

УДК 631.48

О ГЛОБАЛЬНОМ ЗНАЧЕНИИ ВРЕМЕННО-ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ АРИДНЫХ ПОЧВ В РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ОПУСТЫНИВАНИЯ

© 2025 г. З.Г. Залибеков*, М.А. Мусаев*, Д.Б. Асгерова**

*Институт Геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
Россия, 367025, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, д. 75. E-mail: bfdgu@mail.ru

**Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального
исследовательского центра РАН

Россия, 367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: asdi7408@mail.ru

Поступила в редакцию 27.01.2025. После доработки 10.02.2025. Принята к публикации 15.02.2025.

Значительный объем проведенных научно-исследовательских работ по изучению процессов опустынивания, аридизации засушливых земель и континентальных пустынь создали основу для дифференциации сезонных (временных) изменений, способствующих смене признаков аридных почв и соответствующих компонентов экосистем элементами режима гумидных условий. Радикальное изменение степени увлажнения почвенно-растительного покрова по сезонам года связано с формирующимися различиями в обеспеченности почв влагой из атмосферных осадков в разные периоды года.

Природная стадия процессов устранения дефицита почвенной влаги в осенне-зимний, зимне-весенний периоды в зоне засушливых земель полупустынных и степных комплексов приводит к понижению иссушения почвенного профиля, обогащая корнеобитаемый слой влагой до уровня водообеспеченности почв, характерного для гумидных областей. Продолжительность периода использования растениями накопленной влаги за указанные сроки составляет 60-70 дней, где соотношение показателей температуры воздуха и влажности почв определяется в диапазоне, оптимальном для роста и развития растений. Выявление периода с оптимальным соотношением тепла и влаги с определенной продолжительностью в зональных условиях проявления опустынивания, включая высшую стадию опустынивания, дает основание для разработки технологии, которая отличается от общепринятой зональной и учитывает условия, характерные для полупустынного климатического режима (Акимцев, 1957; Биарсланов и др., 2021).

Ключевые слова: атмосферные осадки, опустынивание, континентальное опустынивание, локальное опустынивание, фактор ограничения, пустыни, временно-функционирующие свойства, стадия увлажнения, испарение, соотношение тепла и влаги, ослабляющие деградацию почв свойства, высшая степень.

DOI: 10.24412/1993-3916-2025-2-33-44

EDN: FWTOBL

В контексте проявления высшей стадии опустынивания в условиях полупустынь следует указать на деградацию растительности природных кормовых угодий с полной потерей ее продуктивности и биологического разнообразия. Такие ареалы получили название «очагов опустынивания» с параметрами, характерными для зоны континентальных пустынь тропического пояса. Континентальным пустыням высшей стадии опустынивания, например, Сахельской зоне Африки, юго-восточной части Австралии и другим регионам тропического пояса, характерны такие особенности, как геологическое происхождение и отсутствие временно-функционирующих свойств почв, характерных для гумидных условий. Круглогодичный стабильный дефицит атмосферных осадков и высокая температура при отсутствии подземных и поверхностных вод подчеркивают целесообразность дифференциации высшей стадии опустынивания с обособленной характеристикой её развития для условий континентального тропического климата, пустынь и полупустынь (Кулик, 2001; Ташнинова, Ташнинов, 2016).

У компонентов аридных экосистем умеренно-засушливой зоны формируются временно-

функционирующие свойства и признаки, характерных для регионов засушливого пояса. Продолжительность их функционирования ограничена периодами летнего и зимнего анабиоза, способствующего иссушению профиля почв, разрушению структуры, потере тонких фракций и дезагрегации минеральной части почв и породы (Александровский, 2018).

Фактор ограничения продолжительности функционирования признаков высшей стадии опустынивания выступает в качестве одного из важных критериев, обуславливающих глобальное распространение временно-функционирующих свойств и их комбинаций. Выявление этой закономерности в засушливых условиях умеренно-теплой зоны раскрывает потенциальные возможности освоения ресурсов аридных земель, подверженных опустыниванию и аридизации. Большое значение также имеет вторая часть разработки, посвященная изучению условий выращивания растений с короткой вегетацией в периоды проявления временно-функционирующих свойств гумидного направления. Период проявления гумидного режима характеризуется высокой степенью увлажнения и полной полевой влагоемкостью почв.

Материалы и методы

Периодичность проявления условий гумидного режима и значительная продолжительность межсезонных стадий изучены на территории Дагестана в аридных регионах Прикаспийской низменности. Сбор показателей гидротермических условий осуществлен по данным наблюдений метеостанций указанных регионов за 2010-2015 гг. Общее состояние, количество и распределение атмосферных осадков характеризует значительные различия в распределении осадков в теплый и холодный периоды года (рис. 1).

