает выраженную гребневую часть, ось которой имеет наклон вкрест движения лавинных масс. Основу таких природных сооружений обычно составляют крупные и гигантские породные блоки, а более мелкие обломки выстраиваются на противоположном

склоне до высоты в несколько сотен метров. Перед такими плотинами возможно образование больших озер: Сарезское, Яшикуль, Кезеной-Ам и др.

Выводы

Полевое и камеральное исследование рекреационной зоны высокогорной котловины озера Кезеной-Ам позволили сделать следующие выводы:

1. Проведенный анализ развитых в районе экзогенных геологических процессов обвального характера подчеркивает их эндогенный высокоэнергетичный генезис.
2. Блочное «мозаичное» строение Восточного Кавказа и относительно невысокая плотность гипоцентров землетрясений говорит о том, что высокогорная котловина озера расположена в зоне сжатия.
3. Рекреационное развитие высокогорной котловины озера должно вестись с учетом обширного распространения и развития карстовых процессов, которые имеют негативное влияние на антропогенную деятельность, создавая предпосылки для возникновения угроз жизни людей и объектов промышленности

Литература

1. Васьков И.М. О классификации катастрофических обвалов // Труды института геологии ДНЦ РАН. 2016. Вып. 66, «Геология, геодинамика и геоэкология Кавказа». С. 360-366.
2. Васьков И.М. Катастрофические обвалы: происхождение и прогноз. Монография. Владикавказ: ООО НПКТ «МАВР», 2016. 370 с.
3. Даукаев А.А., Абубакарова Э.А. Экзогенные процессы в горных районах Чеченской республики: синергетические и геологические аспекты // Вестник КНИИ РАН. Серия «Естественные и технические науки». Грозный. 2022. С. 93-99.
4. Идрисов И.А., Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г. Особенности распространения и развития крупных оползней Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала, 2013. С. 96-100.
5. Идрисов И.А. Крупные скальные оползни Восточного Кавказа // Материалы конференции: «Современные проблемы геологии, географии и геоэкологии». Грозный, 2013. С. 227-231.
6. Идрисов И.А. Запрудные (оползневые) озера Восточного Кавказа // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. №2. 2014. С. 96-101.
7. Кедич А.И., Голосов В.Н., Харченко С.В. Экзогенные процессы в прогляциальных зонах гор: количественные оценки и их точность // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2022. Т. 164, кн. 1. С. 109–134. doi: 10.26907/2542- 064X.2022.1.109-1345.
8. Леонов Ю.Г. Большой Кавказ в альпийскую эпоху. М.: ГЕОС, 2007.
9. Лукк А.А., Шевченко В.И. Сейсмичность, тектоника и GPS-геодинамика Кавказа // Физика Земли. Москва, 2019. С. 99-123.
10. Магомедов К.К. Вихлинский оползень в Дагестане и его археологическое значение // Труды Института геологии Даг. Филиал Академии наук СССР, Вып. 29, Махачкала, 1984. С. 109-115.
11. Овсяченко А.Н., Рогожин Е.А., Зайцева Н.В., Лукашова Р.Н. Андийские сейсмодислокации в Дагестане: опыт дистанционных исследований при сейсмическом районировании Восточного Кавказа // Геология и геофизика Юга России. №3, 2012. С.45-53.
12. Попов А. А. Плотина Вайонт 9 октября 1963 года // <http://russos.livejournal.com/878767.html>.
13. Хромовских, В.С. Каменный дракон. М.: Мысль, 1984. С. 95. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lib.rus.ec/b/185878/read>.

ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИЕ ПРИРОДНЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В КОМПОНЕНТАХ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ФАТАЛА (ГВИНЕЙСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

© Мирзоева Н.Ю., Сидоров И.Г., Мосейченко И.Н., Мирошниченко О.Н.

ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь

Аннотация: Впервые для водной экосистемы реки Фатала (Гвинея) были установлены современные уровни удельной активности и дозовой нагрузки гамма-излучающих природных ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra и антропогенного ^{137}Cs , что обеспечивает базу для оценки влияния радиоактивности на окружающую среду и здоровье человека в данном регионе. Для природных радионуклидов источником поступления в экосистему реки Фатала является непосредственно литосфера за счет берегового стока. Источником поступления ^{137}Cs в водные экосистемы Гвинеи были глобальные атмосферные выпадения этого радионуклида. Определенные мощности доз для бентосной биоты от ионизирующего излучения исследуемых радионуклидов не превышали рекомендуемых предельно допустимых уровней, установленных для живых организмов.

Ключевые слова: р. Фатала, Гвинея, Республика, ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{137}Cs , донные отложения, гидробионты

8 декабря 2023 г. в Гвинеяской Республике завершилась первая совместная экспедиция ФИЦ ИнБЮМ и Научно-исследовательского центра (НИЦ) Конакри-Рогбане (CEREMAC-G). Научные исследования, как в полевых условиях, так и в организациях России и Гвинеяской Республики проводились в рамках реализации I Этапа международного Проекта по теме: «Разработка технологии оценки антропогенного воздействия на бассейновые экосистемы тропической зоны для выработки рекомендаций по их охране и оптимизации природопользования на примере бассейна р. Фатала (Гвинеяская Республика)». В рамках данного Проекта сотрудники ФИЦ ИнБЮМ фактически вернулись после 30-летнего перерыва к научным работам в Гвинеяской Республике на базе CEREMAC-G. НИЦ Рогбане (ныне CEREMAC-G) в Конакри, Гвинеяская Республика, был построен на средства СССР и открылся 17 мая 1983 г. Среди базовых институтов, проводивших исследования по своему научному профилю, был и ФИЦ ИнБЮМ. В 1993 г. работы ученых ИнБЮМ в Гвинею были прекращены.

Начатые в 2023 г. комплексные научные исследования по изучению современного экологического состояния водной экосистемы р. Фатала на всей ее протяженности, а также на территории бассейна этой реки проводятся впервые для Гвинеяской Республики, что определяет безусловную актуальность выполняемых работ.

Одной из задач проводимых исследований было: определить современные уровни удельной активности наиболее распространенных гамма-излучающих природных ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra и антропогенного ^{137}Cs в донных отложениях и гидробионтах реки Фатала (Гвинеяская Республика), оценить дозовые нагрузки, получаемые гидробионтами реки Фатала от ионизирующего излучения этих радионуклидов. Такие исследования в Гвинеяской Республике проводятся впервые.

Измерения активности природных радионуклидов ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra и антропогенного радионуклида ^{137}Cs в предварительно высушенных и измельченных пробах донных отложений и озоленных при температуре 300–400 °C пробах гидробионтов проводили с помощью гамма-спектрометрических комплексов НТЦ «РАДЭК» – на основе полупроводникового детектора из особо чистого германия (ОЧГ), (GEM30185) и сцинтилляционного БДЕГ-100 на основе NaI(Tl) колодезного типа с геометрией счета наиболее близкой к 4π. Калибровку детекторов проводили с использованием стандартных образцов донных отложений IAEA-315, поставляемых МАГАТЭ [5, 6], размеры и форма которых

аналогична исследуемым пробам. Содержание радионуклидов в пробах донных отложений рассчитывали на сухой вес осадка, в гидробионтах – на сырой вес. Нижний предел определяемой активности (LLD) полупроводникового гамма-детектора для ^{137}Cs в донных отложениях и почвах составляет 0.1 Бк/кг сухой массы и 0.05 Бк/кг сырой массы для гидробионтов; LLD для ^{40}K – 15 Бк/кг сухой массы и 0.8 Бк/кг сырой массы; LLD для ^{232}Th – 1.5 Бк/кг сухой массы и 0.8 Бк/кг сырой массы; LLD для ^{238}U – 2 Бк/кг сухой массы и 0.1 Бк/кг сырой массы соответственно. Относительная погрешность полученных результатов не превышала 15 % [1].

Карта-схема станций отбора проб на реке Фатала (Гвинейская Республика) представлена на рисунке 1.

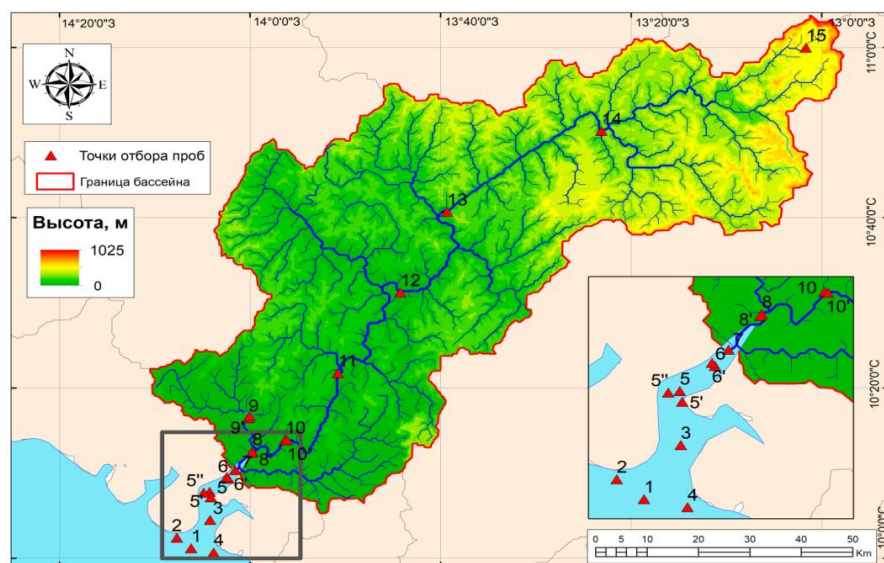


Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб в водной экосистеме р. Фатала и районе Атлантического океана, прилегающем к устью р. Фатала (ноябрь 2023 г.)

Распределение и уровни исследованных радионуклидов в донных отложениях реки Фатала представлены в таблице 1, рисунке 2.

Уровни удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в донных отложениях реки Фатала соответствовала таковым, определенным в ходе наших исследований для почв водосборного бассейна реки. Это свидетельствует о том, что для природных радионуклидов источником их поступления в донные отложения реки Фатала является литосфера за счет берегового стока, а также дочерние продукты цепочек распада литогенных радионуклидов. Источником поступления ^{137}Cs в водные экосистемы Гвинеи были глобальные атмосферные выпадения этого радионуклида. Искусственный радионуклид ^{137}Cs при поступлении в пресные водоемы довольно быстро выводится в донные отложения и в дальнейшем перемещается с взвешенным веществом и донными отложениями, подхваченными речным течением, а в растворенной форме ^{137}Cs отсутствует [4]. Дополнительным источником поступления этого радионуклида в донные отложения р. Фатала может быть также береговой сток почвенного покрова бассейна реки.

Наибольшая величина удельной активности ^{137}Cs в донных отложениях была обнаружена на станции 2, расположенной в районе выхода из устья и составила 19.8 Бк/кг. Известно, что ^{137}Cs в большей степени накапливается на мелкозернистом литогенном веществе, что связано с присутствием в нем глинистых минералов [3].

Таблица 1 – Распределение гамма-излучающих радионуклидов в донных отложениях р. Фатала (первичный материал)

Удельная активность (Бк/кг сухой массы) гамма-излучающих элементов в донных отложениях бассейна реки Фатала (Гвинейская Республика), отбор проб – ноябрь 2023 г.						
Радионуклиды /№ станции	^{238}U	^{235}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K
ст. 2	8.9	7.3	31.8	57.5	19.8	124.1
ст. 3	11.2	9.9	46.5	167.3	3.7	176.3
ст. 5	4.9	6.1	31.6	66.2	0.0	53.9
ст. 6	13.0	11.4	48.8	82.9	0.0	208.8
ст. 8	24.7	19.5	75.5	217.5	3.5	253.5
ст. 10	21.5	21.0	81.7	240.2	0.0	150.5
ст. 12	2.6	13.6	58.8	264.7	0.0	85.0
ст. 14	13.4	15.0	63.3	168.9	2.5	125.1

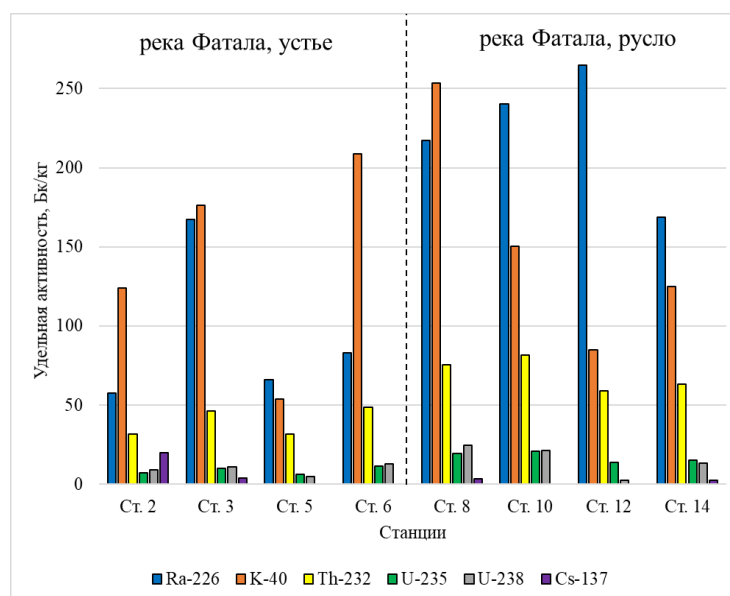


Рисунок 2 – Удельная активность радионуклидов в донных отложениях на разных станциях в реке Фатала, Гвинейская Республика (Бк/кг сухой массы)

Наиболее благоприятные условия для накопления такого вещества приурочены к районам с небольшой скоростью течения – в устьевой зоне, более широких областях русла и прибрежных частях реки, в отличие от центральной части реки, где скорость течения выше и грунт, как правило, песчаный. На станциях в устьевой зоне, а также станциях, расположенных в центральной части реки, таких как станции 3 и 5 (рис. 1, 2, табл. 1), удельная активность ^{137}Cs в донных отложениях была значительно ниже и не превышала 3.7 Бк/кг, как и на станциях, расположенных в русле реки (рис. 1, 2, табл. 1).

Среди гидробионтов были отобраны высшие водные растения из Атлантического океана (район устья р. Фатала) – *Zostera capensis*. Получено, что концентрации природных и искусственных радионуклидов в этом водном растении были незначительными: ^{235}U – 6; ^{226}Ra – 45; ^{137}Cs – 0.2; ^{40}K – 97 Бк/кг сырой массы.

Были рассчитаны мощности дозы для бентосной биоты (рис. 3) [2].

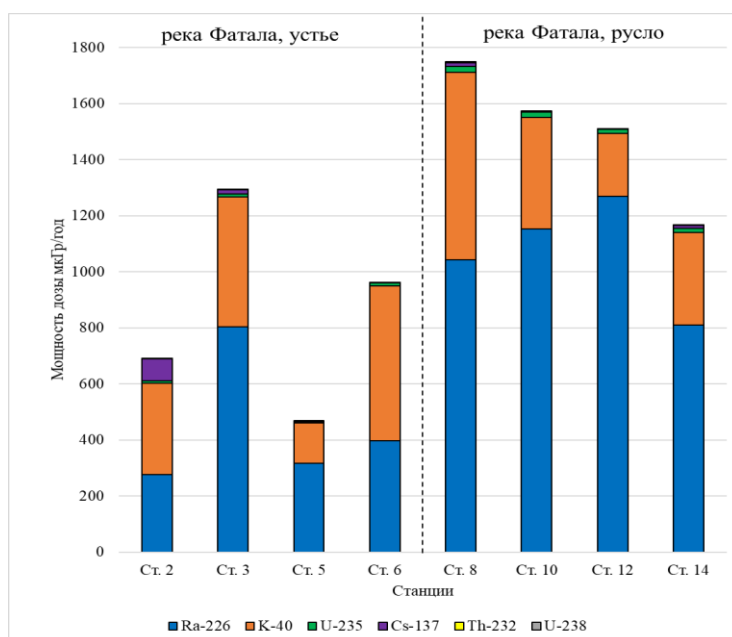


Рисунок 3 – Общая мощность дозы (мкГр/год) внешнего облучения бентосной биоты на разных станциях в р. Фатала (Гвинейская Республика) от гамма-излучающих радионуклидов

Оценено, что основной вклад в дозовые нагрузки на бентосные гидробионты вносили природные радионуклиды ^{40}K и ^{226}Ra , величина мощности дозы от которых была на уровне нескольких сотен мкГр/год (рис. 3). Общая мощность доз внешнего облучения придонной и донной биоты от донных отложений р. Фатала лежали в пределах «Зоны неопределенности» [1], что соответствует наименьшим мощностям доз ионизирующей радиации в Биосфере.

Таким образом, уровни удельной активности природных ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra и антропогенного ^{137}Cs в почвах исследованного региона Гвинеи в целом укладывались в диапазон, представленный в литературе для содержания радионуклидов в почвах в естественных условиях. Для ^{235}U были зафиксированы несколько большие значения, чем можно было бы ожидать на основе литературных данных, что видимо обусловлено региональной геохимической обстановкой исследуемых территорий.

Для донных отложений р. Фатала удельные активности представленных радионуклидов имели сопоставимые значения, что связано с их общими источниками поступления.

Впервые для донных отложений и гидробионтов р. Фатала (Гвинейская Республика) были установлены современные уровни удельной активности и дозовой нагрузки наиболее распространенных природных ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra и антропогенного ^{137}Cs , что обеспечивает базу для оценки влияния радиоактивности на окружающую среду и здоровье человека в данном регионе.

Благодарности: Авторы сердечно благодарят сотрудников CEREMAC-G (г. Конакри, Гвинейская Республика) Абдула Ибрагим Камара и Бобукар Байло в бесценной помощи по отбору проб вдоль русла реки Фатала (Гвинейская Республика). Исследования проведены при финансировании Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Гранта в области науки № 075-15-2023-592 «Разработка технологии оценки антропогенного воздействия на бассейновые экосистемы тропической зоны для выработки рекомендаций по их охране и оптимизации природопользования на примере бассейна реки Фатала (Гвинейская Республика)».

Литература

1. Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Гулин С. Б., Стокозов Н. А., Лазоренко Г. Е., Мирзоева Н. Ю., Терещенко Н. Н., Цыцугина В. Г., Кулебакина Л. Г., Поповичев В. Н., Коротков А. А., Евтушенко Д. Б., Жерко Н. В., Малахова Л. В. Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию // Под ред. Г. Г. Поликарпова и В. Н. Егорова. Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. 667 с.
2. Amiro B.D. Radiological dose conversion factors for generic non-human biota used for screening potential ecological impacts // *Journal of Environmental Radioactivity*. Elsevier, 1997. V.35, № 1. P. 37–51.
3. Fuller, A.J., Shaw, S., Ward, M.B., Haigh, S.J., Mosselmans, J.F.W., Peacock, C.L., Stackhouse, S., Dent, A.J., Trivedi, D., Burke, I.T., 2015. Caesium incorporation and retention in illite interlayers. *Applied Clay Science* 108, 128–134. DOI: 10.1016/j.clay.2015.02.008.
4. Gulín, S.B., Polikarpov, G.G., Egorov, V.N., Martin, J.M., Korotkov, A.A., Stokozov, N.A., 2002. Radioactive Contamination of the North-western Black Sea Sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, 541–549. DOI: 10.1006/ecss.2000.0663.
5. IAEA. Catalogue for reference materials and inter-comparison exercises 1998/1999. Analytical Quality Control Services. Vienna: IAEA, 1998. 64 p.
6. IAEA/MEL/61 Report on the Intercomparison RUN IAEA-315 Radionuclides in marine sediment 1992-1996 / Ed.: S. Ballestra, H. Pettersson, J. Gastaud, P. Parsi and D. Vas. Vienna: IAEA, 1998. 93 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕКОТОРЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА КАПСЕЛЬСКОЙ БУХТЫ (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

© Никифорова А.А., Табунщик В.А., Линева Н.П.

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия*

Аннотация: В работе на основе использования ГИС и ЦМР Copernicus DEM представлен анализ некоторых морфометрических характеристик (наклон поверхности, глубина расчленения рельефа, густота расчленения рельефа) территории водосборного бассейна Капсельской бухты (Крымский полуостров)

Ключевые слова: ГИС, водосборный бассейн, ЦМР, рельеф, Капсельская бухта.

Использование геоинформационных систем (ГИС) и цифровых моделей рельефа (ЦМР) играет ключевую роль в современном картографировании и анализе природных территорий. Эти инструменты позволяют создавать точные и информативные карты, отражающие разнообразие природных и антропогенных процессов, а также детально анализировать процессы функционирования и динамики в природных и антропогенных ландшафтах. Геоинформационное моделирование значительно упрощает процесс обработки больших объемов данных, упрощает сложные расчеты и повышает точность выходящей информации, что особенно важно при изучении сложных природных объектов и явлений [1, 2, 3].

Район исследования представляет собой водосбор Капсельской бухты (часто именуемый в различных источниках как Капсельская бухта, а иногда урочище Капсель) – участок побережья, расположен в восточной части Судакской бухты Чёрного моря и простирается от мыса Алчак до мыса Рыбачий (полуостров Меганом). В целом исследовательский район вытянут с юго-востока на северо-запад на 8,2 км. Бухта расположена между двумя особо охраняемых природных территориями регионального значения Республики Крым: с запада граничит с заповедным урочищем «Алчак-Кая», а с востока – с памятником природы «Полуостров Меганом». При этом её водосборный бассейн формирует чётко обособленную физико-географическую единицу исследования с однонаправленными потоками вещества и энергии имеющую понижающий градиент в сторону Чёрного моря [4, 5].

Одной из важнейших задач, решаемых с использованием, ГИС, является построение покомпонентных карт, каждая из которых описывает определенный аспект природной среды. Например, обзорная географическая карта служит для общего представления о территории, включая её основные физико-географические характеристики. Карта наклона поверхности позволяет выявить зоны с различными значениями крутизны склонов, что особенно важно для инженерных расчетов, оценки устойчивости склонов и планирования строительных или сельскохозяйственных работ. Глубина и густота расчленения рельефа являются важными показателями морфометрии рельефа. Карты, построенные с учетом этих характеристик, помогают оценить степень эрозионных процессов и сложность рельефа, что необходимо для геоморфологического анализа территории и проектирования при строительных работах.

Изучение рельефа территории является одной из важнейших задач при исследовании той или иной территории. Ведь именно рельеф и его характеристики (абсолютная высота, наклон поверхности, глубина расчленения рельефа, густота расчленения рельефа и пр.) оказывают воздействие как на развитие природных, так и социально-экономических процессов [6].

Для построения и анализа карт территории водосбора Капсельской бухты использовались методики [7, 8] и программный продукт ArcGIS и его стандартные инструменты, и модули

(например, «Гидрология», «Пространственный анализ»). В качестве ЦМР использовался набор данных Copernicus DEM.

Рельеф исследуемого района представлен в виде эрозионно-оползневого амфитеатра, в пределах которого наблюдаются обвалы из глыб песчаников и конгломератов и оползни, развивающиеся в толще глинистых сланцев. Прибрежная часть характеризуется эрозионно-аккумулятивным типом рельефа с развитием мелкоовражного рельефа со сглаженной слабонаклонной поверхностью.

Глубина расчленения рельефа является одним из косвенных количественных показателей, характеризующих рельеф, представляет собой разницу в абсолютных отметках высот между водоразделами и тальвегами в пределах определенной территории или исследуемой ячейки территории с заданной площадью [9].

Густота расчленения рельефа – это морфометрический показатель, численно равный отношению длины тальвегов эрозионных форм к единице площади (зачастую 1 км²) [10]. Густота расчленения рельефа является важным показателем, от которого зависит развитие многих отраслей народного хозяйства.

Пространственное распределение значений наклона поверхности показана на рисунке 1, показателя глубины расчленения рельефа представлено на рисунке 2, а густоты расчленения рельефа – на рисунке 3.

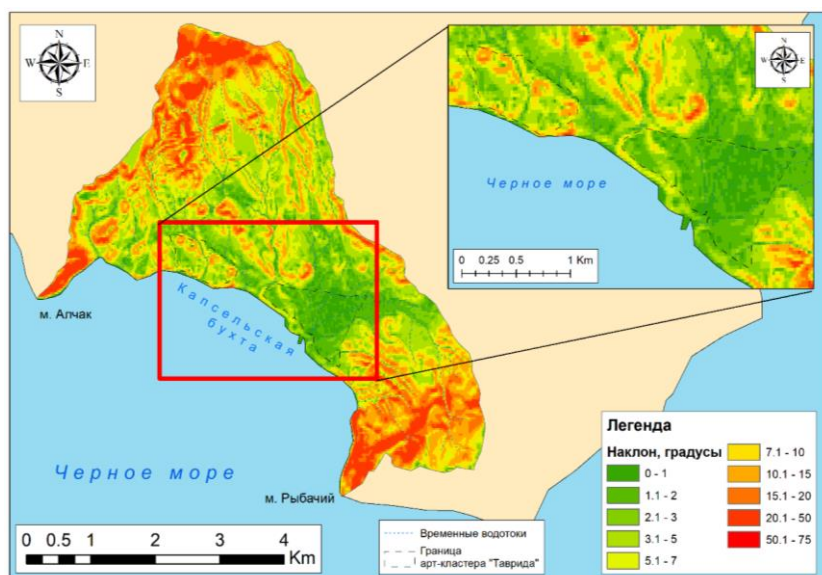


Рисунок 1 – Наклон поверхности территории водосбора Капсельской бухты

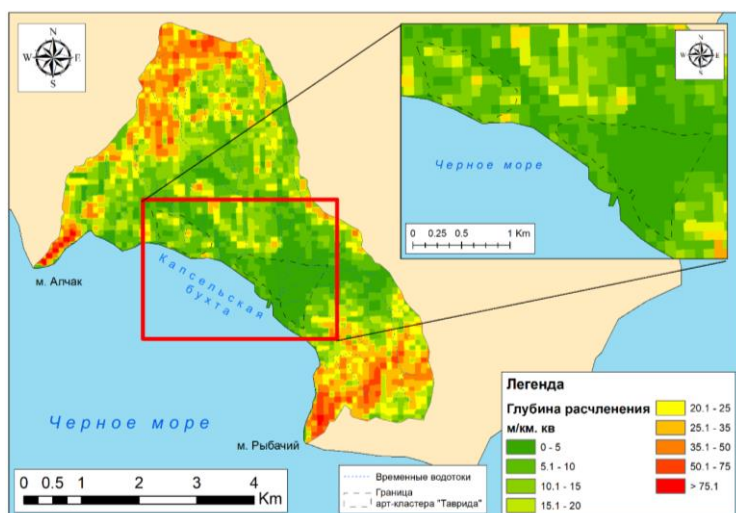


Рисунок 2 – Глубина расчленения территории водосбора Капсельской бухты

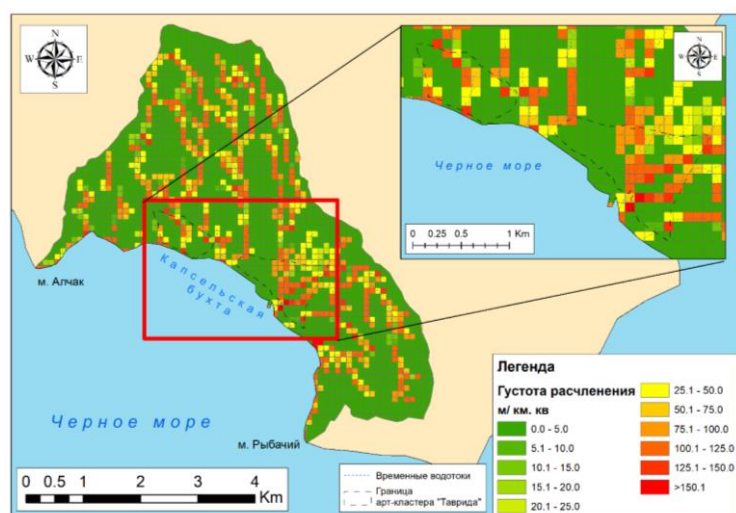


Рисунок 3 – Густота расчленения рельефа территории водосбора Капсельской бухты

Согласно полученным данным по ЦМР Copernicus DEM, глубина расчленения рельефа в пределах территории водосбора Капсельской бухты изменяется от 0 до 90 м/км², густота расчленения – от 0 до 160 м/км². При этом средние значения густоты расчленения рельефа и глубины расчленения рельефа составляют 17,7 м/км² и 23,8 м/км² соответственно. Значения наклона поверхности территории водосбора Капсельской бухты изменяются в диапазоне от 0 до 47 градусов (среднее значение 8,7 градуса). Как видно из рисунка 2, на большей части территории водосбора Капсельской бухты преобладает наклон поверхности до 7 градусов.

