

СВЯЗИ ЭВОЛЮЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ С ВЫНОСОМ СОЛЕЙ С ОСУШЕННОГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Тлеумуратова Б.С.¹, Кубланов Ж.Ж.^{1,2}, Урумбаев А.Е.¹

¹Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан, г. Нукус
²Центр педагогического мастерства Республики Каракалпакстан, г. Нукус

Введение. Растительный покров (РП) планеты является базисным элементом глобальной биоты, значение которой трудно переоценить. Исключительно положительное воздействие растений на окружающую среду общеизвестно и определяется длинным рядом экосистемных услуг. Тем не менее, также общеизвестно, какой огромный урон растительному покрову наносится человеком. Беспощадная вырубка лесов, перевыпас на пастбищах, урбанизация и др. обуславливают устойчивую тенденцию деградации РП во многих регионах Земли. Кроме антропогенного стресса РП в настоящее время испытывает и климатический стресс, связанный с участвовавшими засухами, экстраординарными наводнениями и ураганами вследствие глобального потепления.

Понимая большую роль растительного покрова в мелиорации климата, сдерживания миграции песков и пыли и др., во всем мире предпринимаются многочисленные акции по восстановлению площадей растительности. В этом отношении особенно отметить вклады Норвегии в восстановлении амазонских джунглей и Китая, создавшего зеленую стену площадью 100 млн. га [14]. Однако надо признать, что даже эти масштабные меры не уменьшают темпы деградации РП на планете.

Особенно динамична деградация растительного покрова в Южном Приаралье – эпицентре Аральского кризиса. Эволюция ландшафтов в Южном Приаралье идет в направлении формирования пустынных комплексов [4]. Ухудшение водно-солевого режима привело к резкой трансформации флористического разнообразия Южного Приаралья. Так, площадь тростников сократилась с 600 тыс. га до 30 тыс. га, а тугайных лесов – с 1300 до 50 тыс. га [17]. Засоление более глубоких горизонтов почвенного слоя приводит к ухудшению эдафических условий для типичных ксерофитов. Это вызывает постепенную перестройку видового состава растительных сообществ с переходом от ксерофитных видов к галоксерофитным и галофитным. Такая перестройка сопровождается уменьшением общего количества растительности и отмиранием ряда видов, ответственных за укрепление барханных песков. Так, на плато Устюрт, характеризующемся высокой степенью засоленности почвогрунтов, дополнительный приток хлоридно-сульфатных солей отрицательно сказывается, прежде всего, на черносаксаульниках, например, во впадине Ассаке-Аудан [1].

Факторами происходящих изменений флоры Приаралья являются ухудшение водно-солевого режима региона, снижение влажности воздуха, повышение температур вегетационного периода, уменьшение количества осадков и ветровой вынос (ВС) минерального аэрозоля с пустынных поверхностей. Действие факторов, кроме последнего, достаточно изучено качественными методами. Чтобы несколько восполнить этот пробел, нами проводятся исследования по влиянию ВС с осушенного дна Аральского моря (ОДА) на растения [9].

Воздействие минеральной пыли на растения делится на два типа: механическое (повреждение стеблей, листьев и цветков растений, осаждение веществ на листья и забивание устьиц) и физиологическое (попадание загрязняющих веществ в прикорневую почву вместе с осадками и дальнейшее накопление в организме). Основное фитотоксическое действие солевой пыли проявляется нарушением процессов дыхания и фотосинтеза, в итоге наблюдается угнетение вегетативных органов растений, некроз, хлороз и отмирание листьев. Отмечено, что из-за выноса солей с осушенного дна Арала урожайность хлопчатника падает до 10%, продуктивность пастбищ – до 50%. В настоящее время за вегетационный период в среднем выпадает 250 кг/га солей. Кроме того, накопление токсичных сульфатов в с/х растениях обуславливают риски их экологической безопасности при пищевом потреблении [2].