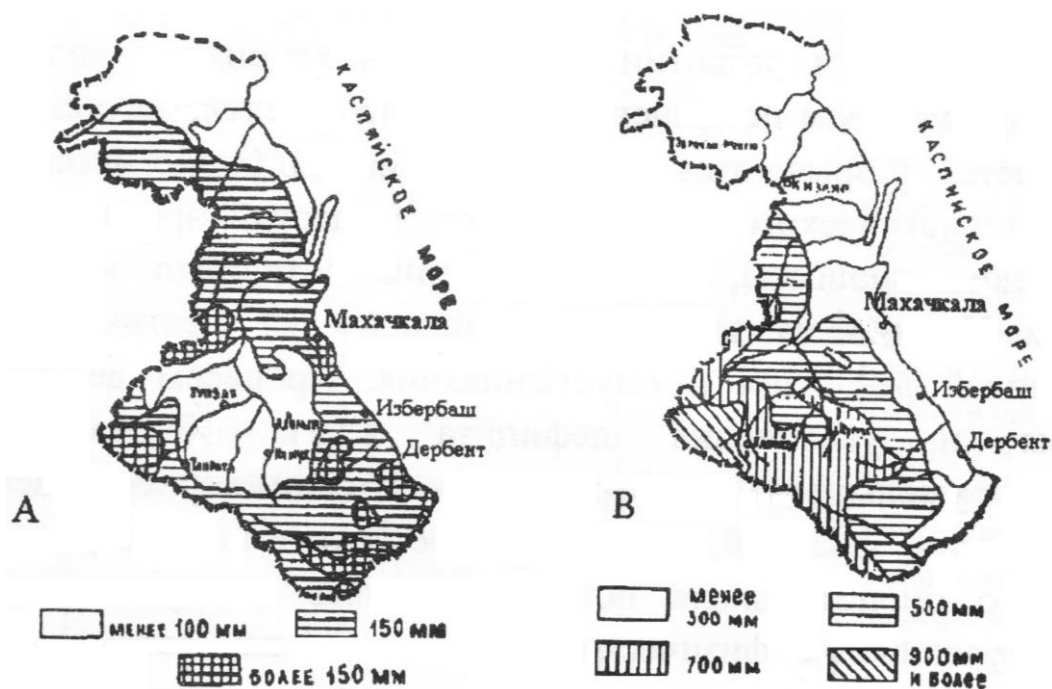


Рис. 1. Годовое распределение атмосферных осадков на территории Дагестана: А – холодный период, В – теплый период

Минимальное количество осадков (до 100 мм) в холодный период выпадает в северной части равнинного Дагестана, тогда как по всей территории равнин и предгорий выпадает около 300 мм. При температуре зимних месяцев от -2 до $+5^{\circ}\text{C}$ количество осадков уменьшается до 150 мм, значительно превышая показатели испаряемости. Временные климатические изменения в соотношении тепла и влаги формируют стабильные запасы почвенной влаги, характерные для гумидного режима развития почвенного покрова (Докучаев, 1949, 1951).

Неустойчивый характер увлажнения и кратковременные оттепели при отсутствии физического испарения способствуют накоплению влаги в слое 0-50 см, что создает запасы влаги, необходимые

весной. О накоплении влаги в зимний и зимне-весенние периоды свидетельствуют данные по среднемесячному и сезонному количеству осадков по регионам Прикаспийской низменности (табл. 1).

Количество атмосферных осадков в весенний и летний периоды близко по величине, со значительной разницей в испарении с поверхности Земли. В Кизляре в весенний период атмосферные осадки выпадают в количестве 25 мм, а испарение достигает 73.5 мм, т.е. увеличение почти 3-кратное. В Элисте соотношение величин осадков и испарения сохраняется в таком же диапазоне. В целом в северной части региона величина осадков и испарения в весенний период аналогичны. Преобладающее значение испарения сохраняется в летний период во всех пунктах наблюдений при незначительной величине гидротермического коэффициента (ГТК) – 0.3-0.5. При переходе от летнего к осеннему сезону заметно увеличивается количество осадков – до 31-51 мм, но испарительный процесс ослабевает – 77.5-81.0 мм (Агроклиматический справочник ..., 1963).

Таблица 1. Атмосферные осадки и испарение с поверхности почвы (мм).

Метеостанция	Сезон															
	Весенний				Летний				Осенний				Зимний			
	март	апр.	май	весна	июнь	июль	авг.	лето	сент.	окт.	ноя.	осень	дек.	январ.	февр.	зима
Махачкала																
осадки	19.1	21.8	38.5	79.4	23.1	16.8	24.2	64.1	37.1	29.5	31.0	97.6	8.5	31.1	14.5	54.1
испарение	21.0	26.2	61.6	108.8	62.4	48.7	65.3	176.4	77.9	79.7	46.5	204.1	8.5	40.4	18.9	67.8
коэфф. перевода	1.1	1.2	1.6	1.3	2.7	2.9	2.7	2.8	2.1	2.7	1.5	2.1	1.0	1.3	1.3	1.2
Кизляр																
осадки	5.1	25.4	10.2	40.7	12.7	32.8	9.0	54.5	12.7	32.8	8.1	53.6	6.1	6.9	17.4	30.4
испарение	5.1	33.0	15.3	53.4	34.3	91.8	23.4	149.5	26.7	62.3	13.0	102.0	6.7	6.9	13.9	27.5
коэфф. перевода	1.0	1.3	1.5	1.3	2.7	2.8	2.6	2.7	2.1	1.9	1.6	1.9	1.1	1.0	0.8	1.0
Элиста																
осадки	24.9	14.3	34.5	73.7	18.9	15.7	14.8	49.4	13.3	17.7	31.9	62.9	0	16.7	24.6	41.3
испарение	29.9	24.3	65.6	119.8	54.8	48.7	42.9	146.4	27.9	30.1	31.9	89.9	0	16.5	19.7	36.2
коэфф. перевода	1.2	1.7	1.9	1.6	2.9	3.1	2.9	3.0	2.1	1.7	1.0	1.6	1.0	0.99	0.8	0.9
Астрахань																
осадки	24.3	28.2	34.7	87.5	16.2	13.5	12.3	42.0	18.1	17.4	10.0	45.5	15.4	14.7	3.2	33.3
испарение	31.6	39.5	69.4	140.5	43.7	39.2	32.0	114.9	38.0	34.8	16.0	88.8	16.9	14.7	2.2	33.8
коэфф. перевода	1.3	1.4	2.0	1.6	2.7	2.9	2.6	2.7	2.1	2.0	1.6	1.9	1.1	1.0	0.7	0.9
Кочубей																
осадки	19.0	18.1	31.9	69.0	33.8	30.0	13.7	77.5	18.2	19.4	16.0	53.6	17.1	13.4	14.0	44.5
испарение	26.6	19.9	60.6	107.1	84.5	81.0	37.0	202.5	23.7	23.3	19.2	66.2	20.5	18.8	18.2	57.5
коэфф. перевода	1.4	1.1	1.9	1.5	2.5	2.7	2.7	2.6	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.3	1.3