Если сравнивать полученные данные с другими исследованиями выполненными с использованием ЦМР SRTM для всей территории Крымского полуострова, то можно сказать, что выполненная работа позволила существенно детализировать данные для водосбора Капсельской бухты, на локальном уровне. Согласно [9], и расчетам по отличной ЦМР SRTM, глубина расчленения рельефа в исследуемом районе колеблется от 0 до 329 м/кв. км, среднее значение составляет – 123 м/кв. км. Стоит отметить, что для территории Крымского полуострова построена карта густоты расчленения рельефа, по ЦМР SRTM, где значения показателя густоты расчленения рельефа колеблются от 0,0 до 4,35 км/км²[10]. По данным [10]

густота расчленения рельефа для исследуемого района изменяется от 0 до 1,95 км/кв. км, среднее значение составляет – 0,9 км/кв. км.

Таким образом, ГИС обеспечивают возможность интеграции и анализа многокомпонентных данных, что делает их незаменимыми инструментами для исследования и управления природными территориями. Современные подходы к созданию карт с использованием этих технологий позволяют не только визуализировать данные, но и проводить пространственное моделирование, прогнозировать изменения природных процессов и принимать эффективные управленческие решения. В результате исследования получены новые данные о значениях некоторых морфометрических характеристик водосборного бассейна Капсельской бухты (Крымский полуостров) с использованием ЦМР Copernicus DEM.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания по теме FZEG-2024-0006 «Формирование устойчивой системы зелёных насаждений арт-кластера «Таврида» (Юго-Восточный Крым)», а также частично в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Изучение особенностей функционирования и динамики субтропических и тропических прибрежных экосистем в условиях изменения климата и антропогенной нагрузки с использованием методов дистанционных исследований, технологий облачной обработки информации и машинного обучения для создания научных основ их рационального использования» (№ гос. регистрации 124030100030-0).

Литература

1. Кузнецова А. С., Пушкарев А. А., Краснощекоев К. В., Якубайлик О. Э., Ерунова М. Г. Применение FABDEM и других современных цифровых моделей рельефа в системе аграрного мониторинга // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2023. №. 4 (32). С. 139-147.
2. Лурье И.К. Цифровая эпоха в картографии: от автоматизации к картографическим сервисам // Вопросы географии. 2017. №. 144. С. 15-28.
3. Коротин А. С., Попов Е. В. Обработка цифровых моделей рельефа местности с целью повышения достоверности анализа морфометрии водных бассейнов // Программные системы и вычислительные методы. 2018. №. 2. С. 67-83.
4. Репецкая А. И., Вишневский С. О., Савушкина И. Г., Городняя Е. В., Рудык А. Н. Основные подходы к формированию устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида» (Юго-Восточный Крым) // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1426–1436. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1426-1436>.
5. Никифорова А.А., Матвеева А.Д., Миронова А.П. Использование данных дистанционного зондирования Земли для выделения эрозионной сети и сети временных водотоков водосбора Капсельской бухты (Крымский полуостров) // Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования: материалы докладов I Международной научной конференции, 25 октября 2024 г., Севастополь, Россия. Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2024. 122 с. С. 55-58.
6. Табунщик В.А. Пространственные распределения наклона поверхности в пределах ландшафтов Крымского полуострова // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 22 (74). С. 135-145. <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-22-135-145>.
7. Табунщик В.А. Оценка геоэкологического состояния бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук, 2024. 290 с. EDN WPJYND.
8. Курлович Д.М. Морфометрический ГИС-анализ рельефа Беларуси // Земля Беларуси. 2013. №. 4. С. 42-48.
9. Табунщик В.А. Глубина расчленения рельефа на территории Крымского полуострова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф. Москва: Изд-во Московского ун-та, 2020. Т. 26, ч. 2. С. 95-105. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-2-26-95-105>.
10. Табунщик В. А., Петлюкова Е.А. Густота расчленения рельефа на территории Крымского полуострова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2019. № 1(201). С. 95-100. EDN ZXQIIX.

АНАЛИЗ АКТУАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ БАССЕЙНА РЕКИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ СУНЖА (РОССИЯ)

© Никифорова А.А., Табунщик В.А., Линева Н.П.

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия*

Аннотация: Были проанализированы экосистемные услуги бассейна реки Сунжа с использованием метода идентификации экосистемных услуг, оценки и интеграции (Ecosystem Services Identification, Valuation, and Integration) – ESIVI. Представлен перечень основных экосистемных услуг бассейна реки Сунжа.

Ключевые слова: бассейн реки, экосистемные услуги, Сунжа, экосистема.

Вода имеет решающее значение для обеспечения жизни на Земле и сохранения экосистем. Для производственной деятельности человечества и его хозяйственно-бытовых нужд требуется пресная вода, количество которой составляет 2,7% общего объема воды на Земле, причем в легкодоступных местах находится очень малая ее доля (всего 0,36%) [2], соответственно, реки и водные бассейны играют важнейшую роль в жизни человека [1, 3, 5].

Реки являются жизненно важными и сложными природными системами, которые предоставляют широкий спектр экосистемных услуг. Концепция экосистемных услуг относится к широкому спектру преимуществ, которые человеческое общество получает от природы [4, 6].

Экосистемные услуги включают выгоды, которые люди получают от экосистем, поддерживающих социально-экономические потребности и благосостояние человека. Концепция экосистемных услуг [1] была создана для продвижения рациональной и сбалансированной оценки использования природных ресурсов с учетом как общественных, так и частных выгод, она привлекла широкое внимание во всем мире из-за их потенциала в решении проблем устойчивого развития. Взаимосвязь между предложением и спросом на экосистемные услуги в бассейне может отражать уровень координации экологии и экономики бассейна. Четкое понимание взаимосвязей между предложением и спросом на экосистемные услуги является основой для устойчивого управления экосистемой речного бассейна.

Способы концептуализации экосистемных услуг включают в себя направление, разработанное в рамках «Оценки экосистем на пороге тысячелетия» [4, 6], в которой услуги классифицируются на четыре категории: обеспечивающие, поддерживающие, регулирующие и культурные услуги. В российских источниках данные категории обозначены как продукционные, средообразующие, информационные и духовно эстетические, аналогичные международным.

Река Сунжа, протяженностью 278 км имеет сложную гидрографическую сеть, с более чем 6000 малых водотоков в высокогорной зоне. Истоки реки находятся на северном склоне Большого Кавказа, Грузия. Крупные притоки, такие как Асса, Аргун, Шаро-Аргун и Белка, сформировали глубокую эрозионную сеть, прорезающую склоны хребтов. Бассейн охватывает горные районы Восточного Кавказа, включая Центральный и Боковой хребты, водоразделы которых покрыты ледниками, а также равнинную часть Предкавказья. Географическое положение бассейна реки Сунжа представлено на рисунке 1.

В бассейне реки Сунжа расположен Сунженский хребет, который включает в себя Грозненский и Ермоловский хребты. Эти антиклинальные образования сложены преимущественно глинами и песчаниками с меньшей долей мергелей, известняков, конгломератов и магматических отложений. Севернее находится Чеченская равнина, сложенная плиоценовыми породами (глинами, песчаниками, известняками), которые покрыты мощной

толщей четвертичных валунно-галечниковых отложений (конусы выноса рек), поверх лежат лёссовидные глины и суглинки.

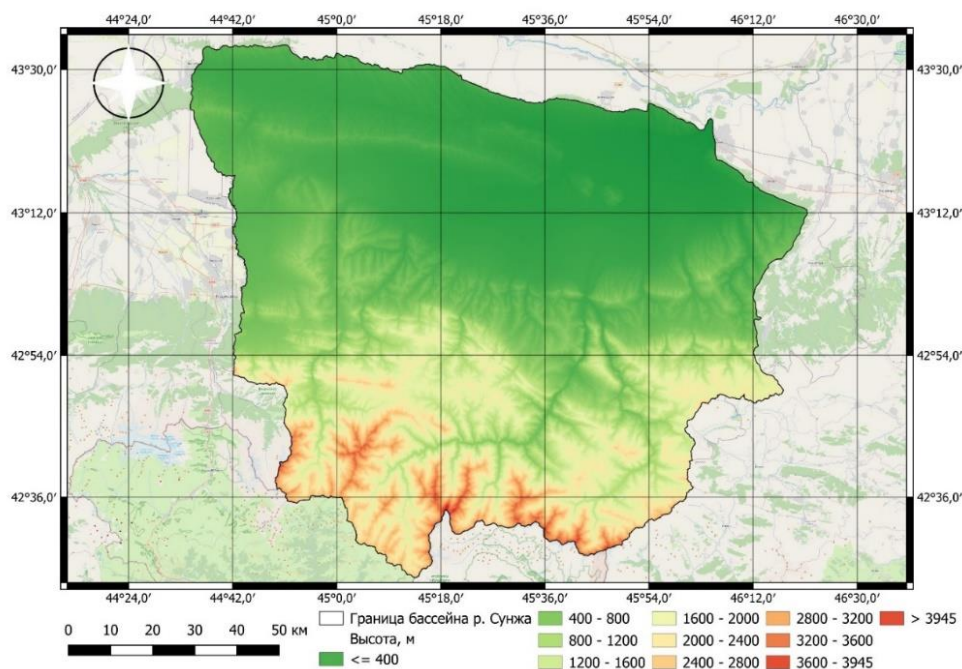


Рисунок 1 – Географическое положение бассейна реки Сунжа

Климат бассейна реки Сунжа определяется влиянием Черного, Азовского и Каспийского морей, разнообразием рельефа и восточно-европейскими и азиатскими воздушными массами. Характерны холодные сухие зимы (средняя температура января $-3,2^{\circ}\text{C}$, в горах до -10°C) и жаркое сухое лето (в среднем $+20,4^{\circ}\text{C}$, в горах до $+14^{\circ}\text{C}$). Количество осадков в Восточном Предкавказье составляет до 400-600 мм. В горах количество осадков возрастает в основном до 800-900 мм, достигая в некоторых пунктах 1000-1300 мм и более.

Почвенный покров разнообразен и подвержен дифференциации в силу наличия высотной поясности. На высотах 300–1200 м распространены черноземные и лугово-черноземные почвы, а в предгорной части встречаются каштановые и светло-каштановые. Лесные почвы занимают склоны гор, начиная с высот 500–600 м, где растут дубовые леса, и до 2100–2200 м — зоны сосновых и березовых лесов.

Растительность бассейна разнообразна: в предгорьях преобладают степи (разнотравно-типчаково-ковыльные), на склонах леса – дубовые (500–1200 м), буковые (1200–1600 м), сосновые и березовые (до 2200 м). Выше расположены субальпийские луга (до 2700 м), альпийская и нивальная зоны, начинающиеся от 4000 м.

Также, бассейн реки Сунжа был изучен в рамках полевых работ по проекту «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки». На подготовительном этапе, с использованием космических снимков, были определены точки отбора проб в бассейне реки, был составлен план отбора проб для экспедиционных исследований, с учетом геологического строения, положения в рельефе и растительных условий. В ходе экспедиции были выбраны 44 ключевых участка в пределах водосборного бассейна реки Сунжа для оценки экосистемных услуг.

Так как единой классификации экосистемных услуг не существует [3, 4, 6], авторами была выбрана методика, которая делает упор на оценку услуг, которые имеют наибольшую

значимость для территории бассейна. В работе был использован метод идентификации экосистемных услуг, оценки и интеграции (Ecosystem Services Identification, Valuation, and Integration – ESIVI), который включает контрольный перечень экосистемных услуг, составленный с использованием руководств, списков исходных данных и прочей важной информации по материалам источников [3], подход ESIVI предназначен для формирования точной и прозрачной основы для оценки экосистемных услуг. Метод ESIVI разработан на концептуальной схеме MEA [4], которая напрямую связывает экосистемные услуги и благосостояние населения, а также на концептуальной основе, созданной Институтом по исследованию мировых ресурсов (WRI) для анализа экосистемных услуг в целях оценки воздействия [3]. Контрольный перечень экосистемных услуг представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Контрольный перечень экосистемных услуг

Обеспечивающие услуги	Регулирующие услуги	Культурные услуги
Сельскохозяйственные культуры	Регуляция локальных климатических процессов	Туризм и рекреационная ценность
Домашний скот и корм для домашнего скота	Регуляция глобальных климатических процессов	Культурные и духовные ценности
Добыча водных биоресурсов	Влияние на качество атмосферного воздуха	Научные и образовательные ценности
Аквакультура	Регуляция проявления опасных процессов и явлений	Биологическое разнообразие
Компоненты природных экосистем как источник продуктов питания	Влияние на качество воды	
Древесина	Опыление	
Источники энергии	Контроль распространения вредителей и возбудителей заболеваний	
Биологически активные и использующиеся в качестве сырья вещества	Регуляция шумового воздействия	
Обеспечение водой	Регуляторная функция почвы	
Волокна и сырье для изготовления декоративных изделий		
Генетические ресурсы		

С помощью контрольного перечня (табл. 2) возможно определить потенциальный спектр экосистемных услуг, предоставляемых бассейном р. Сунжа.

Таблица 2 – Анализ экосистемных услуг бассейна р. Сунжа

Экосистемная услуга	Обоснование предоставления бассейном реки Сунжа
Обеспечивающие услуги	
Сельскохозяйственные культуры	Бассейн реки Сунжа, особенно в долинах и на равнинных участках, пригоден для земледелия.
Домашний скот и корм для домашнего скота	Животноводство, включая разведение крупного рогатого скота, овец и коз, является традиционным видом деятельности в бассейне реки Сунжа.
Добыча водных биоресурсов	Сунжа и её притоки предоставляют возможности для рыболовства. Вылавливаются различные виды рыб, которые используются в пищу или в других целях.
Аквакультура	Река и ее притоки обеспечивают среду обитания для различных видов рыб, что поддерживает местное рыболовство.
Компоненты природных экосистем как источник продуктов питания	Леса в бассейне Сунжи предоставляют дикорастущие плоды, грибы и другие лесные продукты, которые используются местным населением.
Древесина	Леса в бассейне Сунжи предоставляют древесину.
Источники энергии	Имеется Кировская МГЭС.
Биологически активные и использующиеся в качестве сырья вещества	Бассейн реки Сунжа содержит разнообразные лекарственные растения, грибы и другие органические вещества, которые могут быть использованы в медицине, косметике и других отраслях промышленности.
Обеспечение водой	Река Сунжа является важным источником питьевой воды для населенных пунктов в своем бассейне, а также используется для орошения сельскохозяйственных угодий. Качество воды, однако, может быть проблематичным из-за загрязнения.
Волокна и сырье для изготовления декоративных изделий	Леса бассейна реки Сунжа могут предоставлять древесину и другие растительные материалы, которые используются для изготовления декоративных изделий, мебели и других товаров. Устойчивое лесопользование важно для предотвращения деградации

	лесов.
Генетические ресурсы	Бассейн реки Сунжа обладает богатством генетических ресурсов, включая разнообразие растений, животных и микроорганизмов. Сохранение этого биоразнообразия имеет важное значение для будущего развития сельского хозяйства, медицины и других отраслей.
Регулирующие услуги	
Регуляция локальных климатических процессов	Лесные массивы в бассейне Сунжи вносят свой вклад в локальное регулирование климата. Они снижают температуру воздуха, увеличивают влажность и уменьшают силу ветра.
Влияние на качество атмосферного воздуха	Растительность бассейна Сунжи фильтрует загрязняющие вещества из воздуха, улучшая его качество.
Регуляция проявления опасных процессов и явлений	Экосистемы бассейна Сунжи уменьшают воздействие некоторых стихийных бедствий.
Влияние на качество воды	Экосистемы бассейна Сунжи влияют на качество воды реки и производят фильтрацию загрязнений, регулируют уровень воды, поддержание биологического разнообразия, самоочищение воды.
Опыление	Насекомые и другие опылители, живущие в бассейне Сунжи, играют важную роль в опылении сельскохозяйственных культур и дикорастущих растений.
Контроль распространения вредителей и возбудителей заболеваний	Естественные враги вредителей и болезней (хищники, паразиты) в бассейне Сунжи помогают контролировать их численность и предотвращают появление эпидемий среди растений и животных.
Регуляция шумового воздействия	Леса в бассейне реки Сунжа поглощают шум, снижая уровень шумового загрязнения в окружающей среде.
Регуляторная функция почвы	Растительный покров в бассейне Сунжи (леса, кустарники, травы) играет важную роль в предотвращении эрозии почвы. Корневые системы растений укрепляют почву, уменьшая смыв почвы дождем и талыми водами.
Культурные услуги	
Туризм и рекреационная ценность	Бассейн реки Сунжа предоставляет возможности для разнообразных видов отдыха. Это включает в себя: рыболовство, туризм, отдых на природе: Жители близлежащих населенных пунктов используют берега реки для отдыха, пикников и других форм рекреации. Это способствует физическому и психическому здоровью людей.
Культурные и духовные ценности	В бассейне реки Сунжа имеются исторические и культурные объекты.
Научные и образовательные ценности	Бассейн реки Сунжа представляет интерес для образовательных и научных целей. Он используется для экологического образования, исследований в области биологии, гидрологии и географии. Это способствует расширению знаний о природе и сохранению биоразнообразия.
Биологическое разнообразие	Природа бассейна реки Сунжа, включая её живописные ландшафты, разнообразную флору и фауну, имеет высокую ценность.

Таким образом, произведено систематическое определение и оценка потенциальных экосистемных услуг бассейна реки Сунжа. Исходя из анализа контрольного перечня экосистемных услуг, предоставляемых бассейном реки Сунжа, можно сделать вывод, что данная территория имеет высокую экологическую значимость. Перспективой дальнейших исследований является приведение уровня значимости в конкретную бальную/денежную оценку.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Российской Федерации в лице Минобрнауки России — гранта в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Дрыгваль П. В., Дрыгваль А. В., Горбунова Т. Ю., Никифорова А. А., Горбунов Р. В. Табунщик В., Керимов И. А., Киселева М. В. Пространственно-временная изменчивость температуры воздуха в бассейнах рек водосбора Каспийского моря // Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования: материалы докладов I Международной научной конференции, 25 октября 2024 г., Севастополь, Россия. Севастополь: ФИЦ ИНБЮМ, 2024. с.22-25
2. Кочетков В. В. "Водные войны": дефицит водных ресурсов как причина и инструмент международных конфликтов / В. В. Кочетков, Е. В. Пак // Вестник Московского университета. Серия 12: Политические науки. 2011. № 5. С. 35-47.

3. Ecosystem services review for impact assessment. World Resour Inst Work Pap. 1. URL: https://www.researchgate.net/publication/285828606_Ecosystem_services_review_for_impact_assessment
4. MEA [Millennium Ecosystem Assessment]. Ecosystems and human well-being: Synthesis Report. Washington, DC: Island Press. URL: https://www.researchgate.net/publication/297563785_Millennium_Ecosystem_Assessment_Ecosystems_and_human_well-being_synthesis
5. Tabunshchik V., Gorbunov R., Gorbunova T. Anthropogenic transformation of the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains (The Crimean Peninsula) // Land. 2022. Vol. 11, no. 12. Art. 2121.
6. TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. UNEP/Earthprint: London. URL: https://www.researchgate.net/publication/241766886_The_Economics_of_Ecosystems_and_Biodiversity_Ecological_and_Economic_Foundations

ОПТИМИЗАЦИЯ ОХРАНЫ БАССЕЙНОВ РЕК ГОРНОГО КРЫМА

© Панкеева Т.В.¹, Каширина Е.С.^{1,2}, Свирин С.А.³

¹ *ФИЦ ИНБЮМ, г. Севастополь*

² *Филиал МГУ в г. Севастополе, г. Севастополь*

³ *ННЦ Никитский ботанический сад, г. Ялта*

Аннотация: В статье представлены результаты исследования речных бассейнов Горного Крыма. Составлены ландшафтные карты бассейнов рек Ай-Тодорки, Лименки и Малого Салгира. На основе ландшафтного подхода предложено создание новых объектов особо охраняемых природных территорий и обоснование охранной зоны. Предложенный подход позволяет решить комплекс задач в сфере территориальной охраны ландшафтов и управления окружающей средой региона.

Ключевые слова: бассейн реки, ландшафт, памятник природы, природный заказник, охраняемые виды.

В настоящее время охрана водосборных бассейнов рек – одна из важнейших задач современности. Территории речных бассейнов отличаются полифункциональным природопользованием, что приводит к ухудшению качества вод и сокращению их ландшафтного и биологического разнообразия. В связи с чем, приобретает актуальность разработка научно-методических подходов для организации оптимальной территориальной структуры природопользования бассейнов рек с целью их охраны.

Одним из таких подходов для изучения природопользования и ландшафтной организации территории речных систем выступает бассейновый подход. На современном этапе бассейновый подход к природопользованию декларируется нормативными документами разных стран, в том числе и Российской Федерации. Идеям бассейнового подхода к организации природопользования речных долин посвящены научные труды Ф.Н. Милькова, Г.И. Швевса, Л.М. Корытного, Е.А. Позаченюк, В.Н. Бевза, Ф.Н. Лисецкого, В.В. Козина, О.М. Власовой и др. [1]. Однако, ландшафтное обоснование природопользования бассейнов малых и средних рек проводится недостаточно [2].

Для Республики Крым и города федерального значения Севастополя актуальность изучения ландшафтной организации бассейновых территорий в природопользовании возрастает в связи с недостаточной водообеспеченностью. Увеличение антропогенного воздействия на бассейны рек Крымского полуострова снижает уровень их ландшафтной организации, что может быть нивелировано за счет оптимизации природоохранного природопользования.

Применение бассейнового подхода позволяет рассматривать экологическую сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) как единую систему, обеспечивающую длительное сохранение ландшафтного и биологического разнообразия посредством формирования русел обмена веществом и энергией, где ведущая роль отводится речным долинам [1]. Русло реки и прилегающая к нему территория, с которой русло собирает поверхностный и подземный стоки, в ландшафтном плане образует сложную природную систему, которую Ф.Н. Мильков [3] назвал бассейновой парагенетической системой. При оптимизации системы ООПТ региона речные бассейны рек приобретают особую роль, что обусловлено рядом факторов. Во-первых, речной бассейн представляет собой природную, целостную, саморегулирующуюся, парадинамическую и парагенетическую геосистему с четко выделенными на местности границами. Во-вторых, бассейны рек охватывают как уникальные, так и наиболее типичные черты ландшафтной структуры региона, в связи, с чем удовлетворяют принципу репрезентативности природных комплексов. В-третьих, речные системы отличаются полифункциональностью природоохранных функций, так как совмещают охрану гидрологических, геолого-геоморфологических, ботанических объектов и т.д. [1]. Анализ научной литературы в области

изучения ООПТ, показал, что бассейновая концепция используется редко, тем не менее, значимость данного подхода в формировании экологической системы ООПТ значительна.

Одним из направлений оптимизации экологической сети является **создание новых объектов ООПТ** на основе бассейнового подхода. Для города Севастополя предложено создание перспективной ООПТ в районе бассейна р. Ай-Тодорки. Рекомендуемый природоохранный статус – государственный природный заказник регионального значения "Ай-Тодор" (рис. 1). В пределах исследуемого района широко представлены лесные формации: дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd.), дуба скального (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.), бука крымского (*Fagus* × *taurica* Popl.), сосны Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), которые отличаются флористическим богатством, наличием реликтовых и эндемичных видов, обладают высоким средообразующим потенциалом, выполняют водорегулирующую и почвозащитную роль для Юго-Западного Горного Крыма [1].

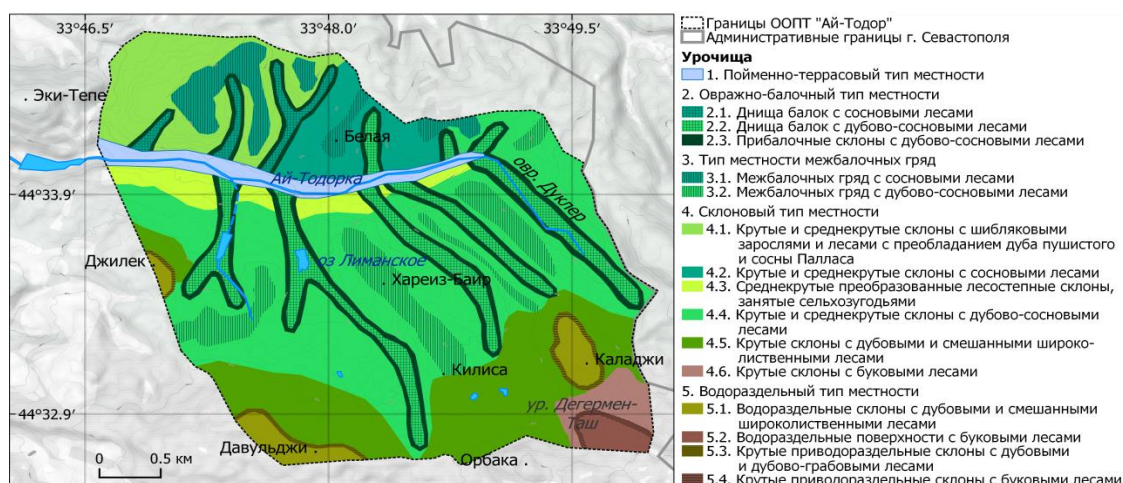
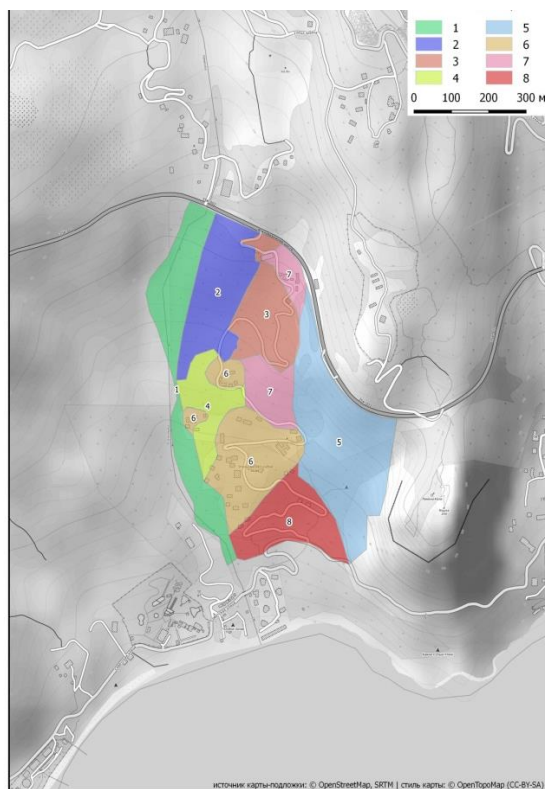


Рисунок 1 – Ландшафтная структура планируемого природного заказника «Ай-Тодор» [1].

В административных границах города Ялта авторами предложен ботанический заказник местного значения «Лименская долина» (рис. 2) [4]. Заказник расположен в пределах бассейна р. Лименка, где произрастают крупные локалитеты можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) и фисташки туполистной (*Pistacia mutica* Fisch. & C.A. Mey), охраняемые на региональном и государственном уровне [5, 6].

Антропогенными угрозами для исследуемых речных бассейнов являются расширение застроенных зон, незаконная вырубка и нерегулируемая рекреация. Исследование позиционно-динамической структуры позволило определить границы новых объектов ООПТ с учетом особенностей ландшафтной организации.

Небольшие размеры ООПТ речных бассейнов и их окружение антропогенными ландшафтами делает их «островами» биологического и ландшафтного разнообразия. Однако, гидрологические и гидрохимические показатели малых рек, во многом зависят от ландшафтной структуры бассейна [2]. Отсутствие регламентации в природопользовании вокруг объектов ООПТ характеризуется зачастую хаотическим использованием земель, приводящим к непредсказуемым последствиям для их биологических и ландшафтных комплексов. Для предотвращения и смягчения негативного влияния факторов и источников негативного воздействия на территории объектов ООПТ является **установление охранных зон**. На основе позиционно-динамического подхода было предложено установить границу охранный зоны с учетом границ водосборного бассейна р. Малый Салгир для памятника природы «Каменные грибы Малого Салгира», общей



Условные обозначения: 1 - овражно-балочный ступенчато-оползневой с ложбиной стока с грабниково-ясеневым дубовым лесом с кустарниковыми зарослями типа шибляк; 2 - водораздельно-глыбовых склонов с высокоможжевеловым лесом на коричневых эродированных сильнощебнистых суглинистых почвах; 3 - ступенчатых оползневых склонов средней крутизны с хаотически расположенными отдельными глыбами с ясеневым грабниково-дубовым лесом с участием можжевельника высокого на коричневых эродированных суглинистых почвах подстилаемых щебнисто-суглинистыми отложениями; 4 - крутые склоны с высокоможжевелово-дубовыми лесами с кустарниковыми зарослями типа шибляк на коричневых почвах; 5 - крутые склоны, осложненные обвалами и осыпями глыб и щебня с зарослями можжевелово-дубового редколесья в подлеске иглица понтийская на сильноэродированных, участках смытых коричневых почвах; 6 - оползневые ступени, преобразованные антропогенной деятельностью, занятые селитебными и рекреационными постройками с лесопарковой растительностью; 7 - пологие и средней крутизны склоны с высокоможжевелово-дубовым лесом на коричневых почвах; 8 - крутые склоны с дубово-можжевеловым лесом в комплексе с лесопарковой растительностью.