Несмотря на важность проблемы охраны окружающей среды от загрязнения антропогенным и естественным аэрозолем, исследования по влиянию аэрозольного загрязнения на растения малочисленны, а фактор атмосферного загрязнения как критерий в задачах оптимизации размещения сельскохозяйственного производства почти не представлен. И это несмотря на то, что критерий аэрозольного загрязнения можно поставить в один ряд с такими ключевыми критериями оптимизации как экономические затраты, природные ресурсы, климатические условия.

Для Южного Приаралья вследствие происходящего выноса солей с обсохшего дна Аральского моря особо актуальна задача выделения зон с различным уровнем осаждения соледержащих хлоридно-сульфатных аэрозолей, при выборе площадей возделывания сельскохозяйственных культур по критерию минимальности экологической нагрузки от аэрозольного загрязнения.

Для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха употребляют ПДК - предельно допустимые концентрации, и ОБУВ - ориентировочно безопасные уровни действия. На основе ПДК и ОБУВ (мг/м^3) определяется класс экологической угрозы различных загрязнителей. Например, диоксины имеют 1 класс угрозы, а пыль – 3 класс угрозы. Ни один из указанных показателей не определен для оценки влияния выноса солей с обсохшего дна Аральского моря на растения. По этой причине нами начаты экспериментальные работы по определению степени воздействия сульфата натрия (преобладающей фракции выноса солей с Аралкума) на растения [9].

Исходя из известного тезиса «наука – это поиск закономерностей», наряду с конкретными эпизодическими проявлениями исследуемого процесса важное научное значение имеет генерализованное его представление для выявления закономерностей и тенденций. Поэтому целью данной работы является исследование многолетней динамики процесса влияния ВС с Аралкума на РП.

Заметим, что в данной работе не учитывается бимодальность сухих атмосферных выпадений, имеющая место при сильных солепылевых бурях (СПБ) ввиду их исключительности, хотя значение второй моды (на расстоянии 300-500 км) при СПБ одного порядка со значением первой, ближней к Аралкуму моды.

Методы. Наиболее предпочтительным для исследования эволюции РП в условиях дефицита данных наблюдения оказывается метод моделирования в сочетании с методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В работе также применены методы статистического анализа и ГИС-технологий.

Расчеты проводились при следующих условиях и предположениях.

Динамика общего проективного покрытия (ОПП) и выноса солей с Аралкума осреднена по десятилетиям периода моделирования, чтобы исключить межгодовые шумы. Ввиду крайней недостаточности данных наземного мониторинга по ОПП предполагалось, что оно пропорционально биоразнообразию растений (количеству видов), данные которого более представительны.

Область моделирования охватывает все осушенное дно и прилегающие к нему территории до 300 км по нормали к границе акватории 1961 г. (рис. 1).

Глобальный период моделирования – 1961-2020 гг. – разделен на десятилетия (1961-1970, 1971-1980 и т.д.), так как это время существенных природных трансформаций, а также это традиционное в эколого-географических исследованиях разделение времени эволюции Аральского кризиса. Десятилетия нумеруются по хронологии: $N=1$ для 1961-1970 гг., $N=2$ для 1971-1980 гг. и т.д.

В работе [10] при условии, что деградация растительного покрова зависит от ухудшения водного режима в регионе и воздействия выноса солей, сопоставлением рядов данных по изменению растительного покрова, расхода Амударьи в нижнем течении и расчетных данных по сухим выпадениям, с применением аппроксимации результатов численного моделирования получена следующая формула:

$$D_f(x, y, t) = 0,01t \left[49 \exp(-W_r) + 0,8 \frac{C_H}{C_{кр}} \right] \quad (1)$$



Рис. 1. Область моделирования.