Испарение – сложный многоэтапный процесс полигенетического происхождения. Разнообразие форм, источников и динамического развития испарения связано с трудностями определения его величины и количественных характеристик. Однако при определении степени увлажнения природных зон и их развития результаты испарительного процесса используются в общей формулировке без вычисления ГТК и распределения его величины во времени по сезонам года и

в других процессах. Эти результаты получены из количества атмосферных осадков и температуры.

В настоящее время не существует методов для определения величины испаряемой влаги по отдельным сезонам года. Также не разработаны подходы к изучению процессов испарения по рекомендуемым способам получения данных по дефициту влажности почвы и транспирации растений.

Отсутствие сведений по испарению лишает нас возможности использовать почвенные данные, необходимые для вычисления затрачиваемой на испарение влаги в процессах опустынивания, аридизации и остепнения. С учетом этого наше исследование ограничено имеющейся информацией, используемой при определении ГТК и дефицита влажности. Поэтому рекомендуется использовать данные по атмосферным осадкам, с применением коэффициента пересчета величины осадков, затрачиваемых на испарительный процесс. Такой подход дает приближенные данные, объективно характеризующие процесс испарения с поверхности почвы регионов. Расчетные данные, полученные с применением рекомендуемого подхода, приводятся впервые, а потому требуют уточнения. Показатели распределения испарительного процесса по сезонам года дают общую характеристику испаряемой влаги, дифференцируя факторы ослабления и усиления аридной деградации.

ГТК выступает как показатель, необходимый для определения способов ослабления деструктивных процессов, таких как засоление и эрозия. Чем выше ГТК, тем сильнее подавленность процессов опустынивания по сезонам и, соответственно, последствий аридной деградации. Фактор ослабления последствий иссушения профиля и усиления дефицита влаги проявляется в летний период – с падением уровня грунтовых вод и увеличением дефицита влаги. Говоря о формировании различий в испарении, связанных с континентальным типом опустынивания (КТО), следует указать на уменьшение потери влаги при испарении и транспирации растений. Возврат атмосферных осадков значительно меньше расхода влаги на испарение. Изменение химического состава поверхностного слоя Земли протекает без оптимального соотношения тепла и влаги, без восстановления продуктивности и процессов почвообразования. Сравнительный анализ испарительного процесса, характерного для локального типа опустынивания (ЛТО), позволяет отметить наличие типовых отличий в высшей стадии опустынивания.

Важнейшие физические свойства почвы и поверхностного слоя Земли изменяются под воздействием выветривания, что особенно проявляется на почвах с высшей стадией опустынивания. Влияние на физические свойства проявляется в сохранении прочной связи между почвенными частицами, агрегатами и гладкой поверхностью. Такое влияние выявляется изменениями связности и твердости почвы. Связность – способность, направленная на ослабление внешних воздействий, стремящихся разъединить почвенные частицы и агрегаты. Степень ослабления зависит от гранулометрического и минералогического составов. Чем больше в почве содержание глинистых частиц, тем выше способность почвы сохранить структуру и водные свойства (Залибеков и др., 2023; Бананова, 1992). Твердость – это сопротивление, которое почва оказывает проникновению в нее предмета под давлением внешней силы. В плодородных почвах показатель твердости оказывает отрицательное влияние на формирование продуктивности и накопления питательных элементов. В условиях высшей стадии развития опустынивания твердость каштановой карбонатной почвы в интервале 5.0-15.0 кг/см² является оптимальной. Однако оптимальная с влажностью твердость гумидных горизонтов зависит от многих физико-географических факторов, включая зональное расположение местности.

Отмечается тесная связь указанного показателя с твердостью массы поверхностного слоя при сильных ветрах, высокой температуре и передвижении песков с удельным сопротивлением грунта. Удельное сопротивление, оказываемое на слой 0-10 см, – это усилия космических факторов, затрачиваемое на развитие гумусового горизонта, ослабление деградационных процессов и признаков минерализации органического вещества.

Градация различий по степени твердости определяется по структурному состоянию почв, причем оптимальная твердость достигается в присутствии двухвалентных катионов кальция и магния в составе поглощенных оснований. Сопротивление передвижению, раздавливанию тяжелых глин и суглинков в аридных почвах Терско-Кумской низменности составляет более 150-160 кг/см². Это способствует уменьшению разрушительного действия ветровой эрозии и повышению противозерозионной стойкости поверхностного слоя почв.

В зависимости от гранулометрического состава и влажности почв, подвергаемых удельному

сопротивлению, на светло-каштановых почвах плотность изменяется в пределах 0.2-1.2 кг/см². Существенное влияние при этом оказывает увлажнение почв и почвогрунтов. Максимальное удельное сопротивление характерно для почв со степенью увлажнения, близкой к степени увлажнения при устойчивом завядании растений, а минимальное – при средней степени. Сопротивление почв при сильной ветровой эрозии и при движущихся песках зависит от гранулометрического состава, где обнаружена прямая связь зависимости рассматриваемого фактора от содержания песка и супесей и различных их фракций. Установлено, что удельное сопротивление почвы в пределах аридных земель оказывает влияние на типы локального опустынивания, как фактор ослабления сил движущихся песков и различных механических элементов. Поверхность Земли, ее состав, структура и динамика изменения в современных условиях отражают соотношение сил и различных факторов, ослабляющих процессы опустынивания и аридной деградации.