Рисунок 2 – Картограмма ландшафтной структуры планируемого ботанического заказника «Лименская долина»

общей площадью 42,7793 га (площадь памятника природы 9,27 га) (рис. 3). Для ландшафтной структуры бассейна р. Малого Салгира выделены ландшафтные ярусы: пойменно-террасовый, склоновый и водораздельный (рис. 4).

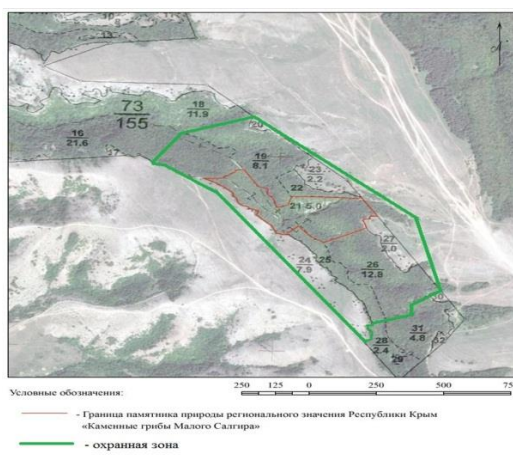


Рисунок 3 – Предлагаемые границы охранной зоны памятника природы Каменные грибы Малого Салгира

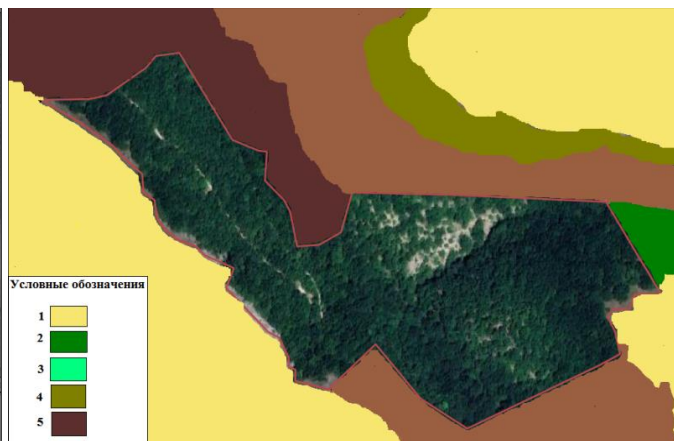


Рисунок 4 – Ландшафтная карта прилегающей территории памятника природы «Каменные грибы Малого Салгира»

Условные обозначения: 1 – водораздельные поверхности с петрофитной растительностью; 2- эрозионное овражно-балочное низкогорье с дубовыми и смешанными широколиственными лесами; 3 – крутые склоны с буково-грабовым лесом; 4 – приводораздельные склоны с дубово-грабниковым редколесьем в сочетании с петрофитной степью; 5 – крутые склоны с дубово-грабниковым лесом.

Однако, ландшафты пойменно-террасового и частично склонового ярусов включены в состав памятника природы. В связи с чем, авторами было предложено включить в охранную зону ландшафты водораздельного и склонового ярусов бассейна р. Малый Салгир. Таким образом, в состав памятника природы и его охранной зоны включены территории водосборного бассейна р. Малый Салгир, отражающие ландшафтную организацию бассейна р. Малого Салгира. Увеличение площади охраняемой территории позволит, не только выполнять и поддерживать биоэкологические, ландшафтные и иные средообразующие функции, но и обеспечит существование устойчивых популяций ключевых видов: дуба скального (*Quercus petraea*), бука крымского (*Fagus × taurica* Popl.), граба восточного и обыкновенного (*Carpinus orientalis* и *Carpinus betulus* L.). Создание ООПТ с охранной зоной в бассейне р. Малый Салгир будет способствовать формированию экологического коридора, который необходим для объединения природоохранной сети Главной гряды и Предгорного Крыма.

На территории Крымского полуострова бассейновый подход был применен при создании ряда ООПТ: заказников «Байдарский», «Большой каньон Крыма», «Качинский каньон», «Хапхальский», заповедное урочище «Долина р. Сотера».

Наиболее репрезентативным ООПТ, созданным на основе бассейнового подхода в Крыму, является ландшафтный заказник «Байдарский» – его территория охватывает 70% водосборного бассейна р. Черная от истока до выхода из Чернореченского каньона. Около 65% длины реки протекает по территории заказника. Полностью по территории заказника протекают такие притоки р. Черной, как р. Узунджа, р. Арманка (Молташ), р. Басая (Боса), р. Уркуста, р. Бага, р. Байдарка и др. С целью охвата водосбора реки заказник создан в двух субъектах – Республике Крым и г. Севастополе.

Территория заказника «Байдарский» расположена в двух ландшафтных зонах: широколиственных лесов северного макросклона Крымских гор и горных лугов и горной лесостепи на закарстованных плато яйлы. Одна из ландшафтных особенностей юго-западной части Горного Крыма состоит в том, что здесь выклинивается зона южного макросклона гор, и зона Южного берега Крыма (ЮБК) непосредственно граничит с зоной широколиственных и сосновых лесов северного макросклона гор. В пределах Байдарского низкогорья находится ценотический коридор, где происходит обмен видами растений и животных между Предгорьем и ЮБК. Лесные массивы отличаются высоким средообразующим потенциалом; флористическим богатством, наличием реликтовых и эндемичных видов [7]. В этом районе сосредоточены значительные по площади высокоможевеловые леса, произрастает 58% охраняемых растений и обитает 48% животных [8]. Ландшафты обладают высокой аттрактивностью.

С целью эффективного выполнения природоохранных функций и баланса между исторически сложившейся структурой природопользования и сохранением ценных ландшафтов территория заказника разделена на зоны с разным природоохранным режимом. Первоначальное зонирование заказника предусматривало выделение зон строго ограниченного пользования, рекреационной, водоохранной, селитебно-хозяйственной зон. После 2017 г. число зон сокращено до трех: строго ограниченного пользования, рекреационная и хозяйственно-селитебная. Все перечисленные варианты зонирования не учитывали ландшафтную структуру территории, а опирались на пространственные особенности использования природных ресурсов: наиболее строгий режим введен для водоохранной зоны питьевого Чернореченского водохранилища, наименее – для сельскохозяйственных угодий.

Для оптимизации охраны водосборного бассейна р. Черная необходимо учитывать ландшафтную структуру территории, насыщенность ландшафтов охраняемыми животными и растениями. Учет данных факторов будет способствовать расширению зоны строго ограниченного пользования за счет включения частей рекреационной и хозяйственно-селитебной зон.

Приведенные результаты использования бассейнового подхода к исследованию ландшафтной организации речных систем будет способствовать улучшению геоэкологического состояния бассейнов рек Горного Крыма, предотвращению негативных последствий, связанных с воздействием антропогенных факторов и оптимизации экологической сети.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ (№ гос. регистрации 124022400152-1 и 124030100030-0).

Литература

1. Панкеева Т.В., Александров В.В., Панкеева А.Ю. Бассейн реки Ай-Тодорки как перспективная территория заповедания г. Севастополя // Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Майкоп, 19–22 октября 2017 г. Майкоп: Изд-во АГУ, 2017. Ч.1. С. 177–182.
2. Власова А.Н. Бассейновый подход к управлению природопользования в Крыму // Уч. записки ТНУ им. В. И. Вернадского. Сер. геогр. Симферополь, 2011. Т. 24 (61). С. 36–42.
3. Мильков Ф.Н. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования // География и природные ресурсы, 1981. № 4. С.11–18.
4. Каширина Е.С., Панкеева Т.В., Епихин Д.В., Новиков А.А., Пышкин В.Б. Природоохранная ценность Лименской долины как перспективной ООПТ Крыма // Заповедники – 2019: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (Симферополь, 9–11 октября 2019 г.). Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. С. 51–55.
5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 320 от 23.05.2023 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации». Портал КонсультантПлюс
https://rpn.gov.ru/upload/iblock/ffb/detubv1p7qjtyofckuf2rcyfxvhyksak/Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-23.05.2023-N-320-Ob-utverzhdanii-Perechnya-obektov-rastitelnogo-mira_-zanesennykh-v-Krasnuyu-knigu-Rossiyskoy-Federatsii.pdf
6. Красная книга Республики Крым: Растения, водоросли и грибы / отв. ред. А. В. Ена, А. В. Фатерыга. Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
7. Позаченюк Е.А. Панкеева Т.В. Геоэкологическая экспертиза административных территорий. Большой Севастополь – Симферополь: Бизнес-Информ, 2008. – 296 с.
8. Ларина Т.Г. Природно-антропогенный комплекс заказника «Байдарский» – Симферополь: Н. Оріанда, 2008. – 56 с.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ВЫНОСА ГЛАВНЫХ ИОНОВ ДЕЛЬТОВЫМИ РУКАВАМИ р. КУБАНИ В АЗОВСКОЕ МОРЕ

© Решетняк О.С.¹, Комаров Р.С.^{1,2}

¹Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

²Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: На основе данных о концентрациях отдельных главных ионов и значениях водного стока выполнен расчет суммарного выноса главных ионов дельтовыми рукавами р. Кубани в Азовское море за период 1990–2020 гг. С помощью коэффициента ранговой корреляции Кендалла определялись статистически значимые тенденции изменчивости. С использованием метода разностно-интегральных кривых выделялись контрастные периоды стока химических веществ. В динамике выноса главных ионов были выявлены статистически значимые убывающие тенденции. Обнаружено, что после 2005/2006 гг. сток ионов по рукавам дельты р. Кубани стал распределяться более равномерно.

Ключевые слова: р. Кубань, дельтовые рукава, вынос главных ионов, тенденции, изменчивость.

Введение

Исследование стока главных ионов (ионного стока) имеет значение в связи с прямым и косвенным антропогенным воздействием на водные объекты. Хозяйственная деятельность может приводить к нарушению естественных «солевых циклов» и засолению пресных вод [18, 19]. Происходящие изменения окружающей среды оказывают влияние на процессы формирования химического состава и в дальнейшем могут повлиять на прибрежные акватории Азовского моря. Непосредственно вынос р. Кубанью главных ионов представляет особый интерес в связи с осолонением Азовского моря в современный период [3, 11, 12]. Помимо этого, «ионный сток является важнейшей геохимической характеристикой, описывающей эрозионные и аккумулятивные процессы на земной поверхности» [15, с. 221], а «оценка структуры и величины изменений ионного стока для отдельных речных бассейнов, имеющих различную степень интенсивности развития промышленности, сельского хозяйства, орошения, позволяет определить направленность формирования химического состава воды в условиях антропогенного воздействия» [16, с. 130].

Ранее вынос рекой Кубанью главных ионов в Азовское море преимущественно оценивался по данным пункта наблюдений р. Кубань – х. Тиховский. Недалеко от х. Тиховского река делится на рукав Кубань и рукав Протока. Главным рукавом является Кубань. В 16 км от устья он разделяется на рук. Петрушин, рук. Казачий Ерик и протоку Переволока [12]. На основе информации о стоке химических веществ в дельтовых рукавах р. Кубани могут быть получены сведения о временной динамике суммарного выноса главных ионов в Азовское море.

В связи с этим цель работы – рассмотреть многолетнюю изменчивость выноса главных ионов дельтовыми рукавами р. Кубани в Азовское море.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на основе многолетних гидрохимических и гидрологических данных государственной наблюдательной сети Росгидромета в части поверхностных вод суши. Исходная информация представляет собой ряды данных о расходах воды и концентрациях главных ионов в воде – гидрокарбонатов (HCO_3^-), хлоридов (Cl^-), сульфатов (SO_4^{2-}), ионов кальция (Ca^{2+}), ионов магния (Mg^{2+}), суммы ионов натрия и калия ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) за период с 1990 по 2020 год.

На основе данных о концентрациях главных ионов и водном стоке в пунктах наблюдений рук. Петрушин (г. Темрюк) и рук. Протока (х. Слободка) выполнен расчет выноса главных ионов в Азовское море за период 1990–2020 гг. Вычисления проводили прямым способом [17]:

$$G = \bar{C}_B W, \quad (1)$$

где G – количество перенесенного вещества за расчетный период, тыс. т/год;

$\bar{C}_B$ – средняя концентрация вещества в рассматриваемом створе реки, рассчитанная по данным взятого для расчета периода, мг/дм³; W – водный сток за заданный расчетный период, км³.

Статистически значимые тренды выноса главных ионов определялись с помощью коэффициента ранговой корреляции Кендалла и уровня доверительной вероятности, при котором эти коэффициенты могут считаться статистически значимыми (тенденция считалась значимой при $p < 0,05$). Для компонентов химического состава воды с выявленными статистически значимыми изменениями суммарного стока по двум дельтовым рукава в Азовское море, выделялись характерные (контрастные) временные периоды: фазы повышенных или пониженных значений ионного стока относительно среднемноголетних значений. Для выделения характерных периодов стока главных ионов использовался метод нормализованных разностно-интегральных кривых. Оценка различий в значениях ионного стока между выделенными периодами проводилась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни (различия считались значимыми при $p < 0,05$). Обработка данных осуществлялась в MS Excel 2010 и Statistica 13.0.

Результаты исследования и обсуждение

Статистически значимые тенденции изменений выноса ионов по двум дельтовым рукавам р. Кубани в Азовское море выявлены для стока ионов Ca^{2+} ($r = -0,63$), Mg^{2+} ($r = -0,31$), SO_4^{2-} ($r = -0,29$), Cl^- ($r = -0,70$) и в целом для ионного стока ($r = -0,35$). Именно для этих показателей на основе графоаналитического метода разностно-интегральных кривых выделены характерные периоды изменений величин ионного стока (табл. 1). Общий период разделился на два характерных периода повышенных или пониженных значений стока ионов относительно среднемноголетних значений. Значения стока ионов в выделенных периодах имеют статистически значимые отличия, установленные с помощью непараметрического U -критерия Манна-Уитни.

Таблица 1 – Изменчивость выноса главных ионов дельтовыми рукавами р. Кубани в Азовское море

Компонент	Периоды	Вынос химических веществ в Азовское море, тыс. т/год		
		Суммарный вынос в Азовское море	рук. Петрушин, г. Темрюк	рук. Протока, х. Слободка
Ca^{2+}	1990–2005	600±127*	267±66,0	333±65,0
	2006–2020	311±96,6	151±43,7	160±55,4
Mg^{2+}	1990–2005	204±40,8	87,3±22,5	117±20,4
	2006–2020	161±28,2	76,9±15,2	84,5±14,7
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	1990–2020	724±203	312±85,0	412±132
HCO_3^-	1990–2020	1448±361	687±173	761±202
SO_4^{2-}	1990–2006	1588±453	685±182	903±282
	2007–2020	1204±193	588±100	616±97,0
Cl^-	1990–2005	606±131	217±52,3	389±98,7
	2006–2020	338±58,3	142±20,4	196±47,7
Ионный сток	1990–2006	5307±1175	2271±532	3036±674
	2007–2020	3976±717	1923±376	2053±365

Примечание: *среднее значение ± стандартное отклонение.

Наибольшие значения стока Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- и в целом суммы главных ионов характерны для периода 1990–2005/2006 гг. При этом в течение данного временного

промежутка через рук. Протока в Азовское море выносилось на 25–79 % больше химических веществ, чем через рук. Петрушин.

Сравнение средних значений стока ионов за выделенные периоды позволило рассчитать относительные изменения средних значений стока химических веществ (рис. 1). При этом общий ионный сток в Азовское море сократился на 25 %, а его отдельных элементов на 21–48 %. При этом наиболее значительное снижение как ионного стока, так и отдельных его элементов характерно для рук. Протока.

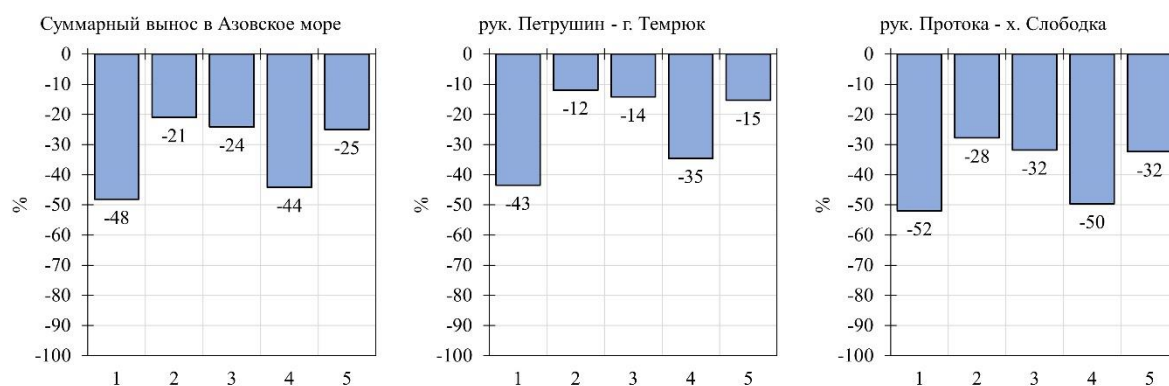


Рисунок 1 – Относительное изменение (% , между выделенными периодами) средних значений стока отдельных главных ионов и ионного стока дельтовыми рукавами р. Кубани в Азовское море

1 – Ca^{2+} , 2 – Mg^{2+} , 3 – SO_4^{2-} , 4 – Cl^- , 5 – ионный сток

После произошедшего уменьшения стока компонентов разница в выносе химических веществ через рук. Петрушин и рук. Протока составляла всего 5–10 % для Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} и ионного стока и 38 % – для Cl^- . Более равномерное распределение стока главных ионов по рукавам дельты р. Кубани может быть связано как с вводом в эксплуатацию Тиховского гидроузла, который искусственно распределяет сток воды по рукавам Кубань, Протока и каналу Петровско-Анастасиевской оросительной системы [13, 14], так и с изменениями в хозяйственной деятельности на этом участке.

Ретроспективный анализ ионного стока и его элементов может дать представление об их временной динамике и выявить возможные причины происходящих изменений. По данным О. А. Алекина [1] ионный сток р. Кубани в 1936–1941 гг. составлял 1948,3 тыс. т/год (HCO_3^- учитывались в форме CO_3^{2-}). В 1940–1950 гг. его величина составляла около 3800 тыс. т/год [5] или 3040 тыс. т/год (HCO_3^- учитывались в форме CO_3^{2-}) по данным [2] примерно за тот же период. По данным [10] ионный сток р. Кубани последовательно нарастал по пятилетним периодам от 3200 тыс. т/год в 1981–1985 гг. до 5150 тыс. т/год в 1991–2000 гг. При этом, как показано в исследованиях второй половины XX в., в стоке растворенных веществ р. Кубани происходило увеличение антропогенной составляющей стока главных ионов: по данным [9] в 1976–1980 гг. антропогенная компонента Mg^{2+} составляла 1,4 %, ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) – 23 %, SO_4^{2-} – 8,7 %; в работе [4] отмечалось увеличение антропогенной составляющей по сумме главных ионов от 1,0–4,8 % в период 1971–1980 гг. до 22,6–31,1 % в 1980–1990 гг. за счет роста Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, SO_4^{2-} и Cl^- ; позже в исследовании [10] было показано, что в 1981–1985 гг. антропогенная доля в ионном стоке составляла 20 %, а в 1986–2000 гг. – 28 %. При этом также происходило изменение в структуре ионного стока [8].

В целом устьевой участок р. Кубани испытывает значительное антропогенное воздействие. По сравнению с условным фоновым периодом (до 1980 г.) ионный состав воды в дельтовых рукавах (особенно в рук. Протока) существенно трансформировался вследствие хозяйственной деятельности. Однако «в многоводные 1987–2005 гг. и на фоне снижения масштабов хозяйственной деятельности в бассейне реки и дельте отмечено небольшое

уменьшение среднего содержания главных ионов» [14, с. 548]. Кроме того, в коллекторах оросительных систем со временем происходит постепенное снижение минерализации воды из-за постепенного вымывания солей, содержащихся в почвах и подстилающих породах [6, 7].

Таким образом, выявленные изменения в выносе главных ионов в Азовское море и их распределении по дельтовым рукавам р. Кубани связаны с хозяйственной деятельностью на этом участке.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволили оценить изменения выноса главных ионов дельтовыми рукавами р. Кубани в Азовское море за многолетний период.

В ходе исследования выявлены статистически значимые тенденции уменьшения стока Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- и в целом суммы главных ионов, а также определены контрастные периоды изменчивости стока компонентов.

Благодаря выделенным контрастным периодам удалось установить, что по сравнению с первым периодом повышенных значений сток главных ионов снизился на 21–48 %. При этом наиболее значительное снижение как ионного стока, так и отдельных его элементов (на 28–52 %) характерно для рук. Протока.

После произошедших изменений сток главных ионов по рукавам дельты р. Кубани стал распределяться более равномерно. Разница в выносе химических веществ через рук. Петрушин и рук. Протока составляла всего 5–10 % для Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} и ионного стока и 38 % – для Cl^- .

Изменения в выносе главных ионов в Азовское море и их распределении по дельтовым рукавам р. Кубани связаны, в первую очередь, с хозяйственной деятельностью на этом участке. Выявленные особенности изменчивости выноса главных ионов дельтовыми рукавами р. Кубани могут быть использованы при разработке рекомендаций по снижению негативного воздействия речного стока на экосистему дельты реки и прибрежные морские акватории Азовского моря.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00366, <https://rscf.ru/project/24-27-00366/>

Литература

1. Алекин О.А. Гидрохимия рек СССР. Реки Кавказа и Азиатской территории СССР // Труды ГГИ. 1949. Вып. 15(69). 144 с.
2. Алекин О.А., Бражникова Л. В. Сток растворенных веществ с территории СССР. Москва: Наука, 1964. 144 с.
3. Бердников С.В., Кулыгин В.В., Дашкевич Л.В. Причины стремительного роста солености воды Азовского моря в XXI веке // Морской гидрофизический журнал. 2023. Т. 39, № 6(234). С. 760–778.
4. Бортник В. Н., Друмева М. А. Оценка антропогенной составляющей солевого стока Дона и Кубани // Водные ресурсы. 1995. Т. 22. № 2. С. 155–158.
5. Еременко В.Я., Зенин А.А., Коновалов Г.С. Сток растворенных веществ р. Кубани и ее гидрохимический режим // Гидрохимические материалы. 1953. Т. 21. С. 30–53.
6. Кобилева Э.А., Тарасов М. Н. Гидрохимический режим коллекторных вод Петровско-Анастасиевской оросительной системы // Гидрохимические материалы. 1973. Т. 59. С. 62–68.
7. Кобилева Э.А., Тарасов М.Н. Элементы солевого баланса Петровско-Анастасиевской рисовой оросительной системы // Гидрохимические материалы. 1974. Т. 60. С. 74–81.
8. Коняев С.В., Белоногов В.А., Торсуев Н.П. Колебания ионного стока р. Кубань вследствие антропогенного воздействия // Известия Русского географического общества. 2002. Т. 134. Вып. 5. С. 48–53.
9. Коренева В.И., Коновалов Г.С., Корнев А.П., Гаранжа А.П. Выделение антропогенной составляющей речного стока минеральных компонентов // Гидрохимические материалы. 1989. Т. 106. С. 178–185.

10. Коротова Л.Г., Смирнов М.П., Клименко О.А., Жемчужнова Н.В., Дубовикова Г.Ф. Вынос реками минеральных, биогенных и загрязняющих веществ в Азовский бассейн // Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Т. IV / Отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2002. С. 29–38.
11. Куропаткин А.П., Жукова С.В., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И. Изменение солёности Азовского моря // Вопросы рыболовства. 2013. Т. 14, № 4(56). С. 666–673.
12. Куропаткин А.П., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г., Жукова С.В., Подмарева Т.И., Фоменко И.Ф., Лутынская Л.А. Современные и перспективные изменения солёности Азовского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 11. С. 7–16.
13. Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю. Река Кубань: гидрография и режим стока. Санкт-Петербург: Гидрометеониздат, 2005. 498 с.
14. Магрицкий Д.В., Иванов А.А. Водный баланс дельты р. Кубань и его многолетние изменения // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2008. № 5. С. 59–67.
15. Михайлов В.Н., Магрицкий Д.В., Иванов А.А. Гидрология дельты и устьёвого взморья Кубани. Москва: ГЕОС, 2010. 728 с.
16. Никаноров А.М. Гидрохимия: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Гидрология». 3-е изд., доп. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. 462 с.
17. Парфенова Г. К. Антропогенные изменения гидрохимических показателей качества вод: монография. Томск: Аграф-Пресс, 2010. 203 с.
18. РД 52.24.748–2010 Усовершенствованная методика определения выноса (переноса) загрязняющих веществ с речным стоком. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2010. 73 с.
19. Kaushal S.S., Likens G.E., Mayer P.M., Shatkay R.R., Shelton S.A., Grant S.B., Utz R.M., Yaculak A.M., Maas C.M., Reimer J.E., Bhide S.V., Malin J.T., Rippey M.A. The anthropogenic salt cycle // Nature Reviews Earth & Environment. 2023. Vol. 4. pp. 770–784. DOI: 10.1038/s43017-023-00485-y.
20. Wu J., Xu N., Wang, Y., Zhang W., Borthwick Alistair G.L., Ni J. Global syndromes induced by changes in solutes of the world's large rivers // Nature Communications. 2021. Vol. 12. 5940. DOI: 10.1038/s41467-021-26231-w.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ЧР НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

© Салгириев Р.Р., Салгириев И.Р., Хамзаев А.С.-С.

ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный

Аннотация: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FZNU-2024-0008 Управление устойчивым развитием энергетической отрасли Северо-Кавказского федерального округа в условиях санкций). В статье представлен обзор современного состояния развития энергетики Чеченской Республики, на основе возобновляемых источников энергии, потенциал производства и развития геотермальной, солнечной и гидроэнергетики. Приведены потенциальные значения производства геотермальной энергии по разведанным месторождениям Чеченской Республике.

Ключевые слова: энергетика, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветряная энергетика, гидроэнергетика, Северо-Кавказский федеральный округ, Чеченская Республика

Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО) играет ключевую роль в развитии возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России. Этот регион, обладая уникальными природными ресурсами, активно внедряет инновационные технологии и проекты, направленные на увеличение доли ВИЭ в энергетическом балансе страны. В частности, установленная мощность объектов ВИЭ в СКФО составляет 20% от всей установленной мощности возобновляемой энергетики, созданной в рамках программы ДПМ ВИЭ. Это подчеркивает важность округа как одного из лидеров в области возобновляемой энергетики.

Наиболее развитыми направлениями ВИЭ в СКФО являются гидроэнергетика, солнечная и ветровая энергетика. Ветроэлектростанции (ВЭС) в регионе имеют общую мощность 510 МВт. К числу наиболее мощных станций относятся Кочубеевская ВЭС, которая обладает мощностью 210 МВт, и Бондаревская ВЭС с мощностью 120 МВт. Эти станции не только способствуют увеличению доли чистой энергии, но и создают новые рабочие места, что в свою очередь положительно сказывается на экономике региона.

Солнечная энергетика также активно развивается в СКФО. Наурская солнечная электростанция (СЭС) мощностью 5 МВт и Южно-Сухокумская СЭС с мощностью 15 МВт являются яркими примерами успешной реализации солнечных проектов. Солнечная энергия, как один из самых доступных и чистых источников, имеет огромный потенциал в данном регионе, особенно учитывая его климатические условия.

Гидроэнергетика остается важным компонентом энергетического комплекса Северного Кавказа. В регионе функционируют несколько малых гидроэлектростанций (МГЭС), таких как Усть-Джегутинская МГЭС с мощностью 5,6 МВт, Верхнебалкарская МГЭС мощностью 10 МВт и Красногорские МГЭС с мощностью 49,8 МВт. Эти станции были построены в рамках программы поддержки возобновляемой энергетики и играют важную роль в обеспечении устойчивого энергетического будущего региона.