где $C_{кр}$ – критическая величина сухих выпадений солей, при которой начинается деструкционное воздействие на растения (34 кг/га) [6-8], C_n – сухие выпадения солевого аэрозоля, вычисляемые по формуле

$$C_n = 3,3kV \exp(-0,015x - 0,6) \quad (2)$$

W_r – отношение расхода Амударьи в расчетном году к расходу 1961 г., вычисляемые по формуле $W_r = 1,307 \exp(-0,0619t)$ (3)

Если $\delta_f(x, y, 0)$ проективное покрытие в данной точке в 1961 г., то очевидно,

$$\delta_f(x, y, t) = \delta_f(x, y, 0) [1 - 0,01D_f(x, y, t)] \quad (4)$$

Поскольку в данной статье рассматривается только солевой фактор, т.е. влияние ВС, то в формуле 1 член с W_r опускается. Кроме того, необходимо учесть засоление почв Южного Приаралья солевым аэрозолем с Аралкума, происходящее вследствие вертикальной инфильтрации в почву сухих выпадений аэрозоля и вымывания его с осадками [10]:

$$\Delta S_s = 0,45C_H + 0,47M_{oc} - 20,73 \quad (5)$$

где $C_H(x, z, t)$ – сухие выпадения, M_{oc} – минерализация жидких осадков, вычисляемая по формуле

$$M_{oc} = \frac{1}{R + \Delta R} \int C(x, z, t) dz, \quad \Delta R = -1,5E-5C^3 + 6,1E-4C^2 + 0,189C + 1,81 \quad (6)$$

$$C(x, z, t) = 3,3kV(t) \exp(-0,015x - 0,3z - 0,6) \quad C - \text{концентрация солей в атмосфере.}$$

Зависимость уменьшения ОПП от ΔS_s выводится из закономерностей зависимости ОПП от засоления почв [5]:

$$\Delta \delta_s = k \Delta S_s \quad (7)$$

Окончательно деградация РП под влиянием ВС с ОДА в точке (x, y) в момент времени t выражается формулой:

$$D_f(x, y, t) = 0,01t \left[\Delta S_s + 0,8 \frac{C_H}{C_{кр}} \right] \quad (8)$$

Поле C_n вычислялось отдельно для каждого направления ветра по формуле, полученной в работе [10] аппроксимацией результатов численного моделирования длительного воздействия ВС с ОДА:

$$C_n(i, N) = 3,3kV(N) \exp(-0,015x - 0,6) f_i(N) \quad (9)$$

где $V(N) = P_6(N) S_{сол}(N)$ – годовой объем выноса солей со всего ОДА, P_6 – потенциал выноса солей [10], $S_{сол}(N)$ – площадь солончаков, x – расстояние от источника ВС (км), $f_i(N)$ – повторяемость i -го направления ветра в N -ом десятилетии.

Динамика потенциала выноса солей (ПВС) описывается линейным уравнением $P_6(N) = -311N + 7685$, динамика $S_{сол}(N) = 0,0042(S_{oc})^2 + 0,073 S_{oc}$ [10].

Площадный источник выноса солей (Аралкум) аппроксимирован группой точечных источников (солончаков), что адекватно отражает реальность. Годовой вынос солей $V(N)$ со всего Аралкума равен сумме выносов с каждого точечного источника $V_k(N)$. Поле C_n для каждого источни-

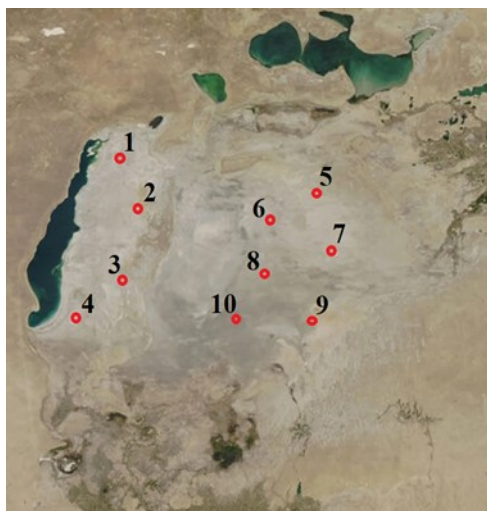


Рис. 2. Основные источники выноса солей.