Запасов влаги в весенний период значительно больше: в Махачкале – 79.4 мм, в Кизляре – 40.7 мм по сравнению с летним периодом и, соответственно, по метеостанциям – 64.1 и 54.5 мм. Аналогичные данные характерны и для других метеостанций региона – Элиста, Кочубей и др. (Алибеков, Алибекова, 2016; Соломина, 2017).

Существенное влияние на уменьшение запасов почвенной влаги оказывает физическое испарение, величина которого в летний период вырастает более, чем на 30-40%. Осенне-зимний период отличается увеличением осадков и запасов почвенной влаги до 84.0 мм. Общая продолжительность межсезонных весенне-летнего, осенне-зимнего, зимне-весеннего периодов, обуславливающих полное насыщение почвы влагой, колеблется в пределах 60-65 дней. Испарительный процесс и его развитие зависит от многих факторов, среди которых ведущее значение имеет солнечная энергия. Тепловая энергия Солнца и результат её влияния на разных широтах локального и континентального опустынивания проявляется в усилении, ослаблении и сохранении не выявленных природных процессов на уровне достижений современных исследований (Ковда, 1988; Кулик и др., 2016).

Результаты и обсуждение

Динамический характер увеличения атмосферных осадков в осенний период по всем пунктам наблюдений свидетельствует о наличии ресурсов влагообеспеченности почв, которые можно использовать при проведении восстановительных работ по повышению продуктивности природных кормовых угодий и сохранению биологического разнообразия. Процесс, характеризующий осеннее соотношение количества осадков и физического испарения, является планетарным показателем, охватывающим пространство тропического пояса континентальных пустынь. В связи с этим разработка мероприятий для практического использования этого ресурса является актуальной и имеет международное значение (Акаев, 1996; Абдуллаев, 2011).

Гидротермические условия зимнего периода отличаются значительным уменьшением испарения при высоких значениях ГТК – 1.0-1.3. Испарительный процесс зимнего периода при периодическом появлении кратковременных оттепелей способствует развитию процессов водопроницаемости, накоплению влаги в корнеобитаемой толще до полной полевой влагоемкости с пополнением запасов в слое почвенного профиля до глубины 2 м (Бабаев, 1989).

Выпадающее количество атмосферных осадков и испарение в весенний и осенний периоды близки по величине и значительно меньше по сравнению с показателями летнего периода. Формирование высшей стадии опустынивания в Терско-Кумской низменности происходит в летний период, когда сохраняется свойственное региону количество осадков (93-116 мм) и значительно увеличивается испарение. В летний период заметно меняется соотношение температурного фактора и количества осадков, отмечается трехкратное снижение ГТК – до 0.3-0.4. Большое значение параметров установленного явления подтверждается созданием условий, формирующих высокую степень опустынивания, содержание и последствие которых аналогичны воздействию континентальных пустынь Африки и других континентов. Характеристика стадий опустынивания позволяет разработать континентальную и локальную динамику в биологическом и экологическом аспектах (Григорьев, 1966).

При разработке первого этапа исследований принята попытка охарактеризовать локальный характер формирования высшей стадии опустынивания, формирующейся в Терско-Кумской низменности, континентальный – по данным литературных источников и авторов настоящей статьи

(Залибеков и др., 2019, 2020).

Первостепенное значение в регионах локального опустынивания полупустынь и степей имеет определение параметров, обуславливающих высшую стадию опустынивания, которая формируется в течение определенного периода времени. Процессы аридного типа почвообразования при этом постепенно переходят к гумидному. Происходит смена летней аридизации осенне-гумидным типом со следующими признаками: накопление доступных форм почвенной влаги, развитие корневой системы растений, увеличение подземной части органического вещества почв. Основная причина заключается в том, что необходимый уровень увлажнения и показателей температурного режима формируется периодической сменой под влиянием сезонных условий. Смена стадий аридизации и опустынивания элементами гумидного режима характеризуется изменением соотношения тепла и влаги с формированием острого дефицита влажности воздуха. Формирующаяся среда характеризуется температурой почвы в пределах +10-15°C с полевой влажностью 30-35% от полной влагоемкости, уменьшением испарения с поверхности почв до 10 мм/сут., температуры воздуха – до +20-25°C. Формирование новых естественных условий и факторов обеспечивается в отрезках времени внутри стадийных фаз теплого и холодного периодов года. Стабильность свойств почв в переходные периоды обуславливается прогрессирующей ролью гумидных условий сезонного значения. В переходный период к гумидному режиму формируются временные свойства, характерные для реально существующих в природе разновидностей почв (Классификация ..., 2004). Сезонная смена стадий, включая и высшую стадию, обуславливается природными факторами, связанными со сменой летнего периода, большим дефицитом влаги и периодическим осенним увлажненным периодом, который продолжается до полного насыщения влагой верхнего метрового слоя профиля. Потребление влаги растениями при отсутствии ее дефицита продолжается 60-70 дней, что равно по продолжительности вегетационному периоду растений, возделываемых в северных регионах Европейской части России: Ленинградской, Псковской, Архангельской областях (Залибеков, 2017; Залибеков, Биарсланов, 2018).