В настоящее время также идет строительство новых гидроэлектростанций, таких как Верхнебаксанская МГЭС мощностью 23,2 МВт, Нихалойская МГЭС на 23 МВт и Могохская ГЭС с мощностью 49,8 МВт. Эти проекты выбраны в ходе конкурса в рамках программы ДПМ ВИЭ, и их ввод в эксплуатацию запланирован на 2027-2028 г. Ожидается, что новые станции значительно увеличат общую мощность гидроэнергетики в регионе и сделают его еще более привлекательным для инвестиций.

Инвестиции в электросетевой комплекс также играют важную роль в развитии энергетического сектора СКФО. В 2023 г. объем финансирования инвестиционных программ

«Россети Северный Кавказ» и «Чеченэнерго» составит около 15 миллиардов рублей. Эти средства будут направлены на модернизацию и расширение электросетевой инфраструктуры, что позволит обеспечить надежное и бесперебойное электроснабжение для населения и предприятий региона.

Кроме того, необходимо отметить, что в рамках стратегического развития энергетики СКФО акцент делается на интеграцию ВИЭ в существующую энергетическую систему. Это требует не только технических решений, но и создания новых моделей управления, которые учитывают особенности возобновляемых источников энергии, такие как их переменная генерация.

Также стоит упомянуть о важности образовательных и научных инициатив, направленных на подготовку специалистов в области возобновляемой энергетики. В СКФО активно развиваются образовательные программы и курсы, которые помогают молодежи получить необходимые знания и навыки для работы в этой перспективной сфере.

В результате анализа энергетического комплекса Северо-Кавказского федерального округа можно сделать вывод, что регионы обладают значительными возможностями для активного развития возобновляемых источников энергии. Это открывает перспективы для увеличения экспортного потенциала ВИЭ и расширения как регионального, так и международного сотрудничества в этой сфере.

Использование возобновляемых источников энергии в устойчивом экономическом развитии Чеченской республики является одним из приоритетных задач, которая стоит перед регионом в условиях глобальных изменений климата и вызванных этим потребностях экологически чистых источников энергии. Чеченская республика имеет большой потенциал для развития экологической энергетики с использованием возобновляемых природных ресурсов, таких как солнечная, ветряная и гидроэнергия.

Чеченская Республика имеет уникальные возможности для. В силу своей географической расположенности в определенных климатических условиях, которые очень важны при использовании возобновляемых источников энергии, Чеченская Республика может проделать серьезные шаги для снижения зависимости от ископаемого топлива и перехода на экологически безопасной электроэнергии. Развитие энергетического комплекса посредством использования альтернативных источников энергии отвечает современным вызовам и в добавок создает новые рабочие места и улучшает условия жизни населения.

Данная статья направлена на определения резервов создания энергетической безопасности, и оценка резервов электрогенерирующих мощностей региона на основе возобновляемых источников энергии.

Северокавказский регионы, и в том числе Чеченская Республика, относятся к очень жарким солнечным регионам России. На территории Чеченской Республики более 300 солнечных дней в году, иногда температура воздуха достигает до экстремальной. Что является благоприятной площадкой для развития солнечной энергетики. В чеченской Республике делаются первые шаги для внедрения солнечных электростанций. Так, например, В июне 2021 г. проводилось торжественная церемония открытия первой солнечной электростанции «Наурская». Соглашения на развитие проекта было подписано в 2019 г. и спустя 2 года компанией «Хавел Региональная Генерация» проводившая работы, проект был сдан. Мощность станции «Наурская» составляет 5 МВт электроэнергии. Также был введен в строй и Ачхоевская СЭС, начаты работы над Курчалоевской СЭС.

В настоящее время вводятся работы по введению в эксплуатацию малой гидроэлектростанции на горной реке Аргун. Компания «РусГидро» проинвестировала в данный проект двух млрд рублей. Это первый проект в области гидроэнергетики в Чечне, аналогичные проекты ранее не реализовывались. Гидростанция была построена в Итум-Калинском районе в селе Гучум-Кале. Установленная мощность -10МВт с выработкой до 45 млн. кВт/ч [4]. Также

Чеченская Республика обладает и многими другими реками. Их численность доходит до 3 тыс. Самыми известными среди них являются Сунжа – 278 км, Терек – 623 км и Аргун – 148 км. На которых можно построить объект гидроэнергетики.

Чеченская Республика ранее не развивала биоэнергетику, но смотря на опыт других стран, становится понятным, что больших умений для этого не требуется. Технология производства электроэнергии с помощью биогазовых установок всем известен. Но целесообразно развивать ее в крупных населенных городах, где населения достигает отметки 100 тыс. человек. Такими городами в Чеченские Республики являются только город Грозный с населением 333 тыс. человек.

Чеченская Республика не обделена и геотермальными ресурсами. По разведанным запасам геотермальных ресурсов Чеченская Республика занимает третье место в стране, уступая только Камчатскому краю и Республике Дагестан. В республике уже начаты работы по изучению и внедрению технологий геотермальной энергетики, что может значительно повысить её энергетическую независимость [5]. В Чеченской Республике сосредоточено 14 месторождений с производительностью 64,68 тыс. м³/сутки. В настоящее время всего только двум региону месторождениям имеются утвержденные в ГКЗ запасы в объеме 16,25 тыс. м³/сутки (Ханкальское – 15,1 тыс. м³/сутки и Гойтинское – 1,150 тыс. м³/сутки), что составляет 25,1% от разведанных запасов.

Располагающиеся термальные источники в Чеченские Республики имеют возможность для воссоздания не только геотермального, но и всего энергетического комплекса региона.

Развитие энергетической отрасли на основе возобновляемых источников энергии позволяет внедрить распределённую генерацию в Чеченской Республике, что может сформировать множество положительных эффектов, которые значительно повлияют на развитие как энергетической системы, так и самой территории.

Во-первых, одним из наиболее заметных результатов станет уменьшение потерь и «перетоков» электроэнергии, которые негативно сказываются на функционировании энергосистемы в дневное время. Это связано с тем, что распределённая генерация, расположенная ближе к потребителям, позволяет сократить расстояние, на которое энергия должна быть передана, что в свою очередь снижает потери при передаче.

Во-вторых, снизится нагрузка на трансформаторные установки на подстанциях. Это будет способствовать более равномерному распределению нагрузки, что, в свою очередь, уменьшит риск перегрева и выхода оборудования из строя. Это также может привести к необходимости меньших инвестиций в модернизацию существующих подстанций.

Третьим важным эффектом станет снижение вероятности аварий на оборудовании и полного отказа энергосистемы региона. Распределённая генерация повышает устойчивость системы, так как в случае отказа одного из источников энергии другие могут продолжать функционировать, что обеспечивает стабильность электроснабжения.

Четвёртым пунктом является повышение надёжности всей энергосистемы в целом. Это особенно актуально для регионов, где погодные условия могут существенно влиять на работу традиционных электростанций. Диверсификация источников энергии, включая солнечные и ветровые установки, сделает систему менее подверженной внешним воздействиям.

Пятый эффект заключается в продлении жизненного цикла основного генерирующего оборудования и сетевой инфраструктуры. За счёт снижения нагрузки и более равномерного распределения электроэнергии, оборудование будет подвергаться меньшему износу, что сократит затраты на его обслуживание и замену.

Шестым значимым аспектом является сокращение выбросов парниковых газов благодаря использованию экологически чистых источников энергии. Это не только позитивно скажется на здоровье населения, но и поможет в борьбе с изменением климата, что является актуальной задачей для всего мира.

Седьмым эффектом станет увеличение туристической привлекательности региона. Экологически чистые технологии и устойчивое развитие становятся всё более важными для туристов, и регионы, которые акцентируют внимание на зелёной энергетике, могут привлечь больше посетителей.

Наконец, минимизация антропогенного воздействия на экосистему за счёт применения экологически безопасных источников энергии поможет сохранить природные ресурсы и биоразнообразие региона. Это, в свою очередь, создаст условия для устойчивого развития местных сообществ и сохранения уникальной природы Чеченской Республики. Таким образом, внедрение распределённой генерации в Чеченской Республике не только улучшит энергетическую инфраструктуру, но и станет важным шагом к экологически устойчивому развитию, что принесёт пользу как местным жителям, так и природным экосистемам.

Литература

1. Потенциал геотермальной энергетики в мире. Режим доступа: <http://www.cleandex.ru/articles/2016/03/14/geothermalenergy-global>.
2. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии в регионах Российской Федерации: проблемы и перспективы // Энергосвет. 2011. №5. С. 22-27.
3. Дядькин Ю.Д. и др. Технико-экономическая оценка строительства системы геотермального теплоснабжения объектов г. Грозного в условиях Ханкальского месторождения / Отчет о НИР /ЛГУ им. Г.В. Плеханова; Ленинград, 1983.
4. Ассоциация развития возобновляемой энергетики, //рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития. Режим доступа: <https://rreda.ru/information-bulletin-2020>.
5. Программа «Комплексное использование теплоэнергетических вод Чеченской Республики на 2017-2018 годы». Грозный, 2016.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКИ СУЛЁМ

© Скупкин Д.А., Федюнин В.А.

*Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»*

Аннотация: Проведены исследования р. Сулём в ее среднем течении, определены основные гидрологические характеристики реки. Показано, что река является важным компонентом гидрологического режима реки Чусовая.

Ключевые слова: горные реки, гидрология, водный режим, Сулём.

Водные объекты, и, особенно, реки являются важным объектом изучения в гидрографии и гидрологии. Гидрологические исследования играют очень важную роль в изучении закономерностей функционирования водных объектов. В настоящее время оценка водного баланса водных объектов представляется очень важной в свете нескольких направлений.

Во-первых, развитие теории гидрологических процессов и формирования гидрологического режима водных объектов разного типа.

Во-вторых, это разработка новых методов расчета и прогноза гидрологических процессов.

В-третьих, создание и совершенствование методов водохозяйственных расчетов, оценки воздействия антропогенных факторов на гидрологический режим водных объектов.

В-четвертых, научное обоснование мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов.

Так как реки широко используются в народном хозяйстве водопользователями и водопотребителями, то при их гидрологическом исследовании можно выявить определенные характеристики, ограничивающие их использование, например, речной сток, глубина, скорость течения и др.

В связи с вышеизложенным нами было проведено гидрологическое исследование реки Сулём в ее среднем течении в рамках полевой практики студентов, обучающихся по профилю «География».

Исследования были проведены в июле 2010 г., но данные до сих пор не опубликованы. Результаты исследования могут быть использованы для сравнения в аналогичных исследованиях рек других регионов Российской Федерации.

Река Сулём является правым притоком реки Чусовая, исток находится в районе водораздельного хребта Среднего Урала в районе горы Сухарная на территории Висимского государственного природного биосферного заповедника.

Гидрография реки Сулём следующая: Чусовая → Камское водохранилище → Кама → Волга → Каспийское море, длина самой реки 87 км, площадь водосборного бассейна 609 км², исток – юго-западный склон горы Сухарная, устье – р. Чусовая, правый берег в 248 км от её устья – в черте посёлка Сулём.

Река спокойная, с отдельными перекатами. Имеет более 50 притоков, половина из которых располагается в пределах Висимского заповедника. Сулём имеет хорошо зарегулированный сток. В весеннее половодье вода поднимается в верховьях на 1 м, в низовьях на 3–4 м. Ледостав в низовьях Сулёма – в конце октября; богатые родниками верховья под толстым слоем снега местами не замерзают совсем.

Согласно исследованиям О.В. Янцер и Н.В. Скок, наиболее разнообразны по сочетанию фаций поймы и террасы реки Сулём. Они включают сочетание шести групп фаций:

— площадки надпойменных террас на бурых горно-лесных, оподзоленных, среднемощных, среднещебенистых почвах с устойчиво влажными типами леса (ельником хвощево-мелкотравным, хвощево-вейниково-мелкотравным);

— крутые участки коренных склонов и уступов террас на бурых горнолесных, неполноразвитых, оподзоленных, среднемощных, слабощебенистых почвах со свежими, периодически сухими (суховатыми) типами леса с сосняком-ельником зеленомошно-брусничниковым и зеленомошно мелкотравно-брусничниковым;

— плоские или слабовогнутые заболоченные участки террас со смешанным атмосферно-грунтовым питанием на аллювиально-болотных, торфянистых, мощных, слабощебенистых почвах с устойчиво сырыми типами леса (ельником долгомошно-мелкотравно-хвощевым, долгомошно-мелкотравно-осоковым, долгомошно-хвощево-осоковым);

— слабовогнутые и плоские участки пойм, западины и зарастающие участки старичных озер с аллювиально-болотными, торфянисто-глеевыми, мощными, слабощебенистыми почвами с осоково-высокотравной растительностью.

Здесь также представлены старичные озера с водной растительностью и поймы с высоким стоянием почвенно-грунтовых вод и проточным увлажнением, с аллювиально-дерновыми, мощными, слабощебенистыми почвами с сырыми типами леса ельником высокотравным (приручевым), ольшаником высокотравным (урёмой) и высокотравной растительностью. Руслу самих рек состоят из двух групп фаций: незаросшие участки русел рек с песчано-глинистым аллювием и мелководные прибрежные участки, перекаты и островки в русле с песчано-галечниковым аллювием и водной растительностью [2].

Гидрологическое исследование проводилось в среднем течении реки Сулём на 14 водомерных створах от притока Бушаш до участка, расположенного ниже по течению на 5,5 км притока Семиостровка.

В ходе гидрологического исследования нами определялись следующие показатели: площадь живого сечения реки, скорость течения реки, максимальная глубина, ширина реки, расход воды в реке.

Оценка данных показателей проводилась согласно методическим рекомендациям, приведенным в практикуме под редакцией А.В. Чернова [1].

В ходе проведенного исследования нами были получены следующие результаты (табл. 1):

Таблица 1 – Гидрологические показатели реки Сулём (среднее течение)

№ створа	Ширина реки, м	Максимальная глубина, см	Площадь живого сечения, м ²	Скорость течения, м/с	Расход воды в реке, м ³ /с
1	12	57	4,375	0,16	0,7
2	16	50	4,64	0,33	1,53
3	24	26	4,6	0,38	1,7
4	28	30	3,5	0,33	1,15
5	15	55	4,75	0,7	3,325
6	16	60	4,0	0,25	1,0
7	21	30	3,38	0,4	1,35
8	28	16	5,98	0,4	2,4
9	17	42	5,98	0,38	2,27
10	27	34	4,06	0,6	2,4
11	17	41	3,2	0,7	2,24
12	17	50	2,7	0,25	0,67
13	28	27	6,47	0,6	3,8
14	24	53	3,42	0,56	1,9
среднее	20,8	40,79	4,36	0,43	1,89

Полученные данные позволяют констатировать, что данная река относится к малым рекам, но играет очень важную роль в обеспечении водой Чусовой.

В ходе гидрологического исследования реки Сулём получены следующие выводы:

1. Средний расход воды в реке в июле месяце 2010 г. составил около 2 м³/с. Данный показатель позволяет ограничить уровень природопользования реки Чусовая в среднем и нижнем течении;
2. Глубина не превышает 60 см, что говорит о том, что реку в летнее время нельзя использовать как судоходную, даже на маломерных плавсредствах;
3. Скорость течения в летний период очень сильно снижается по сравнению с периодом половодья

Таким образом, проведенное нами исследование позволило оценить гидрологические характеристики реки Сулём в определенный временной промежуток, что может послужить толчком для дальнейших исследований с целью оценки изменения гидрологического режима данной территории.

Литература

1. Полевые практики на географических факультетах педагогических университетов / А.А. Ажигиров, Е.Ю. Зейнолова, В.А. Кошевой, Т.М. Савцова, Т.Л. Смоктунович, А.Н. Спрялин, А.В. Чернов // Под ред. А.В. Чернова. М.: МПГУ, 1999.
2. Янцер О.В., Скок О.В. Ландшафтная структура территории Висимского заповедника // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015, Том 1. № 3(3). С. 41-48.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

© Табунщик В.А.^{1,2}, Никифорова А.А.¹, Линева Н.П.¹, Дрыгваль П.В.¹, Горбунов Р.В.^{1,2},
Горбунова Т.Ю.^{1,2}, Фам К.Н.¹, Керимов И.А.², Братанов Н.С.¹, Киселева М.В.¹

¹ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей
имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь

²ГГНТУ имени академика М. Д. Миллионщикова, Грозный

Аннотация: В статье представлен анализ пространственно-временной изменчивости поля содержания диоксида серы в юго-западной части водосборного бассейна Каспийского моря по данным анализа космических снимков Sentinel-5 с использованием платформы Google Earth Engine (GEE) и программного комплекса ArcGIS.

Ключевые слова: Прикаспий, загрязнение воздуха, диоксид азота, Sentinel-5P, Google Earth Engine (GEE), пространственно-временной анализ, устойчивое развитие.

Загрязнение воздуха диоксидом серы, обычно выделяющегося при сжигании ископаемого топлива, оказывает серьезное влияние как на окружающую среду, вызывая кислотные дожди, парниковый эффект, так и на здоровье человека, например выявлена связь с заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой системы – астма, эмфизема и др. [1].

С помощью геоинформационных технологий можно более точно и объективно определить площадь и уровень загрязнения воздуха [2]. Геоинформационные методы позволяют определять местонахождение источников загрязняющих веществ и отслеживать пространственно-временную изменчивость регионов загрязнения с целью сохранения качества воздуха. В последние годы для этих целей активно используются спутниковые снимки Sentinel-5, облачная вычислительная платформа Google Earth Engine (GEE) и программный комплекс ArcGIS.

В качестве района исследования выступает прикаспийский регион в границах, представленных на рисунке 1.

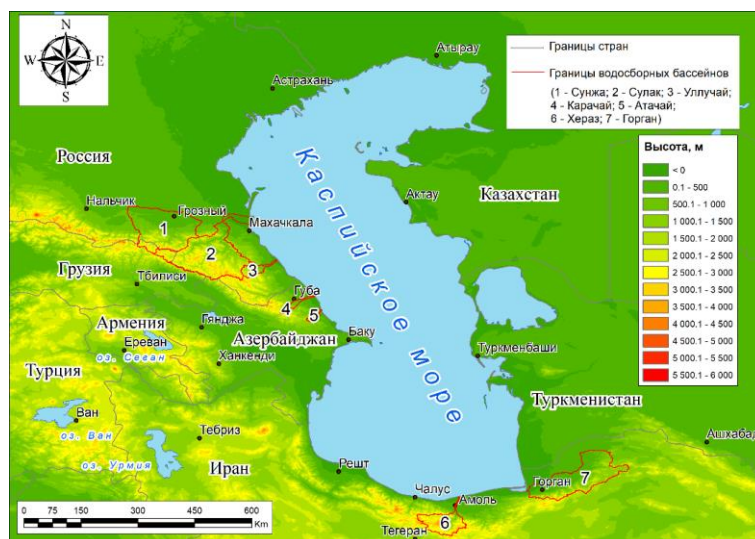


Рисунок 1 – Географическое положение района исследования [3]

В качестве ключевых участков исследования выбраны бассейны рек Сунжа, Сулак, Уллучай, Карачай, Атачай, Хераз и Горган.

Методика исследования подробно описана в работах [4, 5] и основана на использовании данных спутника Sentinel-5. Получение данных о содержании диоксида азота стало возможным

благодаря использованию платформы облачных вычислений Google Earth Engine (GEE). Для визуализации данных и построения географических карт использовался программный комплекс ArcGIS 10.8.

С использованием данных Sentinel-5P и облачной платформы GEE была получена динамика полей концентрации по семи загрязняющим веществам для территории бассейнов семи рек Каспийского бассейна: Сунжа, Сулак, Уллучай, Карачай, Атачай, Хераз, Грган. Пространственно-временное распределение полей содержания диоксида серы в прикаспийском регионе показана на рисунке 2.

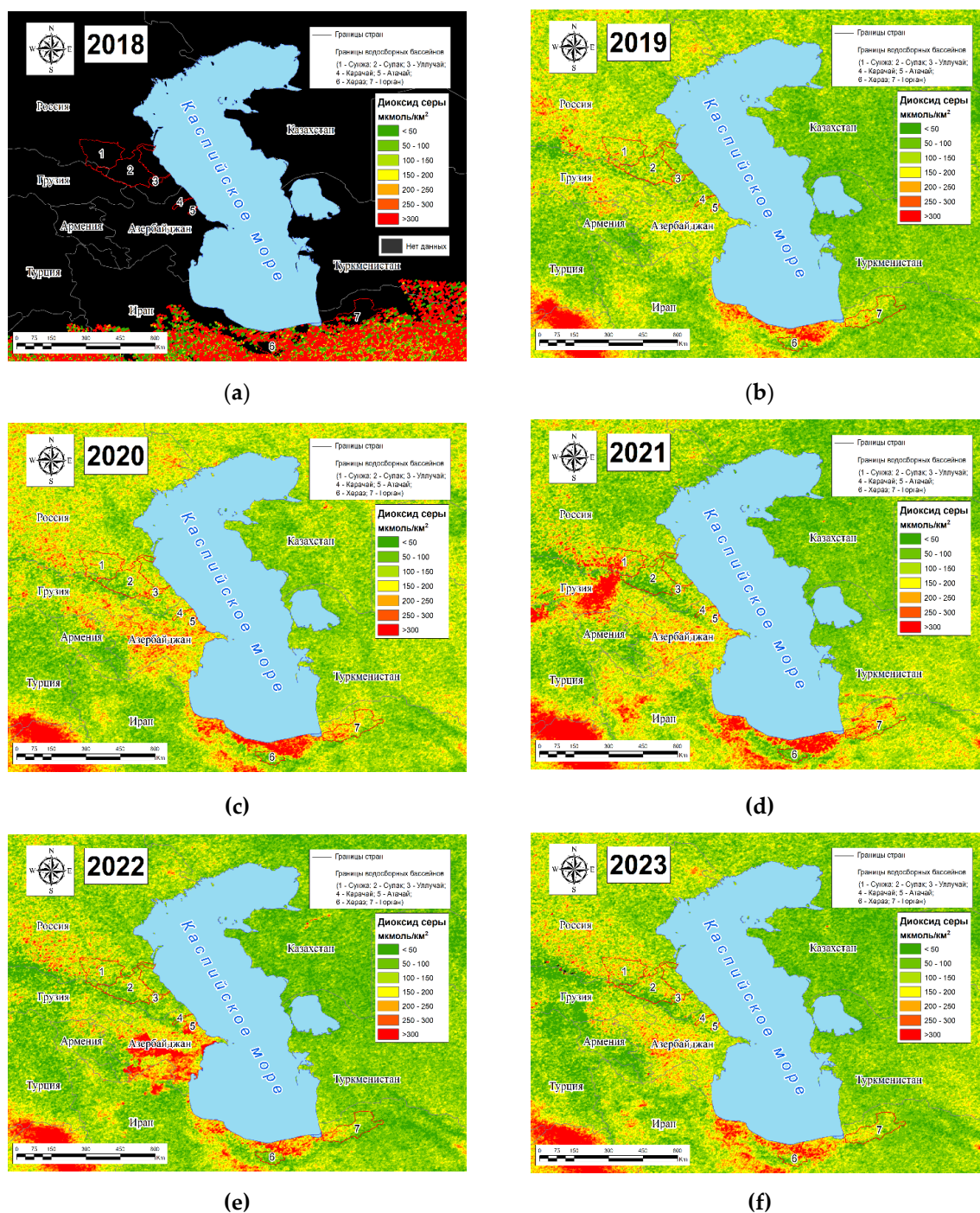


Рисунок 2 – Распределение содержания диоксида серы (SO₂) (a) 2018; (b) 2019; (c) 2020; (d) 2021; (e) 2022; (f) 2023

Как видно из рисунка 2, данные о содержании диоксида серы в 2018 г. содержат не полный объем данных и не могут использоваться в исследовании. Наибольшие концентрации

диоксида серы характерны для южного (иранского) побережья Каспийского моря, а наименьшие – для восточного побережья, в пределах Казахстана и Туркменистана. На исследуемой территории значения концентрации диоксида серы сильно колеблются и для всех бассейнов нет одинаковой выраженной тенденции (рис. 3).

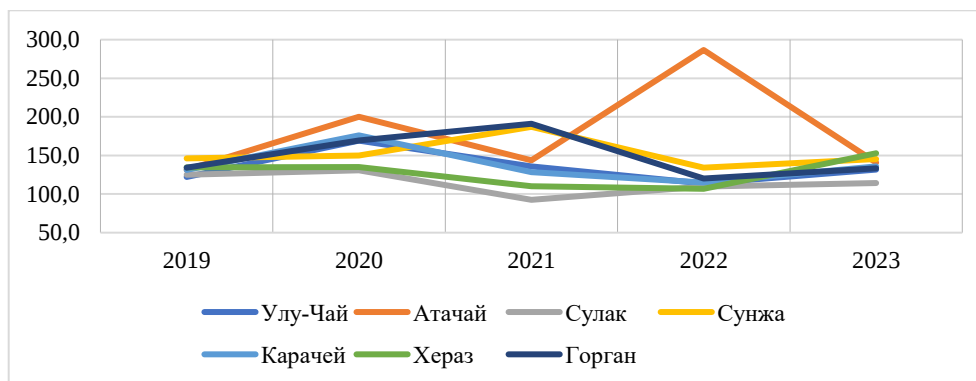


Рисунок 3 – Средние значения концентрации диоксида серы (SO₂) с 2018 по 2023 г. в бассейнах малых и средних рек Каспийского моря.

Наименьшие концентрации характерны для р. Сунжа. Наибольшие значения, в 2022 г. более чем в 2 раза по сравнению с другими реками, характерны для р. Атачай (286,6 мкмоль/м³). Для остальных рек в различные годы пики концентраций распределены следующим образом: р. Карачай (176,0 мкмоль/м³) и Уллучай (169,2 мкмоль/м³) – в 2019 г., р. Сунжа (187,1 мкмоль/м³) и р. Горган (191,1 мкмоль/м³) – в 2021 г. Наименьшие концентрации же наблюдаются в бассейне р. Сунжа в 2022 и 2020 г., р. Горган, Карачай и Уллучай в 2022, р. Сулак в 2021 г., р. Атачай в 2019 г.

Спутниковые данные Sentinel-5P играют ключевую роль в мониторинге качества воздуха и анализе изменений в распределении загрязняющих веществ во времени и пространстве. Они служат важным источником информации для разработки эффективных экологических решений и стратегий устойчивого развития. Благодаря глобальному охвату, Sentinel-5P становится незаменимым инструментом для охраны окружающей среды и повышения качества жизни.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта Российской Федерации в лице Минобрнауки России: грант в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (Соглашение № 075-15-2024-644).

Литература

1. Gawande P., Kaware J. Health and environmental effects of sulphur oxides—a review // International Journal of Science and Research. 2015. Vol. 6(6). pp. 1262-1265.
2. Myoung-Young Pior, Omar Osman Air pollution assessment applying GIS integrated system // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. 1997. Vol. 2, No. 6.
3. Табунщик В. А., Никифорова А. А., Линева Н. П., Дрыгваль П. В., Горбунов Р. В., Горбунова Т. Ю., Фам К. Н., Керимов И. А., Братанов Н. С., Киселева М. В. Пространственно-временная изменчивость поля содержания диоксида азота в юго-западной части водосборного бассейна Каспийского моря // Геоэкологическая оценка бассейнов горных рек: теоретико-методологические и методические аспекты, региональные исследования: материалы докладов I Международной научной конференции, 25 октября 2024 г., Севастополь, Россия. Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2024. С. 74-77.
4. Tabunschik V., Gorbunov R., Gorbunova T. Unveiling Air Pollution in Crimean Mountain Rivers: Analysis of Sentinel-5 Satellite Images Using Google Earth Engine (GEE) // Remote Sensing. 2023. Vol. 15, iss. 13. Art. no. 3364 (25 p.). <https://doi.org/10.3390/rs15133364>
5. Tabunschik V., Gorbunov R., Bratanov N., Gorbunova T., Mirzoeva N., Voytsekhovskaya V. Fatale River Basin (Republic of Guinea, Africa): Analysis of Current State, Air Pollution, and Anthropogenic Impact Using Geoinformatics Methods and Remote Sensing Data // Sustainability. 2023. Vol. 15, iss. 22. Art. no. 15798 (29 p.). <https://doi.org/10.3390/su152215798>.

КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ «РЕКА-МОРЕ» НА ПРИМЕРЕ Р. ЧЕРНОЙ–Б. СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

© Тихонова Е.А., Соловьёва О.В., Миронов О.А.

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь*

Аннотация: Определены концентрации углеводородов в донных отложениях в районе маргинального фильтра р. Черная в б. Севастопольская. Донные осадки исследованных акваторий по нефтяному загрязнению находились в диапазоне от фоновых до умеренно-опасных значений. При этом большинство проб соответствовало «умеренному» уровню загрязнения. В акватории Севастопольской бухты, прилегающей к месту впадения реки, наблюдается хроническое нефтяное загрязнение. Устьевая часть реки Чёрной является относительно благополучной по нефтяному загрязнению.

Ключевые слова: углеводороды, н-алканы, донные отложения, зона смешения, р. Черная, б. Севастопольская

Маргинальный фильтр представляет собой барьерную зону, задерживающую главную часть осадочного терригенного материала на пути с континента в океан и при этом разграничивающую пресноводную (речной сток) и морскую (океан) часть гидросферы не только географически, но и по силе протекающих в них процессов. Маргинальные фильтры рек являются зонами преобразования терригенной взвеси, выносимой реками, в морское взвешенное и осадочное вещество. Это зона смешения речных и морских вод с солёностью от 0 до примерно 20 ‰, в которой происходят качественные и количественные изменения растворённых и взвешенных веществ, поступающих с континента. Важным элементом маргинального фильтра служит геохимический барьер река – море с градиентами скоростей течения, солёности, температуры вод, где в результате разнообразных гидрологических, физико-химических и биологических процессов из воды удаляется свыше 90% взвешенного материала речного стока [3].

Дренажные и поверхностные воды выносят из почв различные химические соединения, поступающие в водотоки, оседающие в донных отложениях (ДО), при этом часть соединений может аккумулироваться, а часть вымываться из них, вторично загрязняя поверхностные воды. Одним из наиболее информативных объектов исследований в этой цепочке могут являться донные отложения, которые вследствие способности к аккумуляции различных поллютантов с территории водосбора в течение длительного промежутка времени могут служить индикатором экологического состояния пойменно-русловых комплексов и интегральным показателем степени загрязнения поверхностных водотоков [8, 10].

В настоящее время приоритетным видом загрязнения гидросферы являются нефть и нефтепродукты [4]. Исследование содержания нефтяных углеводородов, в частности в зоне смешения р. Черной – б. Севастопольской, только в поверхностных водах не всегда даёт возможность полноценно охарактеризовать загрязнение пойменно-руслового комплекса [9]. Речные наносы, обладая высокой сорбционной способностью (особенно мелкие фракции), в процессе своего перемещения и отложения в русле реки, накапливают весь комплекс химических соединений, присутствующих в воде [1].

Река Чёрная, как одна из самых многоводных рек юго-западной части Крыма, является основным источником питьевого водоснабжения Севастопольского региона. Впадая непосредственно в Севастопольскую бухту, река даже в условиях зарегулированного стока оказывает значительное влияние на общее экологическое состояние главной морской акватории

города, составляя один из его градообразующих элементов. Вклад речного водотока в общий сток в акваторию бухты составляет порядка 70% [6, 7].

Целью настоящей работы было определение концентраций углеводородов в донных отложениях в районе маргинального фильтра р. Черная в б. Севастопольская и оценка степени загрязненности донных отложений нефтяными углеводородами.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили пробы донных отложений, отобранные ежемесячно в период с мая 2019 г. по февраль 2020 г. ручным дночерпателем (рис. 1). Пробы донных отложений высушивали до воздушно-сухого состояния, перетирали в инертной ступке пестиком и просеивали ситом с диаметром ячеек 0.25 мм. Определение концентраций углеводородов (УВ), алифатических углеводородов (АУВ) и н-алканов в донных отложениях проводили методом газовой хроматографии на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» с пламенно-ионизационным детектором на базе НОЦКП «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ. Для проверки достоверности гипотезы о временной и пространственной изменчивости концентрации УВ использовали двухфакторный дисперсионный анализ ANOVA (factorial main effect ANOVA). Попарное сравнение данных об УВ в различные периоды производили по критерию достоверно значимой разности Тьюки (Tukey's HSD test). Различия считали статистически достоверными при уровне значимости 0.05.

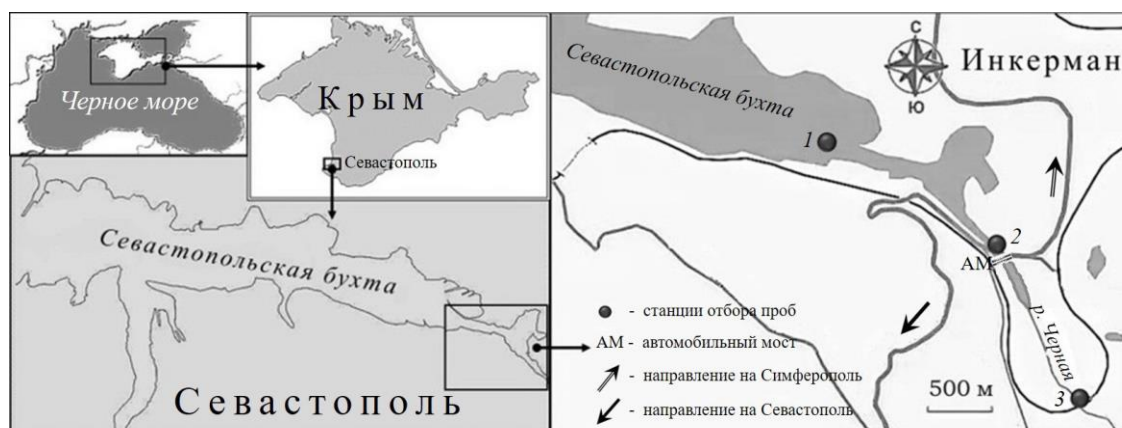


Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб донных отложений в зоне смешения «река-море»

Результаты и обсуждение

Содержание УВ в ДО в районе исследования (рис. 2А) колебалось в пределах от 72 до 1739 мкг/г. На ст. 1, расположенной в акватории бухты этот показатель варьировал от 221 до 1739 мкг/г, составляя в среднем за период исследования 762 ± 135 мкг/г. На ст. 2, в районе автомобильного моста, содержание УВ было в пределах от 208 до 943 мкг/г, со средним значением 419 ± 63 мкг/г. В речной части полигона содержание исследуемых веществ колебалось от 72 до 1624 мкг/г.

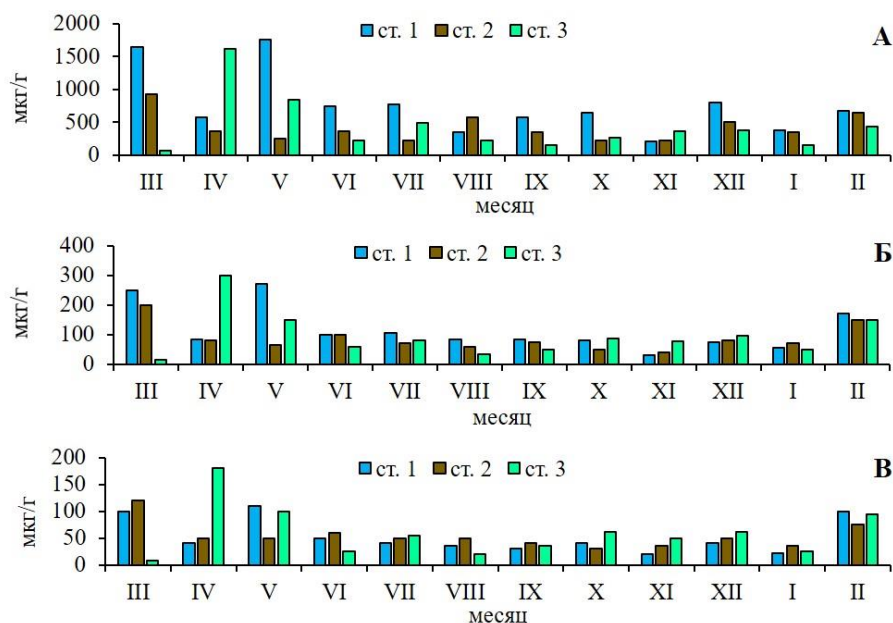


Рисунок 2 – Концентрации в донных отложениях устьевой зоны р. Чёрной: А – углеводородов, мкг/г; Б – алифатических углеводородов, мкг/г; В – н-алканов, мкг/г

Содержание загрязняющих веществ в ДО российскими нормативными документами не регламентируются (не существует нормативно закреплённых характеристик их качества), однако существует возможность оценивать степень загрязнения ДО в контролируемом районе на основе соответствия уровня содержания загрязняющих веществ критериям экологической оценки загрязнённости грунтов по «голландским листам» [11]. Так, допустимые концентрации по нефтяным углеводородам (НУ) составляют 50 мкг/г.

По классификации [5] концентрации НУ в почве на уровне до 100 мкг/г соответствуют естественным фоновым значениям; 100–500 мкг/г – повышенному фону, 500–1000 мкг/г – «умеренному» уровню загрязнения, 1000–2000 мкг/г – «умеренно опасное» загрязнение, 2000–5000 мкг/г – «сильное загрязнение», более 5000 мкг/г – «опасное» загрязнение. Таким образом, согласно этой классификации, можно утверждать, что ДО исследованных нами акваторий по нефтяному загрязнению находились в диапазоне от фоновых до умеренно-опасных значений. При этом большинство проб соответствовало «умеренному» уровню загрязнения.

Концентрация АУВ (рис. 2Б) колебалась в диапазоне от 15 до 299 мкг/г. На ст. 1 этот показатель составлял от 37 до 267 мкг/г, при среднем 119 ± 21 мкг/г. На ст. 2 в районе моста содержание АУВ равнялось от 47 до 204 при среднем 88 ± 13 мкг/г, в русле реки – от 15 до 299 мкг/г, со средним значением 96 ± 22 мкг/г. Статистический тест показал отсутствие значимых различий в среднем содержании АУВ в пределах района исследования.

За период исследования в устьевой зоне реки Чёрной идентифицированы н-алканы в диапазоне C_{11} – C_{36} . В большей части проб диапазон исследуемых соединений был C_{13} – C_{35} . Сумма н-алканов (рис. 2В) колебалась в пределах от 8 до 123 мкг/г. Средние значения составляли на ст. 1 55 ± 9 мкг/г, ст. 2 – 57 ± 7 мкг/г, ст. 3 – 63 ± 14 мкг/г сухого донного осадка. Статистически значимых отличий в содержании суммы н-алканов на различных участках полигона не выявлено.

Следует отметить, что достоверной временной динамики в содержании исследуемых групп веществ не выявлено. При этом, известно, что во время прохождения весеннего паводка происходит не только размыв ДО, но и десорбция подвижных форм металлов, а во время межени их накопление [2]. В нашем случае, наблюдался тренд повышения содержания углеводородных компонентов ДО в период с февраля по май (рис. 2). Описанное явление может быть сопряжено с увеличением стока реки в зимне-весенний период. Половодье, в свою

очередь, является результатом усиления стока с водосборного бассейна, в результате чего, в воды реки (а, в последствие и в ДО) могут попадать органические вещества различного генезиса. Анализ показал, что концентрации УВ и АУВ имели значимый коэффициент корреляции с расходом реки только на ст. 2 (0.68 и 0.75 соответственно). Сумма н-алканов в донных отложениях коррелировала со стоком реки на ст. 1 (0.51) и на ст. 2 (0.70). Таким образом, в зоне т.н. маргинального фильтра отмечена достоверная связь содержания отдельных органических веществ в донных отложениях и интенсивности стока реки.

Заключение

Содержание УВ в ДО устьевой зоны р. Чёрной колебалось в пределах от 72 до 1739 мкг/г. Концентрация УВ в ДО в мористой части района исследования была достоверно выше, чем в устьевой и речной. Концентрация АУВ колебалась в диапазоне от 15 до 299 мкг/г, сумма н-алканов – от 8 до 123 мкг/г. Статистически значимых отличий в содержании АУВ и н-алканов на различных участках полигона не выявлено.

Не выявлено годовой динамики содержания УВ, АУВ, н-алканов в ДО исследуемого района. При этом наблюдается тренд, к повышению содержания исследуемых компонентов углеводородного состава ДО в период с февраля по май.

За период исследования в устьевой зоне р. Чёрной идентифицированы н-алканы в диапазоне C_{11} – C_{36} . В большей части проб диапазон н-алканов был C_{13} – C_{35} . Отмечена пространственно-временная вариабельность их индивидуального состава. Можно полагать, что в районе автомобильного инкерманского моста находится последний – биологический участок маргинального фильтра, отличающийся высокими показателями содержания УВ.

Устьевая часть реки Чёрной является относительно благополучной по нефтяному загрязнению. В акватории Севастопольской бухты, прилегающей к месту впадения реки, наблюдается хроническое нефтяное загрязнение (деградированные углеводороды).

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Изучение биогеохимических закономерностей радиозокологических и хемозокологических процессов в экосистемах водоемов Азово-Черноморского бассейна в сравнении с другими акваториями Мирового океана и отдельными водными экосистемами их водосборных бассейнов для обеспечения устойчивого развития на южных морях России» (№ гос. регистрации 124030100127-7).

Литература

1. Венедиктова О. И., Роговая О. Г., Тихомирова И. Ю. Влияние физико-химических свойств донных осадков на сорбционную способность на примере водоемов Ленинградской области // Региональные геосистемы. 2017. №25 (274). С. 12–20.
2. Лепихин А. П., Максимович Н. Г., Садохина Е. Л., Мирошниченко С. А., Меньшикова Е. А. Роль донных отложений в формировании качества воды рек Западного Урала // Вестник Перм. ун-та. 1999. Вып. 3. Геология. С. 299–309.
3. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34, № 5. С. 735–747.
4. Патин С. А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: ВНИРО, 2008. 508 с.
5. Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Чернянский С. С., Сахаров Г. Н. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. 2003. №9. С. 1132–1140.
6. Совга Е. Е., Мезенцева И. В. Экологическое состояние центральной части акватории Севастопольской бухты в зависимости от уровня антропогенной нагрузки // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон моря. 2019. Вып. 3. С. 52 – 60.
7. Soloveva O. V., Tikhonova E. A., Mironov O. A., Alyomova T. E. Origin of hydrocarbons in the water of the river-sea mixing zone: A case study from the Chernaya River – The Sevastopol Bay, Black Sea // Regional

- Studies in Marine Science. 2021. Vol. 45. Article no. 101870 (10 p.).
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101870>
8. Soloveva O., Mironov O., Tikhonova E. Concentration, composition and genesis of hydrocarbons in bottom sediments of the Chernaya River estuarine zone (Sevastopol, the Black Sea) // *Advances in Environmental Technology*. 2023. Vol. 9, iss. 2. P. 138–152. <https://doi.org/10.22104/aet.2023.5673.1549>
 9. Tikhonova E., Burdiyan N., Soloveva O., Kotelyanets E., Mironov O., Guseva E., Gurov K. Ecological State of the Water Area in the Fresh Water – Saline Water Mixing Zone in Spring (the River Chernaya Estuary – Sevastopol Bay, Black Sea) // *Pollution*. 2022. Vol. 8, iss. 2. P. 693–703. <https://doi.org/10.22059/poll.2022.334733.1271>
 10. Wang S., Liu G., Yuan Z., Liu Y., Lam P. K. S. Spatial variability and source apportionment of aliphatic hydrocarbons in sediments from the typical coal mining area // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2020. Vol. 105. P. 230–236. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02938-2>
 11. Warmer H., van Dokkum R. Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001, RIZA report 2002.009, Lelystad, 2002, 77 p. (Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95).

МОНИТОРИНГ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРНЫХ РЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© Хузмиев И.К.¹, Дреев М.С.²

¹Сенат ВЭО РФ, РСО-Алания

²СРО «Кадастровые инженеры Юга, РФ, РСО-Алания

Аннотация: В статье описываются основные виды технологий, известные как технологии искусственного интеллекта. Рассматривается перспектива применения технологий искусственного интеллекта, как способа повышения эффективности использования природных ресурсов в сфере мониторинга и контроля водных ресурсов. Описывается механизм внедрения технологий искусственного интеллекта, для повышения эффективности контроля и управления при использовании водных ресурсов и прибрежных речных территорий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, земельные ресурсы, водные ресурсы, мониторинг и принятие решений, береговые линии

Введение

В условиях все разрастающегося освоения горных территорий, в том числе и в рекреационных целях, увеличения количества земельных участков, использования новых, не всегда экологичных способов ведения сельского хозяйства, аграрной деятельности вопрос экологичности нашей среды обитания встает все острее. Одним из инструментов контроля за правильностью использования земельных, водных и лесных ресурсов это строгий кадастровый учет, земельный надзор, лесной надзор и надзор в области использования водных объектов и прилегающих территорий (прибрежных полос).

Фактически речь идет о более широком понимании термина управления производством и спросом ресурсов, как метода повышения эффективности использования ресурсов в местах их преобразования в полезные товары и услуги. Повышение эффективности управления использованием земли, как ресурсом, может осуществляться как ресурсный менеджмент. При этом используются методики построения моделей и исследования операций для формализации принятия решений и повышения их действенности в процессе управления. Одним из таких методов является технология принятия решения с помощью искусственного интеллекта.

Применение ресурсного менеджмента. позволит:

1. установить ответственность менеджеров за потребление ресурсов в различных центрах потребления;
2. сформулировать цели и стандартные уровни использования;
3. обеспечить более детальную и совершенную информацию по использованию земельными ресурсами;
4. повысить общие знания персонала об использовании земли и способах управления ее использованием;
5. получить полную информацию о пользователях земли и ее использования для различных целей

Технологии искусственного интеллекта

Современные информационные технологии позволяют значительно повысить эффективной этой работы с помощью технологий так называемого искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект (ИИ) — это программа, это по своей сути сложная компьютерная программа, которая имитирует человеческое мышление, способное к принятию

решения и самообучению. Это набор алгоритмов и программ позволяющих решать задачи, которые ежедневно решает каждый из нас, от задачи брать зонт сегодня или нет, до задач управления сложными технологическими системами, например полетом космической станции. Отметим, что существующие алгоритмы ИИ в основном основываются на больших языковых моделях (LLM) различной сложности с использованием структуры и идеологию английского языка и связанной с ним англо-саксонской культурной традиции, так как разработана она была в кремниевой долине США. В этой связи существующие программы ИИ практически не учитывают ментальность пользователей и принимаемые решения, полученные с помощью этой технологии, не будут полностью соответствовать особенностям региона.

ИИ использует алгоритмы, которые позволяют компьютеру обрабатывать большие объёмы данных и находить в них закономерности. На основе этих закономерностей он может делать выводы, предсказывать события или принимать решения. При этом необходимо всегда помнить, что алгоритмы и компьютерные программы их реализующие разработанные и написанные человеком с помощью его мыслительной деятельности, который кроме способности мониторить и контролировать конкретные базы данных может мыслить, того чего нет у ИИ, и все что производит ИИ и как и почему он действует зависит только от того алгоритма, который составлен, в том числе и процесс самообучения при анализе заданной ИИ сферы деятельности. Фактически это активно-адаптивная робототехническая система, запрограммированная для конкретной сферы деятельности к изменению программы в зависимости от изменяющихся условий внешней среды по заданным параметрам и переменным, которая имитирует действия человека.

Человек в процессе обучения, после рождения при взаимодействии с внешней средой действует согласно условным и безусловным рефлексам, которые не требуют мыслительной деятельности и которые моделируются при составлении алгоритмов искусственного интеллекта. В этой связи очень часто создается впечатление при общении с системами, изготовленными, как говорится из железа, и имеющими софт, то есть компьютерные программы реализующие алгоритмы ИИ, что вы имеете дело с человеческим интеллектом. Да это действительно так, но это только механическое повторение инстинктивных действий без намека на реальную мыслительную деятельность, то есть на ТВОРЧЕСТВО, на которое способно только человеческие существа. Они могут творить, принимать интуитивные решения, и проявлять эмоции. Хотя некоторые эмоции могут в заданных человеком пределах быть смоделированными. Однако творчество, все что с ним связано, не поддается моделированию.

Так что искусственный интеллект не человеческий интеллект вовсе, а набор алгоритмов и компьютерных программ, составленных человеком, для совершения реальных действий, не требующих мыслительной деятельности и творчества. **По сути, это поисковик.** Необходимо отметить, что ИИ может существенно облегчить условия жизни людей во всех сферах деятельности, в местах, где работа выполняется в соответствии с заданными регламентами и алгоритмами, что существенно может повысить производительность труда и безопасность. При этом нужно помнить пословицу: не стрелять из пушки по воробьям, то есть надо не использовать современные дорогостоящие установки в местах, где можно и экономически целесообразно использовать арифмометр Феликс.

Кстати, о недостатках языковой основы алгоритмов ИИ упоминается в журнале Экономист за 20.11.2024 г. Фэй-Фэй Ли, профессор Стэнфорда и «крестная мать ИИ» говорит, что понимание того, как устроен мир, это следующий шаг для ИИ: «...нам нужно перейти от больших языковых моделей к большим моделям мира» [1]. То есть необходимо перейти на совершенно другую основу алгоритмов искусственного интеллекта. А это создание виртуальной модели поставленной задачи и дальнейшее работа с ней в соответствии целевой функцией. Таким образом искусственный интеллект (ИИ) — это компьютерная активно – адаптивная платформа, выполняющая функции человеческого интеллекта при решении

стандартных задач с помощью известных норм и установок, имеющая способность к обучению и учету предыдущего опыта функционирования на основе виртуальных компьютерных платформенных решений, которая не только функционирует в соответствии с заданной программой, но может самообучаться и действовать самостоятельно.

Платформа - компьютерная среда с сетевой архитектурой, имитирующая реальные системы для воспроизведения всех процессов, происходящих внутри этих систем и обеспечивающая обмен любыми ресурсами (информационными, энергетическими, материальными и т.д.) между составляющими ее элементами. Имитация происходит с помощью **виртуальных математических моделей**, на основе цифровых технических средств и информационных технологий, с помощью совокупности алгоритмов, программных продуктов, логических и технических средств и ресурсов в режиме реального времени. Совокупность этих средств и способов придает системе свойства искусственного интеллекта. (**Виртуальная модель** – математическая компьютерная платформенная цифровая модель, имитирующая процессы, происходящие внутри реальной системы, как совокупность программных продуктов, технических средств и ресурсов).

Платформы уже преобразили многие отрасли экономики, начиная со служб такси uber, гостиниц airbnb, заканчивая глобальными информационными площадками (Google, Facebook и пр.) и торговыми сетями, пример, Amazon, Alibaba. Даже появился термин «уберизация» экономики, которая расширяется. Разные типы пользователей — производители, потребители, элементы инфраструктуры взаимодействуют друг с другом без посредников с помощью цифровых информационных сетевых платформенных технологий, интернет вещей, облачных технологий, распределенных реестров, искусственного интеллекта, больших данных, что кардинально меняют бизнес- и управленческие модели.

Практически ИИ — это роботы способные к самообучению. В реальных искусственных социально – экономических системах и технических установках, созданных человеком при использовании ИИ происходят аналогичные процессы. ИИ включает в себя распознавание и понимание всех внешних, внутренних процессов, происходящих в системе, для которой ИИ создан и их запоминание. ИИ осуществляет контроль и диагностику параметров и переменных, определяющих состояние окружающей и внутренней среды, в процессе выполнения целевой функции, с учетом граничных условий, планирования и принятия решения, а также осуществляет функцию **машинного обучения**, реализуя таким образом свои активно – адаптивные интеллектуальные свойства. Это то, чем отличается система ИИ от АСУ.

Машинное обучение — это способ обучения ИИ, в человеческом смысле, посредством активно – адаптивных компьютерных программ и IoT, встроенных в компьютерную платформу моделируемой системы. "Обучение" включает в себя анализ данных, характеризующих состояние параметров и переменных моделируемого объекта, что позволяет компьютерной модели повышать качество принимаемых умных решений. Локальная система ИИ может совместить автоматизацию с отдельными, спотовыми интеллектуальными активно - адаптивными функциями, что существенно повысит качество управления ресурсами в сети по сравнению с существующими АСУ.

Мониторинг и принятие решения в области контроля за использованием водных ресурсов горных рек

Применение технологий искусственного интеллекта при мониторинге и принятии решения в сфере земельных отношений имеет огромный экономический потенциал. В контексте контроля за использованием водных ресурсов, а именно использовании прибрежных защитных полос, установлении береговых линий, береговых полос вопрос мониторинга и контроля водных ресурсов технически не отличается от тех же задач в сфере контроля в области земельных отношений.

Особенно перспективным является направление мониторинга за использованием земельных и водных ресурсов по назначению (тут нужно рассматривать как вопрос использование земель и земельных ресурсов в соответствии с их назначением, так и вопросы границ использования, т.е. самовольные захваты, использование чужих земель и земельных участков, в том числе размещение объектов недвижимости в непосредственной близости от водных объектов, распашка земель в прибрежных защитных полосах и пр.) и принятия решений, для осуществления контроля за таким использованием. Основной перечень видов деятельности, имеющих ограничение в непосредственной близости от водных объектов, устанавливается Водным кодексом РФ [3].

В условиях конечности такого ресурса как земля (совокупного природного ресурса поверхности суши, как пространственного базиса расселения и хозяйственной деятельности, основного средства производства в сельском и лесном хозяйстве) и вода важно своевременно и качественно осуществлять контроль за их использованием. Законодательством РФ предусмотрены механизмы, позволяющие осуществлять такой контроль, однако в условиях большого количества объектов контроля (земель, земельных участков, угодий, лесных участков, водных объектов и их прилегающих территорий и пр.), их удаленности, большого количества контролируемых параметров, необходимости проведения такого контроля с определенной, часто не большой периодичностью и не достаточности ресурсов, которые выделяются для проведения такого контроля уполномоченными на земельный надзор и надзор за водными объектами государственными органами мы видим повсеместно не удовлетворительные результаты – самозахваты земли, земельные споры, самовольное строительство без соблюдения требуемых норм СНиП и СанПиН, использование земли не по назначению, не санкционированная вырубка лесов, нарушения в использовании водных ресурсов и в режиме использования прилегающих к водным объектам территорий.

Отслеживание всех этих параметров можно проводить с помощью сведения результатов дистанционного зондирования земли (спутниковые снимки, снимки по результатам аэрофотосъемки) в базы данных и подключение к таким базам данных программ, основанных на применение технологий искусственного интеллекта. Применение космических или аэрофотоснимков позволят получать огромное количество информации о лесных участках, земельных участках, землях, о водных объектах и прилегающим к ним территориям, их фактическом использовании с относительно не большими трудозатратами. Если проводить сравнение с традиционными способами контроля, когда человек, уполномоченный на проведение контроля должен зайти в КАЖДЫЙ двор, огород, проехать по всем полям, попасть во все труднодоступные районы, где он проводит такой контроль, то ответ на вопрос о том, какой способ контроля более продуктивен даже не встает. Включение же в процесс анализа такого большого количества информации, программных продуктов, основанных на технологиях искусственного интеллекта позволит оперативно проводить обработку, получать требуемую информацию своевременно, что в свою очередь позволит быстро реагировать на нарушение, с целью их устранения.

За человеком же остается функция окончательно принятия решения, так как задача ИИ выявлять нарушения, но не предотвращать их.

Данная технология обработки данных может найти широкое применение для реализации требований по режиму использования водных объектов и прилегающих к ним территориям, установленных Водным кодексом РФ [3]. Внедрений технологий искусственного интеллекта в сферу мониторинга и принятия решений в области контроля за использованием водных ресурсов, в том числе горных рек и прилегающих к ним территорий позволит проводить контроль по следующим критериям:

- использование сточных вод в целях повышения почвенного плодородия;

- размещение кладбищ, скотомогильников, объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ;
- осуществление авиационных мер по борьбе с вредными организмами (эпизодически);
- строительство и реконструкция автозаправочных станций, станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта транспортных средств, осуществление мойки транспортных средств и пр.;
- сброс сточных, в том числе дренажных, вод;
- разведка и добыча общераспространенных полезных ископаемых;
- хранение пестицидов и агрохимикатов (при открытом хранении);
- распашка земель;
- размещение отвалов размываемых грунтов;
- выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн
- прочие.

Все вышеуказанные признаки могут быть определены с помощью технологий искусственного интеллекта и результатов дистанционного зондирования земли.

Заключение

Таким образом, цели мониторинга могут быть достигнуты с минимальным расходом ресурсов, с получением заданных показателей не ниже некоторых пороговых величин посредством системы мониторинга и управления с помощью современных компетенций на базе информационных технологий (soft). Ясно, что мониторинг и принятие решения должно осуществляться «умным» активно – адаптивным центром управления. Основой такого управления является концепция минимизации транзакционных издержек. Для решения всех проблем реализации целевых функций необходимо разработать ее математическую модель, разработать и исследовать алгоритмы решений, составить программные продукты и создать на этой основе виртуального двойника системы в виде компьютерной платформы. Это позволит в полной мере, используя методы и средства платформенных решений, технологий искусственного интеллекта, находить оптимальные решения с учетом граничных условий и ограничений.