Природное содержание стадий опустынивания изучено по материалам динамики изменения количества атмосферных осадков и интенсивности испарения на различных элементах рельефа местности. По общепринятой схеме классификации процессов опустынивания рассматриваемый регион относится к аридной и полуаридной категории зон недостаточного увлажнения. Такое определение соответствует показателям годового цикла многолетних наблюдений. Однако при анализе сезонного распределения осадков и температурного режима выявлены отрезки времени, существенно отличающиеся по степени влияния на почвенные процессы. При этом следует отметить накопление влаги с учетом последствий его влияния на состояние компонентов аридных экосистем в аспекте преобразований, происходящих в вегетационный период развития растений. Приближение летнего засушливого периода ощущается растениями через определенный отрезок времени, когда они используют накопленную почвенную влагу. Активное потребление влаги растениями продолжается до летнего максимума, когда температура воздуха уменьшается до величины, соответствующей влажности завядания растений (табл. 2).

Стадия увлажнения характеризует начальный этап развития почвенного покрова при воздействии высокой температуры воздуха и физического испарения. Она свойственна и приурочена к дельтово-аллювиальным приморским равнинам и отражает влияние процессов затопления и повышения уровня морской воды, проявляется периодически и имеет прогрессирующий характер расширения площадей при затоплении территорий (Zalibekov et al., 2021).

Процесс олуговения начинается при понижении уровня морской воды, увеличении глубины залегания грунтовых вод и проведении оросительных мелиораций. В условиях аридных земель оно имеет ограниченное распространение и тенденцию к сокращению площадей почв гидроморфного режима. Его проявление является результатом промежуточного этапа развития почвенного покрова при переходе к дефицитному уровню увлажнения. Основными факторами уменьшения площадей, охваченных олуговением, является продолжающееся падение уровня грунтовых вод, современное климатическое потепление и неукротимый рост антропогенных нагрузок (Кондаков и др., 2019).

Иссушение почвенного профиля начинается с процессов аридизации, деградации гумидных условий. При динамическом развитии признаков иссушения не обеспечивается пополнение влагой биологически активного слоя и его ресурсоведческого потенциала. В результате разрываются связи

между малым биологическим и большим геологическим круговоротами веществ. Лишение почвенных горизонтов доступной почвенной влаги в стадии иссушения приводит к увеличению легкорастворимых солей и развитию процессов солонцеватости (Зонн, 1940; Керимханов, 1972).

Таблица 2. Качественные изменения аридных экосистем в разных стадиях локального опустынивания.

№	Фоновое состояние	Показатель	Объект	Процесс
1	Увлажнение	Формирование термодинамических потенциалов	Категории почвенной влаги	Степень подвижности и миграции
2	Олуговение	Энергия поглощения почвой водяных паров	Промежутки между твердыми частицами, поровое пространство	Наполнение порового пространства
3	Иссушение	Непромывной водный режим	Капиллярная кайма не достигает почвенного горизонта	Влага осадков расходуется на физическое испарение
4	Остепнение	Уменьшение водных запасов до максимальной гигроскопичности	Гумусовые горизонты теряют доступную влагу	Преобладает физическое испарение
5	Аридизация	Прекращение капиллярного передвижения влаги	Возврат влаги в почву меньше, чем испарение	Начало критической влажности гумусового горизонта
6	Опустынивание локального характера	Полевая влажность ниже величины завядания растений	Полное прекращение капиллярной связи, влажность ниже коэффициента завядания	Одностороннее физическое испарение

Остепнение характеризуется дальнейшим ослаблением действий природных факторов, способствующих развитию признаков гумидного режима. Фактор потери продуктивной почвенной влаги включает уменьшение мощности гумусового слоя, усиление процесса минерализации органического вещества, нарушение установленного баланса элементов минерального питания растений и формирование отрицательного баланса отчуждаемой зеленой массы в круговороте веществ. Кроме того, в ослаблении процессов аридизации и опустынивания большое значение имеет высокая максимальная гигроскопичность почв и относительно высокий коэффициент влажности завядания растений (Анциферова, 2022).

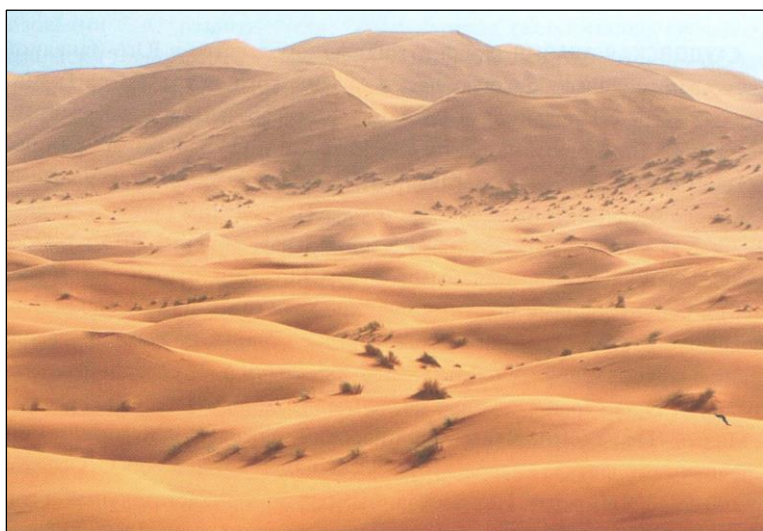
Аридизация почв включает в себя разные стадии деградации. Она способствует проявлению природного и антропогенного характера деградации. Она распространена в засушливых регионах, но этот термин так же, хотя и условно, применяется в исследуемом регионе для характеристики светло-каштановых карбонатных и лугово-каштановых солонцеватых почв.