Однако для разработки информационно-управляющей системы мониторинга и управления на основе интегрального показателя устойчивости необходимо:

1. Обоснование и разработка «Комплексного показателя допустимого отклонения», субпоказателей и параметров, характеризующих состояние всех элементов системы.
2. Разработка информационного и программного обеспечения по объектно-ориентированному принципу, обеспечение возможности простого расширения и сопровождения системы с использованием нейропрограммирования, для создания компьютерной виртуальной платформенной модели, как искусственного интеллекта.
3. Применение современных аппаратно-программных систем слежения, поддерживающих сетевое взаимодействие по технологиям и протоколам, соответствующим требованиям современных информационных технологий.
4. Использование оптоволоконных и беспроводных каналов связи и интернета.
5. Создание дружественного пользовательского интерфейса, ориентированного на простое и понятное представление о режимах функционирования управляемой системы и окружающей среды.

Литература

1. <https://www.economist.com/the-world-ahead/2024/11/20/fei-fei-li-says-understanding-how-the-world-works-is-the-next-step-for-ai>
2. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_482549/
3. <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102107048>

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО УЧАСТКА ВДОЛЬ ДОРОГИ ЛЕВАШИ-ХАДЖАЛМАХИ

© Черкашин В.И., Мамаев С.А., Идрисов И.А., Сулейманов В.К., Ибаев Д.Г.

Институт геологии ДФИЦ РАН, город Махачкала

Аннотация: В Дагестане широко распространены разнообразные оползни. Их развитию благоприятствуют геологические условия и интенсивная антропогенная нагрузка. Исследованный оползень расположен на важной автодороге республиканского значения. В ходе исследований установлено, что оползень имеет сложное строение и потенциал дальнейшего развития.

Ключевые слова: Кавказ, Дагестан, метод преломленных волн, геофизический разрез, оползни, автодорога

Оползень расположен в Левашинском районе Республики Дагестан в долине реки Хохборт правого притока реки Казикумухское койсу. Долина реки заложена вдоль Хаджалмахинской синклинали с юго-запада и Кулимеэрской антиклинали с север-востока. Складки протягиваются в общекавказском направлении. Нижняя часть долины заложена вдоль области развития слаболитифицированных терригенных пород нижнего мела (альб и апт). Антиклиналь прямо выражена в рельефе хребте в виде хребта Кулимеэр и бронируется мощной толщей компетентных известняков барремского яруса нижнего мела. в исследуемом районе высота хребта порядка 1600м. Синклиналь в нижней части долины отличается сжатостью и сильным размывом северного крыла, здесь сладка формирует хребет Цагналамуза. В южной верхней части бассейна углы падений крыльев снижаются, осевая часть синклинали расширяется, на северном крыле этого участка и расположен оползень.



Рисунок 1 – Общий вид оползневого участка Хаджалмахи. Вид с запада.

Вдоль долины реки проходит важная дорога республиканского значения Хаджалмахи-Леваши. Полотно дороги с определенной периодичностью расширяют, в настоящее время завершено расширение по всей длине дороги до 3 полос движения. При последнем расширении

дороги проводились значительные работы по подрезанию склонов. Это существенно активизировало оползневые процессы вдоль автодороги. На конец 2024 г. отмечается два активных оползня, для которых происходило неоднократное разрушение полотна автодороги. Также потенциально развитие минимум трех оползней. Эти оползни приурочены к участку прорезывания меловых пород, представленных переслаиванием известняков и аргиллитов, мощностью прослоев до 0,5 м. Исследован один из активных оползней (рис. 1), расположенный в 4,7 км на юго-запад от кольцевой развязки в районном центре Леваша.

Проводилось полевое описание оползня в ноябре 2024г. Для уточнения строения ложа оползня проведен комплекс геофизических исследований. Проведены геофизические работы с использованием малоглубинной сейсморазведки методом преломленных волн с помощью 24 канальной сейсморазведочной аппаратуры Лакколит-24. Для этого проводилась прямолинейная расстановка сейсмоприемников с шагом 2 м между ними. Возбуждение колебаний проводились с помощью кувалды весом в 16 кг. Для получения сейсмического профиля использовалась система прямых и встречных, нагоняющих и нагоняемых годографов. Пункты возбуждения колебаний располагались как на самой приемной линии, так и на выносах. Всего было использовано 7 пунктов возбуждения колебаний (3 пункта располагались на приемной линии с координатами отсчитывая от первого сейсмоприемника 1) 0 м, 2) 24 м, 3) 48 м и 4 на выносах 1) -20 м, 2) -10, 3) 58 м 4) 68 м (рис. 2). На каждом пункте возбуждения использовалось программное накопление по 10 ударам.

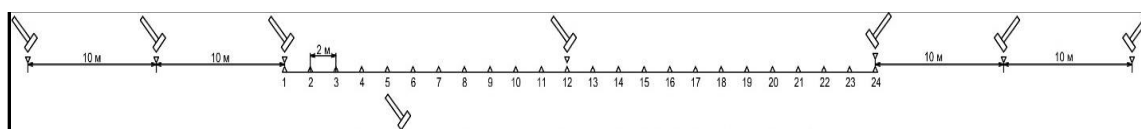


Рисунок 2 – Схема расстановки приемной линии.

Обработка сейсмограмм производилась программой Lacolit 1.5 – корреляция волн, построение годографов, RadExPro-корреляция волн, построение годографов, построение геосейсмических разрезов, определение преломляющих границ и средних скоростей способом t_0 , разработка МГУ, «GODOGRAF»- интерпретация методом однородных функций, разработка МГУ – построение скоростных разрезов, определение преломляющих границ и пластовых скоростей. Анализ этих данных далее проводился с построением годографов и геофизического разреза (рис. 3, 4).

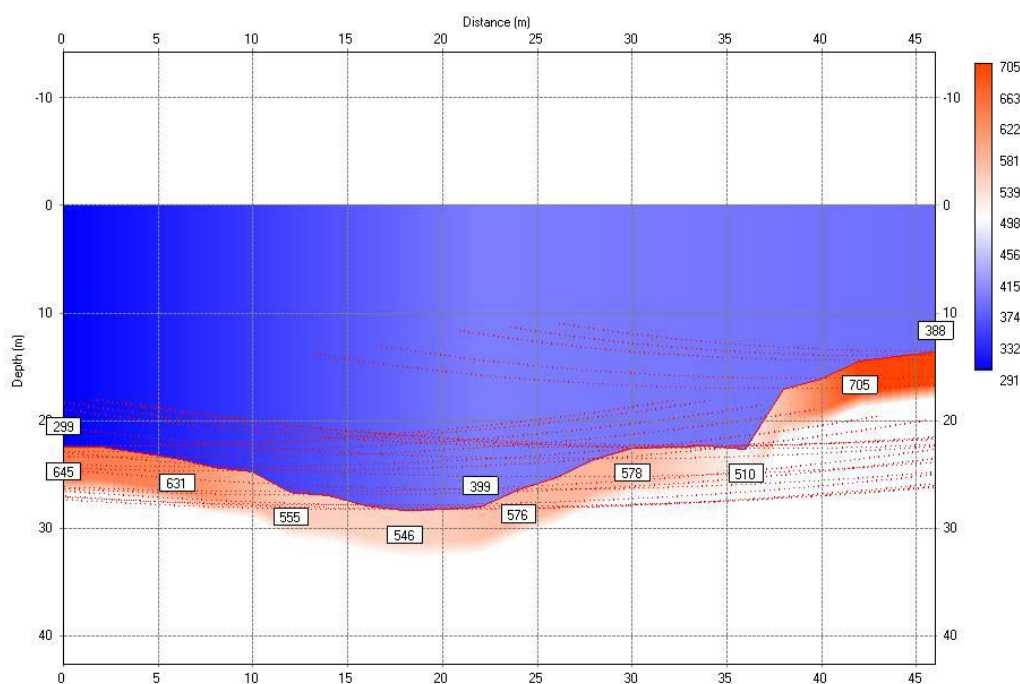


Рисунок 3 – Геофизический профиль по вертикальным волнам с востока на запад вдоль автодороги.
Участок Хаджалмахи.

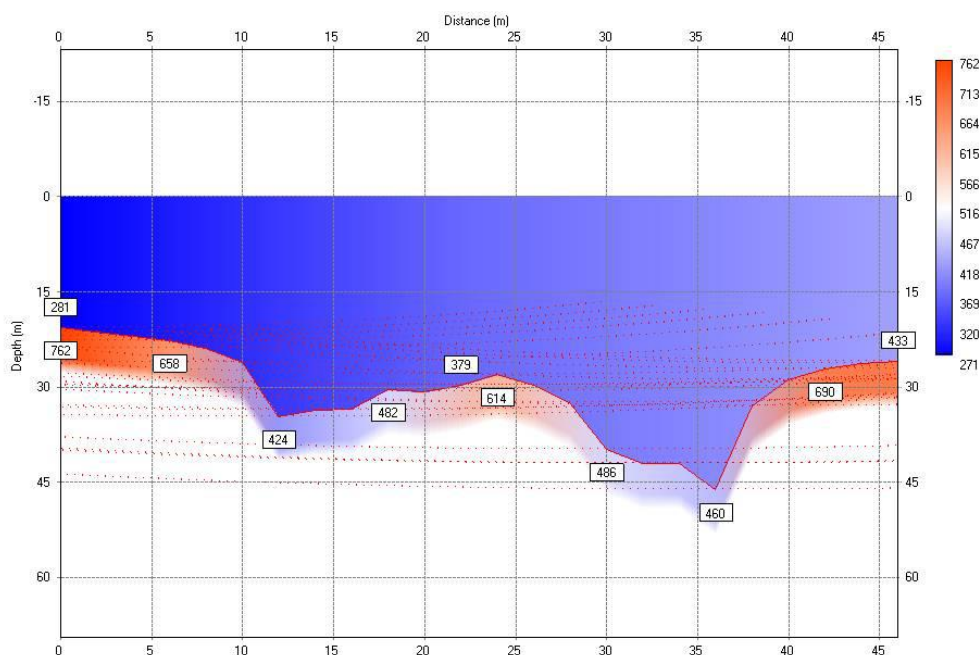


Рисунок 4 – Геофизический профиль по поверхностным волнам с востока на запад вдоль автодороги.
Участок Хаджалмахи.

Участок занимает склон долины, водоток по ней временный. Характерна плоская пойма шириной до 10м. С юга примыкает хребет. Перепад высот от 1310 до 1390 м. Оползень шириной по фронту порядка 150м, площадь 1,3 га, перепад высот от 1310 до 1345 м. Объем ориентировочно до 100 тыс. м³. Оползень развивается от полотна автодороги (с ее срезанием) вплоть до поймы долины с ее частичным перекрытием.

Анализ геофизических профилей и полевые исследования показывают, что оползень затронул гетерогенные зоны. Выявлено сложное строение с обособлением верхней толщи с низкими скоростями, конфигурация толщи сложная. В частности, в восточной части (0-10 м) развиты коренные породы, которые завершаются крутым перегибом рельефа. Далее в интервале (10-36 м) развиты рыхлые отложения, подошва которых погружается до глубины в несколько десятков метров. Эти отложения выполняют ложину, которая прослеживается выше по склону. Крайний запад профиля вновь по крутому перегибу погребенного рельефа сформирован коренными породами. Особенности рельефа и геологического строения показывают, что существует значительный потенциал развития оползневой процесса и вовлечения в него новых участков. Наиболее ярко может проявиться сход всей толщи рыхлых отложений по ложбине по схеме показанной на (рис. 5).

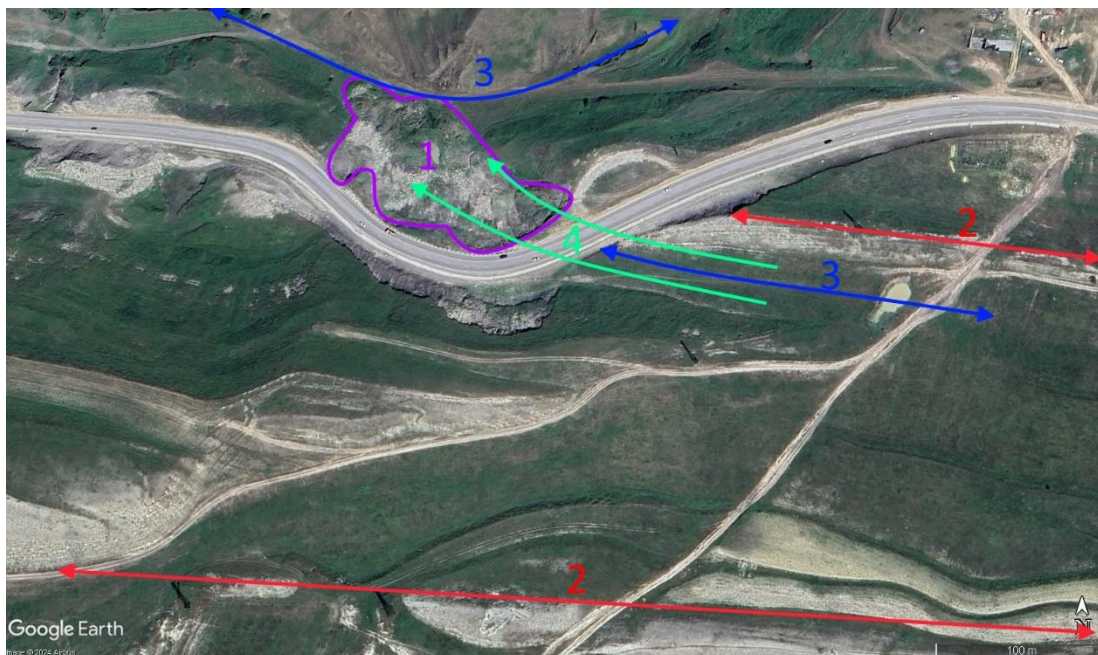


Рисунок 5 – Схема изученного оползня Хаджалмахи.

На рисунке показан современный оползень (1). Также показаны линии гряд и хребтов (2). Выделены долина реки и лощина (3). Прогнозируемое движение оползневых масс показано стрелками 4. Общий вид оползня и основных форм рельефа показан на рисунке 5. Также вероятно частичное обрушение вдоль оползневых цирков, непосредственно срезающих полотно автодороги.

Особенности простираения коренных пород в целом не благоприятствуют развитию оползня на данном участке. Выявленные по данным геофизического профилирования мощные толщи рыхлых отложений, слабая устойчивость пород и интенсивная техногенная нагрузка будут способствовать дальнейшему развитию данного оползня. Для стабилизации оползня и обеспечения безопасной эксплуатации автодороги требуется провести комплекс инженерных мероприятий, для разработки которых необходимы дополнительные инженерно-геологические изыскания участка.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ «РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ»: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

© Широкова В.А.¹, Юрова Ю.Д.²

¹ *Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, Москва*

² *Государственный университет по землеустройству, Москва*

Аннотация: Речные бассейны и водосборные бассейны представляют собой пространственно-временные структуры географического пространства, в которых водные массы, взвешенные вещества и русловая нагрузка являются системообразующими потоками. В рамках тематики проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (Соглашение № 075-15-2024-644) в качестве приоритетов определены междисциплинарные подходы и их практическая реализация в различных ландшафтных и социально-экономических условиях. В работе, для создания научно-информационной базы и формирования раздела, посвященного современной геоэкологической изученности выбраны бассейны рек Иранского побережья Каспийского моря – Горган и Хераз. В основу положены исследования, посвященные пространственным и функциональным аспектам бассейновой организации ландшафта в различных климатических и социально-экономических условиях.

Ключевые слова: геоэкологическая изученность, реки Горган и Хераз, изменение климата, антропогенная нагрузка

В последнее время особенно остро встала проблема сохранения экологического здоровья Каспийского моря – уникального природного объекта. Его углеводородные ресурсы и биологические богатства не имеют аналогов в мире.

Каспийское море содержит более 40% внутренних вод в мире и питается впадающими в него 130 реками. В год они приносят более 300 км³ воды. В Каспий впадает более 130 рек, среди них - крупные: на территории России – Волга – самая крупнейшая из них, Терек, Сулак. Кума, Самур – на границе России с Азербайджаном; в Азербайджане – Кура, Астарачай (на границе Азербайджана и Ирана); в Казахстана – рр. Урал, Эмба; Туркмении - единственный, но непостоянный водоток — р. Атрек; в Иране – рр. Сефудруд, Хераз, Полеруд, Баболь, Чалус, Горган и Теджен.

Экологические проблемы возникли и определились с началом промышленного освоения Каспийского региона в конце XVIII – начале XIX вв., что привело к концентрации населения в небольших по площади промышленных регионах, что, в свою очередь, вызвало резкое увеличение, с одной стороны, водопотребления, а с другой – экологической нагрузки на среду, в том числе загрязнения природных вод различными видами стоков.

Сток впадающих рек считается первостепенным источником загрязнения Каспийского моря. Водные ресурсы рек, впадающих в Каспийское море, за последние несколько десятков лет резко истощаются. За более чем 200 лет вода «рек, впадающих в Каспийское море», из «доброй» и «хорошей» стала в основном «загрязненной» и «грязной» [7].

Реки – одни из основных водных ресурсов для сельскохозяйственных, питьевых, промышленных и экологических целей; поэтому оценка качества речной воды имеет большое значение. Речной сток - важная часть изучения водных ресурсов. Качество и количество стока сильно зависят от климатической изменчивости и деятельности человека, например, изменения землепользования, орошения, строительства водохранилищ и т. д.

В большинстве стран мира, включая Иран, качество воды в реках изменилось из-за социального и промышленного развития и привело к чрезмерному загрязнению. Очевидное противоречие между ограниченностью водных ресурсов и этой проблемой, с одной стороны, и

постоянно растущим спросом на водные ресурсы в обществе, с другой стороны, оживляют постоянный мониторинг, контроль и очистку поверхностных вод (Taheri-Tizro et al. 2014; Fatemi. 2015).

Остановимся на геоэкологической изученности наиболее крупных «рек, впадающих в Каспийское море» иранского побережья Каспийского моря – Горганруд (Горган (в низовье Руде-Горган), Горганруд, Gorganrud River Горган (в низовье Руде-Горган) и Хераз (Хараз, Хераз, Haraz river (персидский: هراز; в верховье Руде-Лар, перс. رودخانه هراز; устар. передача Рудханейе-Хераз).

Горган – крупная река юго- восточного побережья Каспия - вторая по величине и значению река в иранской части бассейна Каспийского моря после реки Сефидруд. Длина около 251 км. Начинается в западных отрогах Туркмено-Хорасанских гор при слиянии и, затем пересекает с востока на запад плодородную Горганскую равнину, сложенную аллювием реки, и впадает в Каспийское море в 42 км к югу от устья р. Атрек. Для реки характерна повышенная водность в зимнее время, когда на южный склон долины каспийские ветра приносят обильные дожди, и в весеннее время, когда тают горные снега. Летом и ранней осенью река маловодна из-за отсутствия ледников в Хорасанских горах и разбора воды в нижнем течении для орошения. Ранее р. Горганруд впадала в море севернее современной дельты и сформировала внутреннюю многорукавную дельту (площадь около 600 км²). В результате повышений уровня моря в новокаспийское время и прорыва реки к югу от старого русла, начала формироваться современная дельта Горганруда. В настоящее время дельта Горганруда представляет собой однурукавную дельту, площадь которой 20 км². Средний годовой сток воды и взвешенных наносов у ст. Басирабад равен 0,49 км³, и 3,1 млн т. Горганруд имеет повышенную мутность воды из-за легкой размываемости глинисто-алевритовых пород его берегов и ложа.

Происходит гидрохимическая эволюция и качественное ухудшение воды реки Горганруд (на расстоянии около 100 км от северной окраины высокогорья Эльбурс до залива Горган). Качество воды для питья и сельского хозяйства пригодно на окраинах высокогорья, а по мере вхождения в равнину и по пути к заливу Горган резко снижается.

Река Хераз – одна из важнейших рек в бассейне Каспийского моря. Это также крупнейшая река по сбросу воды в западной провинции Мазандаран и одна из трех крупнейших рек по сбросу воды в северном Иране. Длина реки составляет 185 км, а площадь речного бассейна составляет около 5100 км², река расположена в северной части гор Эльбурс. Годовой сток воды и взвешенных наносов реки при выходе из гор составляет 1,1 км³ и 2,4 млн. т.

Река Хараз имеет большое значение из-за экономической и социальной зависимости северной части Ирана от этой реки. Эта река расположена в регионе, который населен туристами со всей страны. Концентрация ресторанов, рыбоводство, сбор воды для орошения сельскохозяйственных ферм и добыча песка вблизи этой реки являются существенными проблемами в водоразделе Хараз (Kavyan and Namdar et al. 2016). В основном, в водоразделе рек из-за деятельности человека, особенно сельскохозяйственной, предсказуемо увеличение различных органических веществ в реке, и действительно, наблюдается высокая концентрация фосфата и других питательных веществ, вызванная удобрениями. Каждый год миграция птиц в водораздел реки Хараз уменьшается, а неконтролируемое развитие рыбоводства, камнеобрабатывающей мастерской на берегу реки и неконтролируемые наводнения усугубляют критическое состояние реки. Изучение способности реки к самоочищению определяет не только текущее состояние качества воды в реке, но и критические точки и может быть активом для устойчивого развития и повышения эффективности в этой реке [9].

В рамках тематики проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (Соглашение № 075-15-2024-644) в качестве приоритетов

определены междисциплинарные подходы и их практическая реализация в различных ландшафтных и социально-экономических условиях.

Для создания научно-информационной базы и формирования раздела, посвященного современной геоэкологической изученности выбраны бассейны рек Иранского побережья Каспийского моря – Горган и Хераз.

В основу положены исследования, посвященные пространственным и функциональным аспектам бассейновой организации ландшафта в различных климатических и социально-экономических условиях, которые включают:

- ГИС-технологии и дистанционное зондирование как инструменты проектирования, мониторинга и управления бассейновыми геосистемами,
- формирование экологической основы и геодемографического и экономического планирования в речных бассейнах,
- гидролого-гидрохимический и гидрогеологический мониторинг речных бассейнов и речного стока,
- водоохранные зоны рек и водных объектов: территориальное планирование, строительство, обеспечение функциональности и вовлечение местных сообществ в охрану,
- особенности рационального природопользования;
- новые подходы к охране почв и водных ресурсов бассейнов, включая трансграничные соглашения.

Работы по изучению водосбора Иранского побережья Каспийского моря проводились с 1951 г., большинство из которых посвящены исследованиям по вопросам динамики и устойчивости береговой зоны, а также стоку рек.

Авторами научных работ, представленных в данном разделе при выборе области исследования использованы разномасштабные уровни бассейновой организации изучаемой территории – от изучения водосбора Каспийского моря и отдельных провинций до изучения малых и средних рек суббассейнов.

Одними из первых значимых, всеобъемлющих и обобщающих работ по изучению современного состояния водосбора Иранского побережья Каспийского моря и бассейнов рр. Горган и Хараз следует отметить работу М.П. Петрова (1955) [5] по созданию библиографии по географии Ирана, включающую в себя краткий обзор русских географических исследований в Иране, аннотируемый указатель литературы 1720-1954 гг., указатель географических названий Ирана и др. Ализаде Кетек Лахиджани Хамид (1997) [1] впервые на основе новых материалов исследований изучена береговая зона Иранского побережья Каспийского моря и выяснена огромная роль стока наносов рек в формировании ее устойчивости. А.П. Деминым (2007) [2] проведена оценка современных изменений водопотребления в бассейне Каспийского моря за период с 1970-2003 гг. Результаты изучений особенностей климатических условий Ирана и развития туризма нашли отражения в работах Норузи Мохаммадбагера (2012) [4]. В исследованиях Шейхи Джоландана Бахриара (2013) [6] представлен исторический обзор изученности четвертичных отложений и побережья Каспийского моря, а также приведены краткие сведения об изученности Иранского побережья. Джандаги Надером (2016) [3] разработана методика стохастического моделирования стока речных систем Ирана на основе анализа изменений элементов водного баланса в условиях климатической неопределенности и развития хозяйственной деятельности. В исследованиях В.А. Широковой и В.М. Савенковой (2019) [7] проведен ретроспективный анализ «загрязнения воды» рек, впадающих в Каспийское море, начало которого можно проследить в работах участников академических экспедиций XVIII и XXI вв.

В последние 15-20 лет содержание исследований меняется. Комплексные исследования элементов геосистем, направленные на оценку антропогенных изменений, а также последствий этих изменений, влияющих на геоэкологическое состояние среды, жизнь и деятельность

населения, носят аналитический характер и представляют собой геоэкологический анализ территории.

В изучении местных природных условий водосбора Каспийского моря, а именно бассейнов рек Горган и Хараз, а также проблем рационального природопользования и современных антропогенных воздействий, исследовании особо охраняемых природных территорий, оценке климатических изменений и стока воды, оценке водохозяйственной ситуации и пространственных и сезонных колебаний качества поверхностных вод рыбохозяйственного и культурно-бытового назначения с использованием многомерных статистических методов, проведении исследований по моделированию и прогнозированию ежемесячного стока, оценке газогеохимического состояния и экологических функций почв следует выделить исследования учёных, студентов и сотрудников Университета Голестана и Гонбада Кавоса, Университета сельскохозяйственных наук и природных ресурсов Горгана, Австралийского национального университета, Университета Мазандарана (Иран), Университета штата Айова (США), Исфаханского университета технологий (Иран), Университета Анны (Индия), Иранской организации социальной безопасности (провинция Голестан), Тегеранского университета (Иран), Технологического университета Бабола Ноширвани (Иран), Университета Аризоны (США), Исламского университета Азад (Иран), Исследовательского центра экологии Каспийского моря (Иран) и др.

Провинция Голестан, бассейн реки Горган

Моделированием и прогнозированием ежемесячного стока бассейна реки Гарасу, применением модели передаточной функции для прогнозирования процесса осадков-уровня грунтовых вод в провинции Голестан, моделированием процесса выпадения осадков и стока с использованием передаточной функции временного ряда, выбором методологической основы для процесса выбора гидрологической модели в проектах управления водными ресурсами, оценкой влияния колебаний речного стока на параметры качества воды, обусловленных ее фильтрацией на берегах рек занимались Ghonchepour Diba, Sadoddin Amir, Bahremand Abdolreza, Croke Barry, Jakeman A.J., Salman Mahiny, Abdolrassoul (2021); Y.A. Nazeri, N. Jandaghi, Ghareh Mahmoodlu M., M. Azimmohseni, H. Ghezelsoufi, M. Seyedian (2021-2023); S. Khodniya, G. M. Mahmoodlu, N. Jandaghi (2024). Работы Y.A. Nazeri, N. Jandaghi, G. M. Mahmoodlu, M. Azimmohseni (2023) посвящены выявлению связей между количеством осадков и уровнем грунтовых вод с использованием регрессии с задержкой по времени.

Опыт и подходы по оценке влияния добычи из глубоких и полуглубоких скважин на снижение уровня грунтовых вод и параметры качества подземных вод на Горганской равнине; исследований взаимосвязи между концентрацией фтора в подземных водах и пространственным распределением лессовых отложений на Горганской равнине нашли отражение в работах Pakdel, G.M. Mahmoodlu, N. Jandaghi, A. Fathabadi, N.Y. Ghajogh (2023), G.M. Mahmoodlu, M. Raghimi, Ramezani M. Mojaveri (2023). Рядом ученых, для провинции Голестан проведены исследования по оценке изменений водопроницаемости и эродированности лессовых и суглинистых почв (Izanlou S., M.G. Mahmoodlu, Jandaghi N., Ghorbani Vagheie H., 2022; Jandaghi N., Mahmoodlu M.G., Ghorbani Vagheie H., 2024) [8].

Оценка водохозяйственной ситуации и пространственных и сезонных колебаний качества поверхностных и подземных вод рыбохозяйственного и культурно-бытового назначения с использованием многомерных статистических методов рек провинции Голестан отражена в работах G.M. Mahmoodlu, N. Jandaghi, M. Gholizade, A. Nasiri, G.A. Davaji, N.Y. Ghajogh, A. Heshmatpour, H.R. Abbasi-Moghadam, Seyyed Mostafa, Abbassimoghadam Hamidreza, G.Mahmoodlu, Mojtaba (2021-2022) по оценке влияния естественного распространения паводка марта 2019 г. на количественные и качественные характеристики грунтовых вод в пойме в конце бассейна Горганруд, влияния наводнения на изменение параметров качества воды в реке Заррин-Гол, провинция Голестан; влияния влажных и засушливых периодов на физико-

химические свойства подземных вод в провинции Голестан; результатам проведения гидрохимического анализа и оценке качества воды в реке Дуг с использованием графических методов, кластерного анализа и показателей качества; исследовании загрязнения грунтовых вод города Горган с упором на тяжелые металлы.