Опустынивание как завершающая стадия подразделяется на две категории: первая – деградация почв до стадии уменьшения влажности завядания растений, вторая – изменение почв под влиянием пустынных природных факторов, способствующих разрушению функций почвенного и растительного покрова. Такая дифференциация связана с необратимым характером деградационных процессов в высшей стадии опустынивания, являющегося характерным для континентальных пустынь (Щерба и др., 2016).

Опустынивание локальное обратимого характера разрушения, свойственное регионам степного и полупустынного климатического пояса.

Высшая стадия опустынивания локального характера связана с развитием процессов разрушения почвенно-растительного покрова под влиянием временно-функционирующих факторов, усиливающих аридизацию (рис. 2). К ним относятся высокая среднесуточная температура воздуха,

достигающая $+25^{\circ}\text{C}$ при устойчивом дефиците влажности воздуха ниже уровня завядания растений. Различия локального опустынивания высшей степени проявляется в межсезонные отрезки времени, сменяясь в режиме годового цикла сезонов. Общее состояние аридных экосистем и наносимый ущерб живой природе при локальном и континентальном вариантах высшей стадии оценивается на одинаковом уровне – уничтожается биологический потенциал и его ресурсы с последующей деградацией прилегающих ландшафтов. При сравнении параметров, используемых для оценки степени влияния стадий локального и континентального вариантов, выделяются общие черты и различия.



а)



б)

Рис. 2. Высшая стадия опустынивания: А – континентальное опустынивание без факторов ослабления деградации (Африка, Сахара, Большой Эрг), Б – локальное опустынивание (центральная часть Терско-Кумской низменности).

Высшая стадия опустынивания континентального характера и роль временно-функциональных свойств почв в глобальном масштабе изучены фрагментарно. Глобальные их функции определяются климатическими условиями, влияние которых на почвенный покров прогрессивно увеличивается. Из свойств континентального направления следует отметить влияние гидротермических условий и геолого-геоморфологического строения территорий, накопление влаги и динамические процессы её миграции. Они охватывают почвенный покров

полосы, расположенной между $43^{\circ} 15' - 44^{\circ} 50'$ с.ш. и $45^{\circ} 10' - 50^{\circ} 30'$ в.д. Территория между указанными географическими координатами включает Европейскую и Азиатскую части России и других регионов.

Радикальные отличия свойств почв и геологических отложений при проявлении высшей стадии опустынивания различных континентов изучены преимущественно в локальном аспекте. Это объясняется тем, что исследование пустынь и процессов опустынивания представляет сложную и объемную работу, опирающуюся на данные разнообразия не только пустынь в территориальном плане, но и во времени, включая отдельные геологические аспекты их происхождения. Учитывая это, мы сочли целесообразным дать сравнительную оценку временно-функционирующим свойствам ареалов высшей стадии опустынивания, распространенных в Калмыкии, Дагестане и других регионах юга России с показателями, свойственными аридным регионам мира. Регионом, представляющим такие возможности, является песчаная пустыня Африки – Эрг. Движущиеся пески занимают значительную площадь и залегают в виде дюн и вытянутых гряд. Такое сравнение является приемлемым, т.к. стадии опустынивания протекают в регионах юга России, где широко распространены песчаные пустыни. Характерными свойствами африканских Эргов опустынивания, получившие распространение в России, являются зональный характер распространения и песчаные бугры, образующие грядообразующую форму рельефа. Общность рассматриваемых песчаных пустынь проявляется в ведущей роли ветрового режима и движущихся песков (Кулик и др., 2016; Прокопьева и др., 2021).

Отличительные свойства высшей стадии опустынивания континентальных и локальных пустынь характеризуются большим разнообразием и слабой изученностью. Считаем целесообразным отметить главное отличие локального варианта – временный характер пустынного режима, функционирующего только в летний период, и его сменяемость под влиянием фактора увлажнения. В качестве основного фактора локального опустынивания выступает ослабляющее благоприятное действие сезонных изменений в соотношении тепла и влаги (Любимова, 2022). Континентальный тип характеризуется устойчивым дефицитом влаги и отсутствием существенных изменений в водном режиме почв и поверхностного слоя пустынного климатического пояса в течение круглого года (Zalibekov et al., 2021, 2022).

В пределах указанных координат распространена значительная часть площадей бурых пустынно-степных почв, сероземов и формаций нейтральных слабощелочных почв в условиях сухого субтропического климата. Они представлены в центральноазиатских странах: в Монголии, на Балканском и Апеннинском полуостровах, а также в предгорьях Гиссарского, Ферганского и Апеннинских хребтов. Общая площадь их составляет 2952.0 тыс. км². В этой полосе распространены ареалы красно-бурых и желто-коричневых почв, отличающихся сезонными различиями в количестве осадков и температурного режима. Климат засушливый и очень близок к условиям локального типа опустынивания: высокая степень засушливости с кратковременными морозами, сменяемость погоды оттепелями, среднегодовая температура составляет $+12-14^{\circ}\text{C}$ (Судницын, 2016). Осадки зимне-весенние (70-90 мм) выпадают в основном в осенний период, создавая временно-функционирующие различия в свойствах почв и их комбинаций. Почвы способны накапливать влагу осенне-зимних и зимне-весенних осадков, тем самым представляя растениям почвенную влагу в доступной форме (Зонн и др., 2018).

Острый недостаток влаги сменяется по периодам в течение 50-60 дней. При этом устраняется ее дефицит, характерный для высшей стадии локального опустынивания. Атмосферные осадки и их соотношения с температурой воздуха устанавливаются в соответствии с оптимумом и выступают в качестве ослабляющего фактора высшей стадии локального опустынивания, распространенного преимущественно в Евразийской части планеты. Исследования по выявлению ресурсов временно-функционирующих свойств почв выступают в качестве одного из основных факторов по борьбе с опустыниванием и климатическим потеплением. Глобальный характер и высокая эффективность исследований временных изменений, происходящих в аридных почвах, иллюстрируют положительную роль природных факторов в ослаблении негативных процессов в высшей стадии опустынивания.