В исследованиях по проведению гидрохимической и качественной оценки ухудшения состояния реки Горганруд, оценки качества реки Горганруд с использованием индекса NSFQI в городском районе Гонбад-Кавус, оценка качества воды в реке Гарасу (Северный Иран) с использованием многомерного статистического анализа, оценки влияния плотины водохранилища на характеристики извилистой реки Горган следует отметить работы Reza Esmaili, Ghasem Lorestani, Ghafor Baziar (2018), Khaledian Yones, Ebrahimi Soheila, Natesan Usha, Basatnia Nabee, Nejad Behroz, Bagmohammadi Hamed, Zeraatpisheh Mojtaba (2018), M.G. Mahmoodlu, N. Jandaghi, M. Sayyadi (2020), M. Nasri, A. Ghoghghi, H.T. Podeh (2023) [10].

Провинция Мазандаран, бассейн реки Хараз

Вопросам исследования способности к самоочищению и качества воды реки Хараз в сухой и влажный сезон; показателей качества воды реки Хараз, притока и оттока воды рыболовного хозяйства; состояние параметров качества воды долины реки Хараз и сравнения ее показателей посвящены работы Aminirad Hasan, Abessi Ozeair, Kootenaei Farshad et al. (2021), Khademi Azam, Najafi Mahsa, Nejadian, Shahrzad et al. (2021). A Mohseni-Bandpei, Yousefi, Zabihollah (2013), Farhad Yousefabad, Leila Ooshaksaraie, Fatemeh Shariati et al. (2013).

Работы по оценке гидролого-гидрохимического состояния бассейна реки Хараз, водохозяйственной обстановке с использованием многомерных статистических методов и индексов отмечены при оценке пространственных и сезонных колебаний качества поверхностных вод с использованием многомерных статистических методов (Pejman A.H., G. R. Nabi Bidhendi, A.R. Karbassi, N. Mehrdadi, M. Esmaili Bidhendi (2009), разработке программ мониторинга и оценки качества воды в реке Хараз на севере Ирана с использованием традиционных методов и индексов бентосных макробеспозвоночных (Tavakol M., Arjmandi R., Shayeghi M. et al., 2017; Banagar G., Riazi B., Rahmani H. et al., 2018), оценке спроса и предложения воды в бассейне реки Хараз с использованием системно-динамического модельного подхода Vensim (Montaseri Hossein, Khalili Reza, Motaghi Hamed et al. (2021), апробации многокритериального группового принятия решений для управления качеством воды (Ahvazi Amin, Ebadi Taghi, Zarghami Mahdi et al. (2023) [12, 13].

В работах Kerama Abdolsamad (2008), Toughani Mohse, Manuchehri Hamed, Ebadi et al. (2020), Behrooz Reza, Esmaili-Sari Abbas, Chakraborty Paromita (2020) отражены проблемы рационального природопользования и современные антропогенные воздействия, а именно - воздействие на окружающую среду питательных веществ, сбрасываемых сточными водами аквакультуры в реку Хараз; распределение и оценка экотоксикологического риска стойких органических загрязнителей в поверхностных водах рек Талар, Баболруд и Хараз, Влияние лососевых ферм на изменения сообщества макробентоса реки Хараз от Газанака до региона Нияк (провинция Мазендеран, Иран) и др.

Важным результатом при проведении геоэкологических исследований, определения морфологических и гидролого-гидрохимических изменений, выявлении связей современных геоэкологических процессов с колебаниями уровней антропогенной нагрузки Каспийского моря, включая бассейны рек Иранского побережья – Горган и Хераз, является создание тематических картосхем с использованием ГИС и ДЗЗ. Опыт и подходы к созданию карт земельного покрова Ирана с использованием изображений Sentinel в Google Earth Engine и нового автоматического рабочего процесса для классификации земельного покрова с использованием перенесенных обучающих образцов; оценке антропогенного истощения водоносных горизонтов Ирана; преобразования зоны жизнедеятельности в экологически менее ценный земельный покров в Иране отмечены в работах Mohammadi, S. Alaghmand (2008),

Mousaei Sanjerehei Mohammad (2014), Arsalan Ghorbanian, Mohammad Kakooei et al. (2020), R. Noori, M. Maghrebi, A. Mirchi et al. (2021), S. Ashraf Samaneh, Nazemi Ali, AghaKouchak Amir (2021). Вопросам создания и актуализации цифровых тематических и комплексных карт и атласов водосборов Каспийского моря посвящены разработки ученых и исследователей РГО, МГУ, Института Карпинского и др.: Электронный атлас Каспийского моря (МГУ, 2015), Атлас Каспийского моря (Колодкин А.Е., Картографический фонд РГО, 1826), ГИС-Атлас Каспийского региона (2014-2017) [11].

Работа выполнена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (Соглашение Минобрнауки РФ № 075-15-2024-644)

Литература

1. Ализате Кетек Лахиджани Хамид. Сток рек и устойчивость Иранского побережья Каспийского моря: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.16. Москва, 1997. 119 с.
2. Демин А.П. Современные изменения водопотребления в бассейне Каспийского моря / А. П. Демин // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 3. С. 259-275.
3. Джандаги Надер. Стохастическое моделирование стока речных систем Ирана в условиях климатической неопределенности и развития хозяйственной деятельности: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.23.16 / Джандаги Надер; [Место защиты: Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева]. Москва, 2016. 24 с.
4. Норузи Мохаммадбагер. Особенности климатических условий Ирана и развития туризма: автореферат дис. ... кандидата географических наук: 25.00.24 /Норузи Мохаммадбагер; [Место защиты: Тадж. гос. пед. ун-т им. Садриддина Айни]. Душанбе, 2012. 26 с.
5. Петров М.П. Библиография по географии Ирана [Текст]: Указатель литературы на русском языке: [Аннотир.] (1920-1954) / Отв. ред. чл.-кор. Акад. наук Туркм. ССР В. Н. Кунин; Акад. наук Туркм. ССР. Б-ка Акад. наук СССР. Ашхабад: Изд-во Акад. наук Туркм. ССР, 1955. 237 с., 4 л. ил., 3 отд. л. карт.; 23 см.
6. Шейхи Джоландан Бахриар. Геоморфология и история развития юго-западного побережья Каспийского моря: Иран - область Гилян: диссертация ... кандидата географических наук: 25.00.25 / Шейхи Джоландан Бахриар; [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова]. Москва, 2013. 145 с.: ил.
7. Широкова В. А. "Реки, впадающие в Каспийское море": взгляд через столетия / В. А. Широкова, В. М. Савенкова // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2019. № 2(45). С. 109-113. DOI 10.25744/vestnik.2019.45.2.018.
8. Jandaghi N., Mahmoodlu M.G., Nasiri A. Effect of wet and drought periods on physicochemical properties of groundwater resources in the Golestan Province // Desert Management. 2021. № 9 (2). P.63-78. (In Persian).
9. Kaviani A., Namdar M., Golshan M., Bahri M., Hydrological modeling of Climate Changes Impact on flow discharge in Haraz river Basin (in persian) // Journal of Natural Environmental Hazards. 2017. №6. P. 89-104.
10. Mahmoodlu M.G., Jandaghi N., Sayyadi M. Hydrochemical Evaluation Assessment and Qualitative Death of Gorgan Roud River, Golestan Province // Iranian Journal of Geology. 2020. №55 (14). P. 129-145 (In Persian).
11. Mehrdadi N. Preparing the atlas of physical, chemical and pollution characteristics of Talar, Babolrud, Haraz and Tajan in GIS, Research projects of Mazandaran Province // Regional Water Organization. 2010.
12. Mohseni-Bandpei A., Zabihollah Yousefi. Status of Water Quality Parameters along Haraz River // International Journal of Environmental Research. 2013. №. 7. P. 1029-1038.
13. Tavakol M., Arjmandi R., Shayeghi M. et al. Developing an environmental water quality monitoring program for Haraz River in Northern Iran // Environ Monit Assess. 2017. №189 (8). 17 p.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

© Эльжаев А.С., Саидов А-К. С.-Б.

ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный

Аннотация: Обычно применяемые для изучения оползневых явлений и их прогноза прямые (разрушающие) методы (бурение скважин, сооружение горных выработок) сопряжены с большими затратами средств и времени. В последние годы для изучения оползневых процессов широко применяются геофизические методы, позволяющие с высокой точностью выделять ослабленные зоны (трещиноватые, обводненные), определять глубину поверхности скольжения и положение кровли и подошвы пород повышенной влажности, наблюдать за изменениями физических свойств, выявлять зоны разуплотнения грунтов и др. Наибольшее применение среди всего множества методов инженерной геофизики нашли методы электроразведки и сейсморазведки (в различных их модификациях), которые при их комплексировании дают лучшие результаты. Необходимо отметить экономическую целесообразность их проведения, выраженную в снижении времени и стоимости всего комплекса инженерно-геофизических изысканий. В статье приведены примеры применения геофизических методов для решения связанных с оползнями проблем как на территории РФ, так и за ее пределами.

Ключевые слова: геофизические методы, оползень, опасные геологические процессы, электроразведка, сейсморазведка.

Введение

Довольно часто природные процессы, воздействующие на окружающую среду, носят катастрофический характер. К таким опасным природным процессам относятся и оползни. Случаев, когда оползни нанесли значительный ущерб не только инфраструктуре, но и здоровью и жизни человека, в мире большое множество. Так, в работе [18] приводится информация о том, что по причине оползней ежегодно погибает около 1000 человек, а убытки исчисляются в миллиардах долларов.

Оползни являются одним из наиболее опасных геологических процессов (ОГП) и, как отмечалось выше, представляют угрозу не только инженерным сооружениям, но и могут повлечь за собой значительные человеческие жертвы. Оползни могут возникать по бортам карьеров, при разработке полезных ископаемых открытым способом. С оползневыми явлениями приходится сталкиваться довольно часто по берегам рек, озер, морей, а также в горной местности [1].

Таким образом, актуальность изучения оползневых процессов и их прогнозирования очевидна. Инженерно-геологические исследования считаются традиционными методами оценки оползневой опасности. Однако, они не всегда обеспечивают детальность наблюдений при обследовании больших площадей. Кроме того, проведение инженерно-геологических исследований предполагает разрушение естественного залегания пород, слагающих объект исследования. Дополнительные возможности для всестороннего и более детального изучения оползневых структур без нарушения целостности объекта исследования дают геофизические методы.

Оползни. Определение и строение

Оползень представляет собой массу горных пород, сползшую или сползающую вниз по склону или откосу. Образование оползня – это геологический экзогенный процесс, проявляющийся в смещении масс горных пород вследствие нарушения их устойчивости, под влиянием силы тяжести, когда касательные напряжения становятся больше сопротивления

сдвигу. Оползнем также называют участок смещенных горных пород, включая зоны отрыва, транзита и накопления [1].

В работе [8] предложены с позиций системного подхода следующие определения оползня и оползневого процесса:

Оползень – природное тело (динамическая геосистема открытого типа), включающее горные породы и почвенно-растительный покров, ограниченное земной поверхностью и поверхностью смещения.

Оползневой процесс – последовательное изменение состава, состояния и свойств оползня с момента его зарождения и перемещения на другой уровень по поверхности скольжения, как правило, без потери контакта с неподвижным ложем.

Оползневой процесс может возникнуть под воздействием сил, оказывающих даже незначительное влияние на устойчивость грунтовых масс, слагающих оползневой склон. Даже незначительные побудительные причины, такие как обводнение грунта, в результате дождей или сотрясение грунта от проезжающей автотехники могут вызвать процесс движения оползневых масс. Вследствие этого, происходят изменения в структуре грунта и его состоянии, способствующие началу процесса потери его устойчивости. Оползень может формироваться на протяжении длительного периода времени. Иногда процесс потери устойчивости незаметен, иногда затихает и прекращается вообще, но это не значит, что под воздействием каких-либо природных или техногенных факторов он не будет возобновлен и не приведет к катастрофическим последствиям [1].

На сегодняшний день существует много классификаций оползней, в основу которых положены такие параметры, как строение оползня, его размер, динамика оползневого процесса, причина и условия образования и др. [1, 4, 11, 13, 14]. Современные оползни подразделяются на: движущиеся или активные (процесс равновесия продолжается), приостановившиеся (действие силы, вызывающей нарушение равновесия, временно уравновешено факторами устойчивости), остановившиеся (силы, нарушающие равновесие, временно устранились), закончившиеся (действие нарушающей равновесие силы исчерпано) [3].

По происхождению выделяют следующие генетические типы оползней: сейсмогенные, гидрогенные, климатогенные, гидрогеологенные и полигенные.

Во многих работах можно найти и другие типы оползней с учетом различных характеристик. Например, Тихвинский И.О. предлагает следующую классификацию: оползни сдвига (скольжения, блоковые, «собственно оползни»), выдавливания (раздавливания), гидродинамического разрушения (выплывания), вязкопластические (вязкопластического течения, консистентные, грязевые), внезапного разжижения [15]. Петровым Н.Ф. выделяются оползни скольжения, выдавливания, проседания, выплывания (суффозионные), проседания, течения, оседания и разжижения [13].

Для развития оползневого процесса необходимы факторы и причины. Причины оползневого процесса можно разделить на три группы [12]:

1. Изменение высоты и формы склона. В эту группу входит срезание склона посредством природной или антропогенной деятельности. В качестве природной деятельности выступает эрозия склона постоянными или временными водотоками, абразивным воздействием водохранилищ и морей. Для антропогенной деятельности характерен искусственный срез склона для инженерно-хозяйственных нужд.

2. Изменение строения, состояния и свойств грунтов, из которых состоит склон. В данную группу объединены процессы, изменяющие свойства грунтов (физические, химические, механические). В частности, физическое и химическое выветривание, воздействие атмосферных осадков и подземных вод, изменяющее влажность грунтов, а также суффозионный и карстовый процессы.

3. Дополнительная нагрузка на склон. К ней относятся сейсмические гидростатические, гидродинамические, а также антропогенное статическое или динамическое воздействия.

Исходя из этого, оползневой процесс формируется в геологической среде, подготавливается группой факторов и происходит под действием силы тяжести. В качестве признаков, идентифицирующих проявления оползневой процесса, наиболее часто используются следующие: оползневые трещины и цирки; плоскости срыва; образующиеся валы у подножия склона; оползневые уступы; несовпадение положения пластов в разрезе склонов; наличие большого числа водопроявлений на склонах; наличие деформаций в сооружениях, находящихся в области влияния оползневой процесса. Данные признаки имеют разный уровень выраженности в зависимости от активности оползня, стадии его развития и возраста [3].

Важным этапом в изучении оползневых процессов является их прогнозирование, т.к. учет вероятного их появления, прогнозных данных о степени активности и продолжительности позволит не только правильно планировать объекты инфраструктуры, проводить защитные мероприятия, но и, что наиболее важно, избегать человеческие жертвы.

При инженерно-геологических исследованиях принято разделение прогнозов на глобальные, региональные и локальные, так как в зависимости от того, какой объем геологического пространства вовлекается в сферу прогнозирования, существенно меняется не только вид прогноза, но и задачи и применяемые методы прогнозирования [16].

Для проведения оценки оползневой опасности требуется решение ряда вопросов относительно строения склона, условий залегания отдельных слоев и толщ горных пород, состояния и свойств коренных и перекрывающих их более молодых пород, режима подземных вод. Эти вопросы необходимо решить с учетом таких факторов как климат и гидрогеологические условия, история развития оползня, инженерная деятельность человека.

К традиционным методам оценки оползневой опасности относятся инженерно-геологические методы. Каждый оползень имеет определенную подвижность, которая зависит от состояния равновесия слагающих его пород и проявляется в рельефе оползневой участка, в изменении его внутреннего строения и нарушении устойчивости местности и сооружений. Таким образом, инженерно-геологические методы оценки оползневой опасности основываются на изучении морфологии, строения (структуры оползня), обводненности и физико-механических свойств пород, слагающих оползень, сопутствующих геологических процессов и явлений, динамики развития оползневых явлений, соотношения усилий (сдвигающих и удерживающих), определяющих равновесие масс горных пород, слагающих оползень [1].

Для повышения детальности и эффективности инженерно-геологических исследований оползней необходимо привлечение методов, позволяющих оперативно охарактеризовать неоднородную структуру оползневых массивов, осуществить оценку изменения в них физико-механических свойств пород, а также выделить зоны ослабления, приуроченные к основным элементам оползня. Большинство этих задач могут быть решены с привлечением инженерно-геофизических методов исследования [2, 5, 7, 9, 17, 18].

Примеры применения геофизических методов для изучения оползневых процессов

Применение геофизических методов позволяет обследовать большие площади при детальности наблюдений, недоступной для методов инженерно-геологических изысканий. Поэтому в последние годы инженерно-геофизические изыскания получили широкое распространение [6, 7, 10, 20].

Одно из основных преимуществ методов инженерной геофизики перед другими полевыми методами исследования оползневых процессов заключается в том, что они позволяют

изучать физико-механические свойства пород оползневого массива во времени и пространстве, не нарушая целостности объекта исследования.

Наибольшую эффективность при решении инженерно-геологических задач в целом и, в частности, при изучении оползней показали различные методы сейсморазведки и электроразведки [10, 5, 18]. Решаемыми этими методами задачами являются: картирование массива оползня (с литологическими и гидрогеологическими особенностями); определение мощностей и электрических свойств отдельных слоев; определение глубины залегания подстилающих пород; изучение ослабленных участков массива и установление поверхности скольжения; определение поверхностей древних оползней; определение направления и скорости движения оползня; установление направления и скорости движения подземных вод; оценка водно-физических и физико-механических свойств грунтов, степени обводненности пород в естественном залегании.

Ниже приведем несколько примеров эффективного применения методов инженерной геофизики при изучении оползневых процессов [2, 5, 7].

1. Определение глубины залегания зеркала скольжения оползня.

Объект исследования – оползень в районе поселка Харанцы – находится на острове Ольхон. Здесь нашли применение такие методы, как вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ).

ВЭЗ было выполнено четырехэлектродной симметричной установкой AMNB. Всего было выполнено 15 зондирований по трем профилям (рис. 1). В этих же точках была выполнена сейсморазведка. Исследования проводились с возможностью регистрации продольных и поперечных волн. Такая методика измерений позволяет получать средние значения скоростей в верхней зоне разреза до глубины 10-20 м.

По результатам совместной интерпретации (ВЭЗ и МПВ) построен сводный геофизический разрез. Пример разреза по профилю ПР2 представлен на рисунке 2.

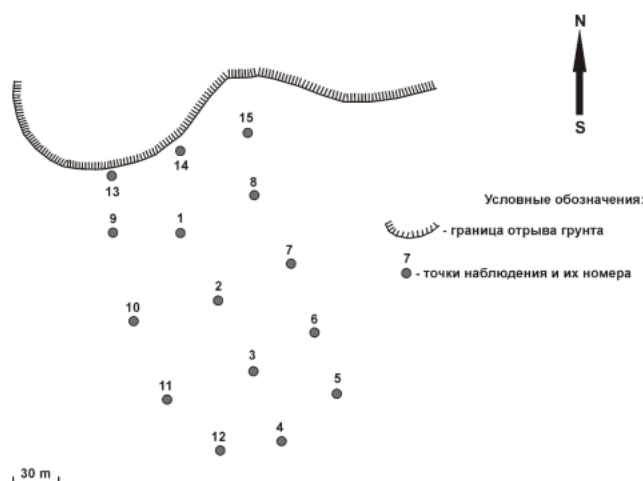


Рисунок 1 – Схема расположения точек зондирования

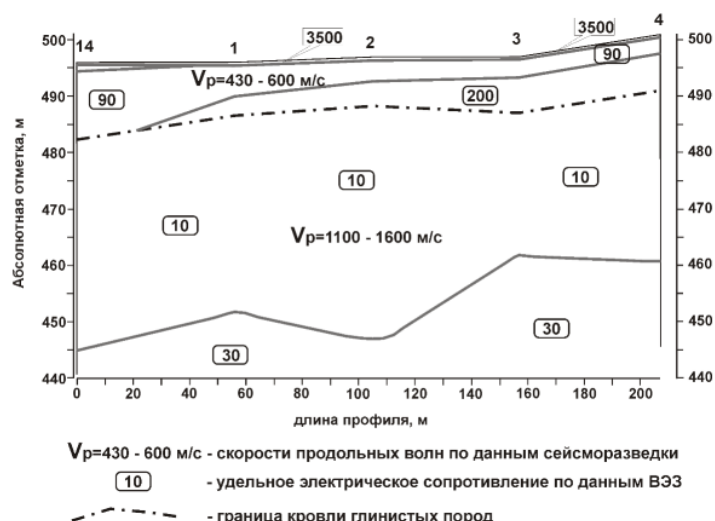


Рисунок 2 – Сводный геофизический разрез по профилю ПР2

По данным МПВ в верхней части разреза выделяется только два горизонта, первый из которых сложен суглинками и супесями, второй – глинистыми породами. Скорость продольных волн V_p в первом горизонте составляет 430-600 м/с, во втором – 1100-1600 м/с. Различие в скоростях определяется типом грунта, а также процентным содержанием воды. Мощность верхнего слоя на протяжении всего профиля колеблется в пределах 6-9 м. Подошву глинистых пород определить по годографам не представлялось возможным, поэтому она определена по данным электроразведки.

В результате количественной интерпретации кривых ВЭЗ в пределах профиля выделяется четыре основных горизонта. Самый верхний слой имеет высокое сопротивление (3500 Ом·м) и мощность 0,5-1 м. Ниже расположен горизонт, представленный суглинками и супесями с сопротивлением 90 Ом·м. Его мощность варьирует от 3 м в районе пикета ПК4 до 12 м. на пикете ПК14. Под ним находится выклинивающийся слой, сложенный обводненными песками с электрическим сопротивлением 200 Ом·м, средняя мощность которого составляет 5-6 м. Выклинивание происходит по направлению предполагаемой линии движения оползня. Мощность следующего горизонта составляет 30-40 м. на ПК4 и ПК14 соответственно. То есть по направлению движения оползня мощность данного слоя, сложенного глинистыми породами, возрастает. Он характеризуется низким электрическим сопротивлением – 10 Ом·м. Под ним на глубине 40-50 м. расположен слой с электрическим сопротивлением 30 Ом·м. Данный горизонт сложен разрушенными, обводненными коренными породами. Его кровля является зеркалом скольжения оползня [5].

2. Изучение оползневого склона вблизи газопровода СРТО-Торжок.

Объект исследования находится в Архангельской области, в 3 км от южной границы г. Котлас. Газопровод относится к особо ответственному сооружению.

Интересная информация, связанная с оползнями на рассматриваемом участке, получена в результате картирования в плане элементов неоднородности по данным электрозондирований (рис. 3).

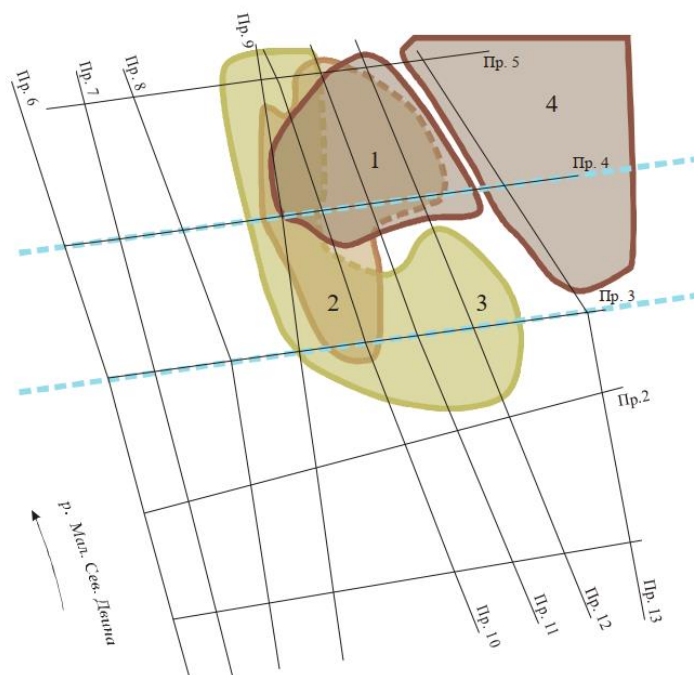


Рисунок 3 – Расположение элементов строения разреза по данным ВЭЗ, связываемых с оползневыми грунтами (элементы 1-3):

1 – суглинки с гравием и галькой; 2 – пески разуплотненные; 3 – пески с глинами; 4 – суглинки с гравием и галькой, залегающие в ненарушенном состоянии.

Были оконтурены три грунтовых тела, выявляющие структуру оползня на этом участке:

1) суглинки с гравием и галькой, отмеченные в разрезе скважин №№ 004, 006 и 1427, образующие в плане изометричное тело мощностью 1-5,5 м. Минимальные отметки его подошвы около 55 м., в рельефе местности телу соответствует локальное возвышение; 2) пески с пониженной плотностью, тело неправильной формы (в плане), залегает под суглинками; мощность 1-6 м., минимальные отметки подошвы около 52 м., контуры тела тоже находят отражение в положительной форме рельефа местности; 3) грунты существенно глинистого состава слагают нижнее тело, выделенное по пониженным значениям электросопротивления, по гипсометрическим отметкам тело приурочено к подошве ИГЭ-11, эти грунты мощностью ~3 м. вскрыты скважиной № 446, минимальная отметка подошвы 50 м.

Схема изогипс поверхности ИГЭ-21 по данным электроразведки говорит о наличии ложбины (переуглубления в поверхности ИГЭ-21) вблизи проектируемой резервной нитки (профиль 4). Это может быть связано как с водной эрозией, так и с древними оползневыми процессами. Полученные материалы геофизических исследований позволили достаточно уверенно выявить и картировать в плане оползневые образования [2].

3. Диагностирование оползнеопасных зон.

Объект исследования – массив разреза «Ангренский», г. Ангрен Ташкентской области. Методы исследования: сейсмические исследования (методика кругового сейсмического зондирования), электропрофилирование.

В качестве основного результата обработки данных кругового сейсмического зондирования (КСЗ) определена величина коэффициента анизотропии $K_a = V_{p\parallel}/V_{p\perp}$, характеризующая потенциальную опасность оползнеобразования на изучаемом участке. $V_{p\parallel}$ и $V_{p\perp}$ – скорости распространения продольной волны в направлении, параллельном плоскости разуплотнения массива и перпендикулярном к ней соответственно. На рис. 4 графики изменения величины K_a по сеймопунктам (СП), расположенным примерно параллельно бровке борта, на различных стадиях наблюдения и в зависимости от времени на СП,

расположенных вблизи борта (СП 131), в средней (СП 132) и тыловой (СП 134) частях потенциально оползнеопасной зоны.

Из приведенных результатов следует, что на границах геофизического профиля (СП134-СП135 и СП127-СП125) величина K_a находится в диапазоне $K_a = 1,04-1,73$, в то время как в центральной части профиля (СП 133-СП 130) она достигает максимальных значений $K_a = 2,00-2,80$ на интервале $t = 12-24$ мес. В дальнейшем (при $t > 24$ мес.) с образованием на земной поверхности борта трещин отрыва происходит разгрузка массива, приведшая к снижению анизотропии механических, акустических свойств массива и соответствующему уменьшению уровня $K_a < 1,6$.

Таким образом, экспериментально установлен критерий отнесения состояния участка массива к потенциально оползнеопасному по результатам кругового сейсмического зондирования – $K_a > 1,6$. Результатом электропрофилирования явилось определение границ зон увлажнения изучаемого объекта [7].