Выводы

Почвенный покров аридных земель обладает процессами, свойствами, функциями, недостаточно изученными до настоящего времени и имеющими значительный ресурсоэкономический потенциал. К ним относятся различия, формирующиеся во времени в функционирующих свойствах почв и их комбинаций по отдельным сезонам. Выявленные закономерности их развития представляют теоретическую основу изучения разнообразия факторов, ослабляющих негативное воздействие аридной деградации.

1. Обоснована концепция дифференциации процессов аридизации и опустынивания в рамках двух типов: локального и континентального. Основным направлением концепции является выявление типов опустынивания, ослабляющих его под влиянием временно-функциональных почвообразовательных процессов. Дифференциация их производится не только по выраженности аридной деградации, но по их подавленности в отдельные сезоны года. Процессы, подвергающиеся сезонным изменениям, объединены в тип локального опустынивания. Остальная часть пустынных территорий мира представляет ареалы континентального типа. Общим показателем выделенных типов является формирование высшей степени опустынивания – полное уничтожение почвенно-растительного покрова, потеря продуктивности и биологического разнообразия.

2. Континентальные пустыни – это суша Земли, происхождение которой связано с геологической историей и естественным развитием как категории планетарного типа. Такому типу пустынь характерно геологическое происхождение и отсутствие временно-функциональных свойств почв, ослабляющих негативные процессы аридизации и устойчивого круглогодичного дефицита влаги. Стадии развития почв и геологических отложений, обладающие временными свойствами, ослабляющими опустынивание, в континентальной пустыне не наблюдаются. Суточное колебание температуры воздуха и влажности превышает их годовую изменчивость (Черникова, Золотокрылин, 2016).

3. Суть локального опустынивания заключается в том, что временно-функциональные (сезонные) свойства почв и их комбинации оказывают положительное влияние на накопление влаги и изменение почвообразовательных процессов за определенный период времени. Выделение ареалов локального опустынивания с факторами ослабления процессов аридизации протекает в относительно короткий промежуток времени по сравнению с периодом отсутствия ослабляющих факторов аридизации: увеличение физического испарения, продолжительности транспирации растений и дефицита почвенной влаги.

4. Основные свойства аридной деградации локального типа опустынивания изучены на светлокаштановых карбонатных почвах одного из аридных регионов Европейской части юга России – в Терско-Кумской низменности. В летний период они характеризуются незначительным количеством осадков, иссушением профиля, высокой температурой воздуха и интенсивным физическим испарением. Действие этих процессов ослабляется с последующей сменой условиями осеннего периода. Проявление локального типа и его параметры свидетельствуют о возможностях освоения ресурсов почвенно-растительного покрова, подверженного деградации под влиянием аридного климатического пояса.