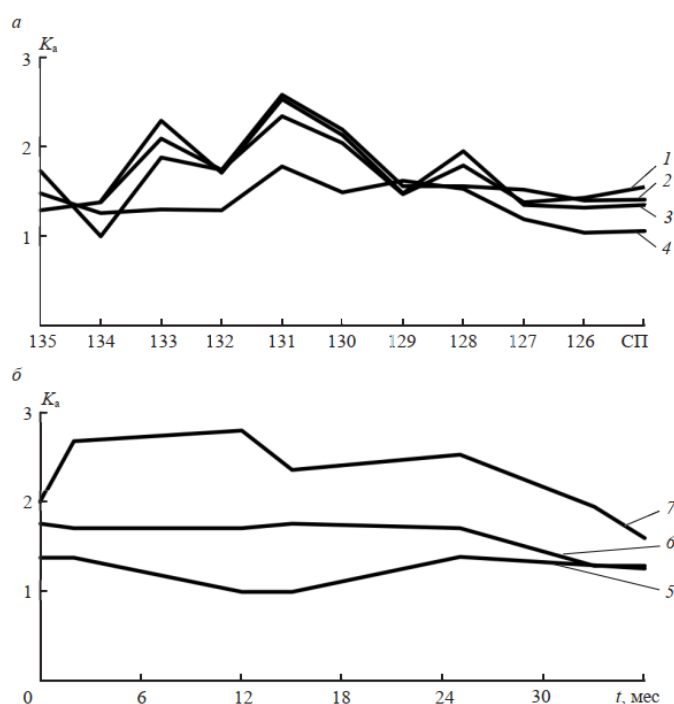


Рисунок 5 – График изменения величины K_a по номерам СП (а) и в зависимости от времени наблюдения (б): 1 – $t = 0$; 2 – $t = 15$ мес; 3 – $t = 25$ мес; 4 – $t = 36$ мес; 5 – СП 134; 6 – СП 132; 7 – СП 131

Заключение

Анализ и обобщение литературных источников и результатов работ многих исследователей позволили провести обзор геофизических методов, дающих наибольшую информативность при решении инженерно-геологических и геоэкологических задач. За объект исследования в данной работе взят один из опасных геологических процессов – оползень. Статья посвящена обзору эффективного применения геофизических методов (в основном, сейсмо- и электроразведки) при изучении оползневых процессов и их прогнозировании. Рассмотрение примеров мировой практики использования методов геофизики для решения геоэкологических и др. задач позволило сделать следующие выводы:

1. Геофизические методы позволяют прослеживать изменения физико-механических свойств пород, слагающих оползневые массивы, во времени и пространстве. При этом сохраняется сплошность (целостность) изучаемых объектов.

2. Совместная интерпретация данных сейсмо- и электроразведочных исследований дает возможность картирования слоев водонасыщенных пород, которые увязываются с зеркалом скольжения оползня.

3. При выявлении и оконтуривании оползневых объектов наиболее информативны методы КМПВ (сейсморазведка) и ВЭЗ (электроразведка).

4. Больше данных об изменениях физико-механических свойств грунтов, необходимых для выявления участков воздействия ОГП, позволяет получить комплексирование различных геофизических методов.

5. По результатам сейсмо- и электротомографических исследований возможно локализовать участки с повышенной влажностью и недостаточными для сопротивления движению глинистых пород прочностными характеристиками.

6. Комплексирование методов сейсморазведки и электроразведки дает возможность определить глубину залегания зеркала скольжения, с большей точностью оценить мощность глинистых и их перекрывающих пород, уточнить направление движения оползня.

Основным преимуществом геофизических методов (неразрушительных) является тот факт, что они позволяют наблюдать за изменениями строения и физико-механических свойств пород, слагающих оползневой массив, в пространстве и времени без нарушения их сплошности, а также их применение существенно снижает затраты времени и средств, при этом являясь наиболее целесообразным и эффективным способом изучения опасных геологических процессов.

Литература

1. Бурлуцкий С.Б., Кудашов Е.С. Оценка инженерно-геологических условий оползневых склонов // Учебно-методическое пособие. С-Пб.: Лема, 2018. 35 с.
2. Воронков О.К., Сигачева Н.Н., Моторин Г.А., Ушакова Л.Ф. Геофизические исследования оползневого склона вблизи эксплуатируемого газопровода // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2008. Т. 250. С. 92-99.
3. Ежов В.С., Хорошилов В.С. Строение и классификация оползней // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 6. С. 54-61.
4. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: Недра, 1972. 310 с.
5. Ескин А.Ю., Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Демин А.А. Геофизические исследования участка оползня в районе поселка Харанцы на острове Ольхон // Известия Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 4 (57). С. 130-136.
6. Заалишвили В.Б., Голик В.И. Геофизическое обеспечение горного производства // Геология и геофизика Юга России. 2024. 14(3): 85-98.
7. Караблин М.М., Простов С.М. Диагностирование оползнеопасных зон прибортового массива разреза «Ангренский» по данным сейсмо- и электроразведки // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 1. С. 48-59.
8. Керимов И.А., Гакаев Р.А., Батукаев А.А. Изучение оползневых процессов горных территорий Чеченской Республики: системно-методологические основы // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2024. Т.9. №2(36). С. 34-41.
9. Керимов И.А., Эльжаев А.С. Применение геофизических методов при изучении оползневых процессов // Геология и геофизика Юга России. 2024. Т.14. № 4. С. 66-83.
10. Керимов И.А., Эльжаев А.С., Додуев А.А. Геофизические исследования на карбоновом полигоне Чеченской Республики // Геология и геофизика Юга России. 2023. 13(3): 49-62.
11. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на европейской территории СССР и его региональный прогноз. М.: Недра, 1980. 210 с.
12. Пендин В.В., Фоменко И.К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности. М.: ЛЕНАНД, 2015. 316 с.
13. Петров Н.Ф. Оползневые системы. Простые оползни (аспекты классификации). Казань: ИТНЦ, 1988. 226 с.
14. Саваренский Ф.П. Опыт построения классификации оползней // Тр. I Всесоюз. оползневого совещания. Л.; Москва: ОНТИ, 1935. С. 29-37.

15. Тихвинский И.О. Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов. М.: Наука, 1988. 144 с.
16. Шуляков Д.Ю. Прогнозирование оползней: обзор методов // Географические исследования Краснодарского края. Краснодар. 2010. С. 55-57
17. Anterrieu O., Chouteau M., Aubertin M. Geophysical characterization of the large-scale internal structure of a waste rock pile from a hard rock mine // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2010. Vol. 69 (4). P. 533-548.
18. Power C., Tsourlos P., Ramasamy M., Nivorlis A., Mkandawire M. Combined DC resistivity and induced polarization (DC-IP) for mapping the internal composition of a mine waste rock pile in Nova Scotia, Canada // Journal of Applied Geophysics. 2018. Vol. 150. P. 40-51.
19. Vorobyov A.E., Hovhannisyan A.H., Kozhogulova G.K. Identifying the main features of landslide movement and developing the basic mechanisms // Proceedings of National Polytechnic University of Armenia. Metallurgy, Material science, Mining Engineering. 2022. № 1. P. 97-109.
20. Zakaria M.T., Mohd muztaza N., Zabidi H., Salleh A.N., Mahmud N., Rosli F.N. Integrated analysis of geophysical approaches for slope failure characterization // Environmental Earth Sciences. 2022. Vol. 81 (10). P. 1-21.

MODELING OF RAINFALL - GROUNDWATER LEVEL USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANN) AND A FORWARD PROCESS IN NORTHEASTERN IRAN

© Jandaghi N.¹, Norouzi N.², Shirokova V.A.³, Nasiri A.⁴

¹Assistant Professor in Engineering Hydrology, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran.

²B.Sc. student in Water Engineering, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Iran.

³ Professor, Department of History of Earth Sciences, Academy of Sciences, Moscow, Russia.

⁴Assistant Professor, Department of Geography, Firouzabad Higher Education Center, Shiraz University of Technology, Firouzabad, Iran.

Abstract: In the present study, a 25-year dataset was used to model rainfall-groundwater level for the next 12 months using an Artificial Neural Network (ANN) in northeastern Iran. After data preparation, 2 forward process structures and a complete data set were used to predict monthly groundwater levels. In this study, the last year's data was used as validation and the remaining data was used for network training. The results showed that using the (ANN) model in fitting and predicting monthly groundwater level for 2 structures used had a good performance and was capable of detecting trends well. In both structures, continuous overestimation and underestimation, which increases the error and reduces the performance of the models, were not observed. However, when modeling (ANN) and using the forward process structure, the model performance improved and the error amount decreased compared to the case where the complete data set was used.

Key words: Modeling, Rainfall, Groundwater, Artificial Neural Network, Forward Process, Iran.

Introduction

Groundwater resources are of great importance as the main source of water supply in Iran. Groundwater is very important for Iran in various aspects of agriculture and food supply, drinking water supply and health, economic development and sustainability, combating drought, biodiversity and the environment, infrastructure development and urban development, etc. Agriculture in Iran is highly dependent on groundwater resources. This issue is especially important in the arid and semi-arid regions of Iran, which have little rainfall. Due to lack of rainfall and lack of access to surface water resources, people depend on groundwater [8].

Iran is one of the largest consumers of underground water in the world and 87% of its population lives in areas that are heavily dependent on underground water for drinking and irrigation purposes. Groundwater constitutes 60 percent of the total water supply in Iran. The water table is changing under the influence of various parameters, including precipitation, evaporation, temperature, humidity, cropping patterns, water supply, and regional parameters such as soil permeability, water retention capacity, and groundwater extraction. Among the climatic elements, rainfall has the greatest variability, and groundwater is mainly influenced by rainfall patterns in a region [9]. Currently, land subsidence due to the reduction of groundwater resources has become a major crisis for critical infrastructure and vulnerable plains residents [10].

One of the most complex hydrological processes is rainfall-groundwater balance processes, which are affected by various physical and hydrological parameters. Understanding and predicting the process of infiltration and recharge of groundwater resources, which plays a major role in providing water resources in Iran, is of great importance [1]. Various methods can be used to model the rainfall-groundwater level process, and in this study, the artificial neural network (ANN)¹ model was used. Artificial neural networks are powerful tools for solving complex problems, and research in this field

¹ - Artificial Neural Network

continues to grow and advance. In this context, we can refer to studies conducted inside and outside Iran that have used the artificial neural network model. Mohtasham et al. [6] used the ANN model to predict groundwater levels in the Birjand Plain of Iran, Mokhtari et al. [7] used the Shabestar Plain of Iran to predict groundwater levels, and Lallahem et al. [4] used the ANN model to evaluate water table levels in karst formations, and they stated that this model had adequate accuracy in predicting groundwater levels. Also, Jandaghi [3] used the forward process in the (ANN) model in modeling monthly precipitation in Golestan Province, Iran. Nazeri et al. [9] used the forward process in modeling rainfall-groundwater level in Golestan Province, Iran. Heydari et al. [2] used the forward process in modeling rainfall-runoff in Khorasan Razavi Province, Iran, and Lohani and Krishan [5] used the forward process in modeling monthly rainfall and groundwater level in India, and evaluated the performance of the forward process as more appropriate than entering the complete data set into the model.

Rainfall and groundwater level modeling is an important aspect of water resources management and urban planning, especially in the city of Behshahr in eastern Mazandaran province (Northeast Iran), which faces various water challenges due to its agricultural nature. Rainfall and groundwater level modeling helps managers and planners to optimally manage groundwater resources. Therefore, the aim of the present study is to evaluate the (ANN) method for modeling rainfall -groundwater level using the forward process structure and compare its results with entering the complete data set into the model in the in northeastern Iran.

Materials and methods

Behshahr County is located in the east of Mazandaran Province, bordered by the Caspian Sea to the north, the cities of Kordkoy and Bandargaz to the east, the city of Damghan to the south, and the cities of Neka and Sari to the west. The economy of this city is based on agriculture, animal husbandry, fishing, and their related industries. The average annual rainfall in this city is 621.5 mm and the average annual temperature is 17.8 degrees Celsius. In the present study, initially, raw statistics from meteorological stations and observation wells within Behshahr city were collected from the Regional Water Company of Mazandaran Province. After examining the accuracy and homogeneity of the data, the meteorological station of the Behshahr Department and two observation wells of the Behshahr Water Department and the Behshahr Agriculture Department were finally selected for this study (Table 1). After reviewing the data, a 25-year statistical period (1997-2022) was selected to conduct this research. Then, the homogeneity of the data was examined using the Run test.

ANN modeling is an important branch of machine learning and artificial intelligence that is designed to mimic the functioning of the human brain. These networks consist of a collection of neurons (or nodes) organized in layers. The main components of neural networks include neurons, input layers, output layers, hidden layers, activation function, etc. The general structure of the (ANN) model is presented in Figure (1).

Due to their design, ANN models have excellent flexibility and perform well in various conditions. Also, this model can be used with any trend, whether linear or nonlinear, seasonal or non-seasonal. Although various types of artificial neural networks have been proposed, feed forward neural networks are usually used in time series [11].

Table 1 - Specifications of meteorological stations and observation wells

Name of a meteorological station or observation well	Type of a meteorological station or observation well	Geographic coordinates		Elevation (m)
		Width	Length	
Behshahr office area	Meteorolog	4063515	726485	14.5
Behshahr Water Department	Observation well	4063540	726467	14.5
Behshahr Agricultural Department	Observation well	4069155	727408	-5

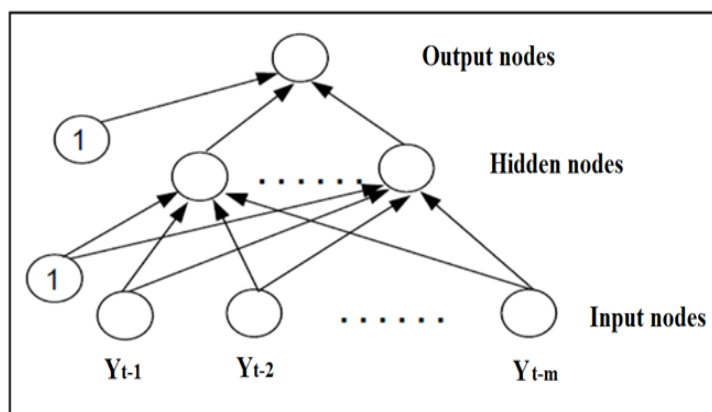


Figure 1 – General structure of an artificial neural network in time series forecasting

In the event that, the relationship between two time series is examined, the past times of the output time series (y_{t-j}) and the present and past times of the input time series (Z_{t-j}) are used as predictor variables in the (ANN) model. So, the model can be written as equation (1):

$$y_t = \sum_{j=1}^n \alpha_j f(\sum_{i=1}^m \beta_{ij} y_{t-j} + \beta_{0j}) + \sum_{j=0}^n \gamma_j g(\sum_{i=1}^m \delta_{ij} Z_{t-j} + \gamma_{0j}) + \varepsilon_t, \quad (1)$$

Where

m - is the number of input nodes,

n - is the number of hidden nodes,

f and g - are the transfer functions from input to output, which are usually considered as sigmoid functions (Equation 2)

α_j and γ_j determine the weights of the paths from hidden nodes to the output layer, and β_{ij} and δ_{ij} determine the weights of the paths between the input layer and hidden nodes [12].

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}, \quad (2)$$

It is important to note that in the modeling, the last year's data was removed from the original data as validation, and the remaining data was used to train the network. In this study, data series in two forward process structures (by determining the number of effective years) as well as the complete data set were entered into the model and their results were compared. The following steps were taken to determine the number of effective years and model the neural networks based on the forward process:

First step: Precipitation data for the last two years and groundwater level data for the previous year were considered as predictor variables and the groundwater level prediction was determined. Then, the RMSE index was calculated for the predicted values.

Second step: In addition to the above data, the precipitation and groundwater levels of the third year were also added to the model and predictions were made. Then the RMSE value was calculated.

Step Three: Adding previous years to the forecast was done until a stage where there was no longer any noticeable change in the RMSE index results related to the forecast values. Finally, the most appropriate neural network model for the data series was selected. Then, the validation of the models used was carried out with the help of three standard indicators: MAE, RMSE and R^2 (equations 3-5).

$$MAE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |Y_t - \hat{Y}_t|, \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{m}}, \quad (4)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^m (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^m (Y_t - \bar{Y})^2}, \quad (5)$$

In the above relations, $\hat{Y}_t$ is the values predicted by the model, Y_t is the observed time series value at time t , and m is the number of predicted values. The smaller the RMSE and MAE coefficients are calculated, the model is more appropriate, as a result the error of that model is less. The value of the coefficient of determination (R^2) is varied between 0-1, and as this number gets closer to 1, the model error decreases and its accuracy increases. SPSS and Excel software were used to conduct this research.

Results

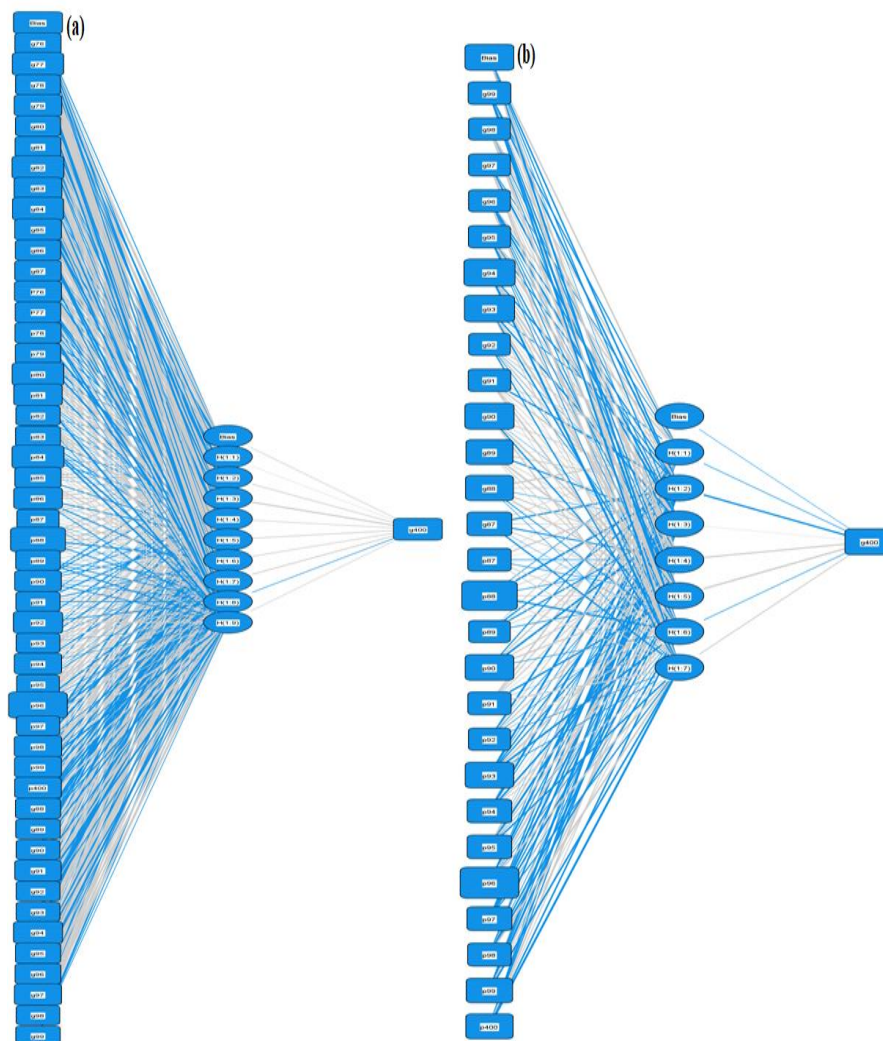


Figure 2 - Comparison of the model (ANN) in 2 structures using the complete data set (a) and the forward process (b) for rainfall-groundwater level modeling

In this study, since years closer to the current situation have more accurate information about the situation at this time, years were considered as a forward process in neural networks and compared with the complete data set. Figures (2) show a comparison of the structure of the artificial neural network model for precipitation values and groundwater level in two cases using the full data set and the forward process for the Behshahr Water Department well. According to Figure (2b), it was found that based on the forward process, the precipitation values and groundwater levels of the past 14 years were entered into the model as predictor variables and performed best, while Figure (2a) with a more complex structure is for the case where the complete data set (25 years) was used for modeling the

artificial neural network. These conditions in the Behshahr Agricultural Department well were similar to the Behshahr water Department well.

Then, using the two structures mentioned and with the help of the (ANN) method, modeling and forecasting of monthly groundwater levels using rainfall data for the next 12 months was attempted. It is important to note that in this study, for modeling in both structures, the last year's information was removed from the original data as a validation, and the remaining data was used for network training. Figure (3) shows a comparison chart of the observed and estimated monthly groundwater level values by the (ANN) model in the two structures used. According to Figure (3), the use of the (ANN) model in the two structures used for both wells has performed well in detecting trends. However, when using the forward process, the ANN model performed better than when using the full data set.

To validate the two structures used in the (ANN) model to predict monthly groundwater level data, three standard indices, RMSE, MAE, and R2, were used and the results were presented in Table (2). Examining the results in Table (2) showed that when using the (ANN) model and based on all three indicators, using the forward process structure compared to the complete data set resulted in more appropriate performance, although both structures had adequate accuracy.

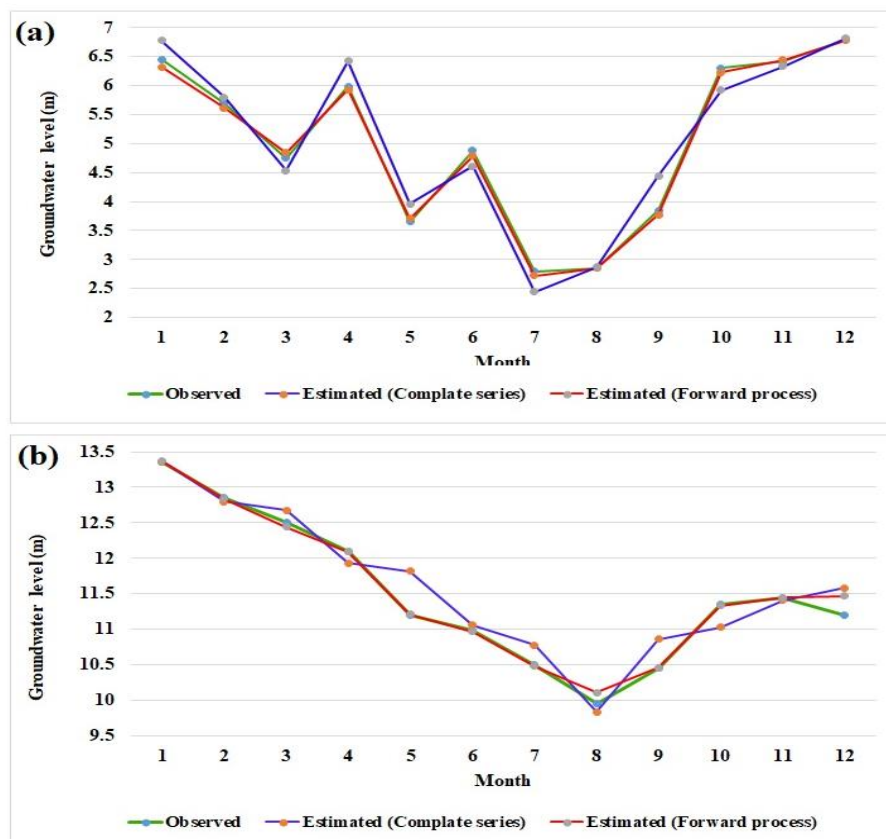


Figure 3 – Comparison of monthly groundwater level observed and estimated by the (ANN) model in 2 structures using the complete data set and the forward process in the observation wells of the Behshahr Agricultural Department (a) and Behshahr Water Department (b)

Accordingly, the amount of calculation error based on the RMSE index when using the complete data set in the wells of the Water Department and the Agriculture Department of Behshahr was 0.2833 and 0.3105 meters, respectively, which was reduced to 0.0931 and 0.0737 meters by using the forward process. Therefore, the forward process has caused a reduction of 1.67 and 3.76 percent in the two observation wells studied. Also, the results of the MAE index were calculated exactly the same as the results of the RMSE index. Based on the R^2 index, like the other two indices, both structures

have good accuracy. However, the forward process structure has a higher accuracy for predicting the monthly groundwater level in both wells than entering the complete data set into the model.

Table 2 – Results of validation of the (ANN) model for predicting monthly groundwater level values in the studied wells

Name of observation well	Type of structure used	Standard index		
		R2	RSME	MAE
Behshahr Water Department	Forward process	0.9924	0.0931	0.0508
	Complete data set	0.9285	0.2833	0.2217
Behshahr Agricultural Department	Forward process	0.9979	0.0737	0.0650
	Complete data set	0.9538	0.3105	0.2600

Conclusion

In the present study, using 25-years data and (ANN) model, rainfall-groundwater level of 2 wells in eastern Mazandaran province was modeled for the next 12 months. The results of this study showed that the use of the (ANN) model in fitting and predicting monthly groundwater level using rainfall data for both structures used had a good performance and was able to detect the trend of data changes. In both structures, continuous overestimation and underestimation, which causes an increase in error and a decrease in the performance of the models, were not observed. The results of this study are consistent with the studies of Mohtasham et al. [6], Mokhtari et al. [7], Lallahem et al. [4], and Lohani and Krishan [5], who evaluated the use of artificial neural network models in predicting environmental processes. However, when modeling (ANN) and using the forward process structure of the complete data set, the model performance improved and the error rate decreased. The results of this study are consistent with the studies by Nazari et al. [2], Jandaghi [7], and Heydari et al. [8], which state that the use of a forward process and the determination of effective years leads to a reduction in error and an improvement in modeling performance.

Given that years closer to the present have more accurate information about the situation at this time, it is suggested that, in order to reduce error and increase the accuracy of predictions, the forward process be used for modeling instead of using the complete data set. Although using this structure is time-consuming, it can improve the efficiency and accuracy of the model.

References

1. Fistikoglu, O., Gunduz, O. and Simsek, C. 2016. The correlation between statistically downscaled precipitation data and groundwater level Records in North-Western Turkey. *Water Resources Management*, 15: 7. 122-129.
2. Heydari, A., Jandaghi, N., Ghareh Mahmoodlu, M. and Azimmohseni, M. 2024. Investigating the Forward Algorithm in Modeling the Rainfall-Runoff Process Using ANN Model. 18h National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran (Watershed Management & Rehabilitation and Restoration of Soil and Water Resources), University of Kashan, Iran.
3. Jandaghi, N. 2023. Study on the forward process in monthly rainfall modeling using Artificial Neural Network. 17th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran (Watershed Management & Sustainable Food Security), University of Jiroft, Iran.
4. Lallahem, S., Mania, J., Hani, A. and Najjar, Y. 2005. On the use of neural networks to evaluate groundwater levels in fractured media. *Journal of Hydrology*, 307(1-4): 92-111.
5. Lohani, A. k. and Krishan, G. 2015. Application of Artificial Neural Network for Groundwater Level Simulation in Amritsar and Gurdaspur Districts of Punjab, India. *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 6: 4. 1-5.
6. Mohtasham, M., Dehghani, A., Akbarpour, M. and Etebari, B. 2010. Groundwater Level Determination by Using Artificial Neural Network (Case study: Birjand Aquifer) *Iranian Journal of Irrigation and drainage*, 1(4): 1-10.

7. Mokhtari, Z., Nazemi, A. and Nadiri, A. 2012. Predicting groundwater levels using artificial neural network models (Case study: Shabestar Plain). *Journal of Geotechnical Geology*, 8(4): 345-353.
8. Mousavi, S.J. 2017. *Water resources management*, First edition, Amirkabir University of Technology Publications, Tehran, Iran.
9. Nazeri, Y.A., Jandaghi, N., Ghareh Mahmoodlu, M. and Azimmohseni. 2023. Relationship between rainfall and groundwater level using time-lagged regression. *Journal of Water and Soil Conservation*, 30(2): 27-49.
10. Safdari, Z., Nahavandchi, H., Joodaki, G. 2022. Estimation of Groundwater Depletion in Iran's Catchments Using Well Data. *Water*, 14, 131. <https://doi.org/10.3390/w14010131>
11. Wunsch, A., Liesch, T. and Broda, S. 2020. Groundwater level forecasting with Artificial Neural Networks: A comparison of LSTM, CNN and NARX. *Hydrology and Earth System Sciences*. 552: 1-11.
12. Zhang, G. P. and Qi, M., 2005. Neural network forecasting for seasonal and trend time series. *European journal of operational research*, 160(2): 501-514.

Научное издание

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ГНТУ ИМ. АКАДЕМИКА М.Д. МИЛЛИОНЩИКОВА
ФИЦ «ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ИМЕНИ А.О. КОВАЛЕВСКОГО РАН»
АКАДЕМИЯ НАУК ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО ФИЦ РАН
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ВНЦ РАН

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
БАСЕЙНОВ ГОРНЫХ РЕК:
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ,
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научные редакторы:

д.ф.-м.н., профессор И.А. Керимов
д.г.н. Р.В. Горбунов

Технический редактор – З.Ш. Гагаева
Компьютерная верстка – А.А. Батукаев

Подписано в печать 04.04.2025. Формат $\frac{1}{8}$ 70×108
Бумага офсетная. Тираж 50 экз.
ООО «Формат», г. Грозный, ул. им. Гайрбекова, 72