5. Определяющим фактором ограничения продолжительности функционирования признаков высшей стадии опустынивания в отмеченных типах аридной деградации является естественная сменяемость сезонов в течение года. Высшая стадия по составу и происхождению имеет одинаковые равнозначные функции независимо от типа аридизации и опустынивания. При достижении высшей стадии пустыне свойственны регуляторные функции, обладающие силой ослабления/усиления гумидного режима. Направленность сил и энергии ослабляющих действия максимальных показателей аридизации проявляется в составе, структуре и динамическом развитии локального и континентального опустынивания.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках госзадания Института геологии ДФИЦ РАН «Ландшафтно-геохимическое районирование Прикаспийской низменности», раздел 1, № ААА-А117-117021310199-9 «Разработка методологических основ изучения гумусового состояния и засоления почв в целях ландшафтно-геохимического районирования аридных территорий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдуллаев Ш.-С.О.* 2011. Новая парадигма регионального, политического, социально-экономического и культурного развития регионов // Труды VII Международной научной конференции. М.: Изд-во ИНИОН. С. 12-22.
- Агроклиматический справочник по Дагестанской АССР. 1963. Л.: Гидрометеиздат. 72 с.
- Акаев Б.А.* 1996. География Дагестана. М.: Школа. 380 с.
- Акимцев В.В.* 1957. Почвы Прикаспийской низменности Кавказа. Ростов-на-Дону. 282 с.
- Александровский А.Л.* 2018. Культурный слой, генезис, география, систематика, палеоэкологическое значение. М.: Тов-во научных изданий КМК. С. 7-16.
- Алибеков Л.А., Алибекова С.Л.* 2016. Природные факторы, способствующие возникновению процесса опустынивания // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. № 68. С. 21-25.
- Анциферова О.А.* 2022. Гидрологический режим буроземов в агроландшафтах Самбийской равнины. (Калининградская область) // Почвоведение. № 6. С. 713-728.
- Бабаев А.Г.* 1989. Историко-географический анализ динамики пустынных экосистем // Проблемы освоения пустынь. № 5. С. 18-25.
- Бананова В.А.* 1992. Антропогенное опустынивание аридных территорий Калмыкии. Автореферат док. геогр. наук. Ашхабад. 44 с.
- Биарсланов А.Б., Залибеков З.Г., Гасанова З.У.* 2021. Современное состояние солевого баланса почв импактной зоны аридных источников // Вестник сельскохозяйственной науки. № 5. С. 72-78.
- Григорьев А.А.* 1966. Закономерности строения и развития географической среды. М.: Мысль. 382 с.
- Докучаев В.В.* 1949. Разбор главнейших почвенных классификаций. М.: Изд-во АН СССР. С. 94-109.
- Докучаев В.В.* 1951. К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны // Сочинения. Т. VI. М.: Изд-во АН СССР. С. 171-193.
- Залибеков З.Г.* 2017. Типы опустынивания почв и критерии оценки деградационных процессов // Известия вузов. Северокавказский регион, естественные науки. № 2. С. 50-56.
- Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б.* 2018. Методы изучения разнообразия почв западного Прикаспия по космическим снимкам // Исследование Земли из космоса. № 5. С. 162-166.
- Залибеков З.Г., Мамаев С.А.* 2023. Возрождение земель, подверженных опустыниванию с применением подземных пресных вод в Терско-Кумской низменности // Бюллетень «Научное обеспечение АПК РД». Махачкала. С. 14-17.
- Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Асгерова Д.Б.* 2019. Об использовании пресных подземных вод в засушливых регионах мира // Аридные экосистемы. Т. 25. № 2. С. 3-12. [*Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Magomedov R.A., Asgerova D.B., Galimova U.M.* 2019. The Use of Fresh Groundwater from Arid Regions of the World in the Fight against Land Desertification // *Arid Ecosystems*. Vol. 9. No. 2. P. 77-84.]
- Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Гринченко О.С., Котенко М.Е., Магомедов Р.А.* 2020. О приоритетах развития стратегий исследований засушливых земель мира // Аридные экосистемы. Т. 26. № 3. С. 3-14. [*Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Kotenko M.E., Magomedov R.A.* 2020. Priorities in the Development of the Research Strategy for Arid Lands of the World // *Arid Ecosystems*. Vol. 10. No. 3. P. 171-180.]
- Зонн С.В.* 1940. Почвы Дагестана // Сельское хозяйство Дагестана. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР. С. 43-56.
- Зонн И.С., Куст Г.С., Орловский Н.С., Ши Пей Чжун, Тянь Юй-Чжао.* 2018. Пустыни и опустынивание: энциклопедия. М.: Международные отношения. 752 с.
- Керимханов С.У.* 1972. Почвенно-эрозионное районирование территории Дагестана // Вопросы рационального использования и повышения плодородия почв Дагестана. Махачкала. С. 18-35.
- Классификация и диагностика почв России. 2004. М.: Почвенный институт им. Докучаева. 220 с.
- Ковда В.А.* 1988. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука. 127 с.
- Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Ибаев Ж.Г.* 2019. Геологические аспекты формирования макро-микроэлементного состава подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна // Геология и ресурсы Кавказа. Махачкала. С. 5-21.
- Кулик К.Н.* 2001. Разработка субрегиональной программы Юго-восточной Европейской части Российской федерации // Биологическое и почвенное разнообразие аридных экосистем южных регионов России. Волгоград. С. 12-22.
- Кулик К.Н., Петров В.И.* 2016. Изменение климата, хозяйственная деятельность человека в аридных регионах и современные проблемы // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 66. С. 94-98.
- Любимова И.Н.* 2022. Возможные изменения почв сухостепной зоны в связи с глобальным изменением климата // Почвоведение. № 10. С. 1301-1308.
- Прокопьева К.О., Коношкова М.В., Новикова Н.М.* 2021. Цифровая фитоиндексация засоления почв в сухой степи (Республика Калмыкия) // Аридные экосистемы. Т. 27. № 2. С. 68-81. [*Prokopyeva K.O.,*

- Konyushkova M.V., Novikova N.M., Sobolev I.V.* 2021. Digital Phytoindication of Soil Salinity in Dry Steppes (Republic of Kalmykia) // *Arid Ecosystems*. Vol. 11. No. 2. P. 173-185.]
- Соломина О.Н.* 2017. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим данным. С.-Пб.: Нестер-История. 358 с.
- Судницын И.И.* 2016. Перспективы использования термического анализа для оценки величины полного потенциала почвенной влаги // *Почвоведение*. № 10. С. 1186-1191.
- Ташинова Л.Н., Ташинов А.А.* 2016. Почвы аридных зон Калмыкии в новой классификации // *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*. Вып. 68. С. 70-75.
- Черникова Е.А., Золотокрылин А.Н.* 2016. О сравнимости количественных показателей засухи // *Фундаментальная и прикладная климатология*. № 2. С. 79-94.
- Щерба Т.Э., Куст Г.С., Смагин А.В., Андреева О.В.* 2016. Диагностика опустынивания почв с использованием гидрофизической характеристики // *Аридные экосистемы*. Т. 22. № 1. С. 77-83. [*Shcherba T.E., Kust G.S., Smagin A.V., Andreeva O.V., Slavko V.D.* 2016. Diagnostics of Desertification with the Use of Water Retention Curve of Soils // *Arid Ecosystems*. Vol. 6. No. 4. P. 249-259.]
- Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Asgerova D.B., Magomedov R.A.* 2021. Potential of Bio-Productive Resources of Soil Cover: Use and Sources of Regeneration // *Arid Ecosystem*. Vol. 11. No. 1 (86). P. 15-23. [*Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Асгерова Д.Б., Магомедов Р.А.* 2021. Потенциал биопродукционных ресурсов почвенного покрова: использование и источники возобновления // *Аридные экосистемы*. Т. 27. № 1 (86). С. 15-23.]
- Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Kurbanismailova A.S.* 2022. Soils of Arid Regions of Southern Russia in the Basic Classification of Soils of the World // *Arid Ecosystem*. Vol. 12. No. 1 (90). P. 34-42. [*Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Курбанисмаилова А.С.* 2022. Почвы аридных регионов юга России в базовой классификации почв мира // *Аридные экосистемы*. Т. 28. № 1 (90). С. 42-52.]