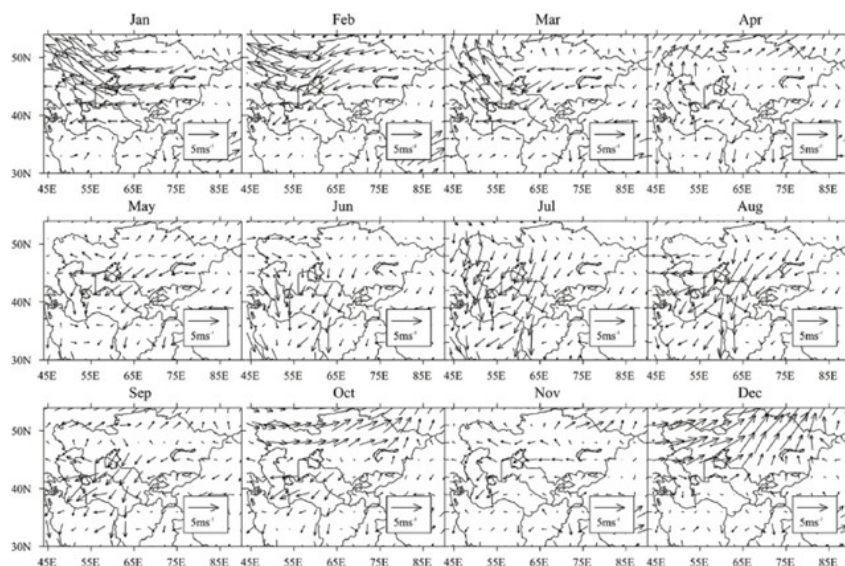


Рис. 3. Годовой ход поля ветра на уровне 1000 гПа (усреднено с 1980 по 2018 год с использованием наборов данных ECMWF).

ка вычислялось в полярной системе координат. Угол φ пробегает значения 8 румбов направления ветра. Полученное поле C_n от k -го источника проецируется на глобальную декартову систему координат OXY : $C_n(r, \varphi) \rightarrow C_n(X, Y)$, начало которой совмещено с левым нижним углом расчетной области, ось OX направлена по нижней границе, ось OY – по левой границе расчетной области (рис. 1). Поле приземной концентрации от всех источников очевидно равно сумме $[C_n(X, Y)]_k$.

Используя формулу (6) степени повреждения РП соевым аэрозолем, получим пространственную динамику РП под влиянием солей с ОДА в N -ом десятилетии.

Данные. Исходной информацией являются немногочисленные публикации по данной тематике, спутниковые снимки, базы данных электронных ресурсов, архивы метеорологических данных по ветровому режиму, результаты проведенных нами полевых экспериментов [9]. Для обработки фактических и модельных данных использовались пространственно-временная интерполяция, корреляционный анализ, факторный анализ, ГИС-технологии.

Метеорологические параметры осреднялись по вегетативному периоду. Данные показывают тенденцию к увеличению скорости ветра, в то время как количество осадков уменьшилось в течение 2000-2020 годов [18]. То есть динамика метеопараметров способствует прогрессированию ВС.

Направление ветра над Аралкумом меняется из года в год. Различия в направлениях ВС обусловлены изменениями ОЦА, происходящими в результате смены циркуляционных эпох [7] и последствий глобального потепления. В целом приведенные данные свидетельствуют о том, что 70% выноса солей происходит в направлении сектора запад-юг, т.е. на территорию Каракалпакстана (рис. 3).

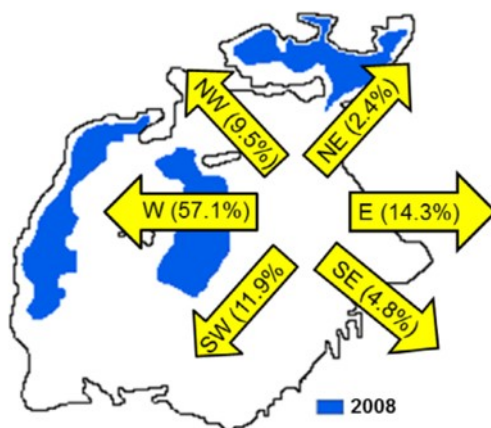


Рис. 4. Направление шлейфов пыльных штормов в течение 2005-2008 годов [15].

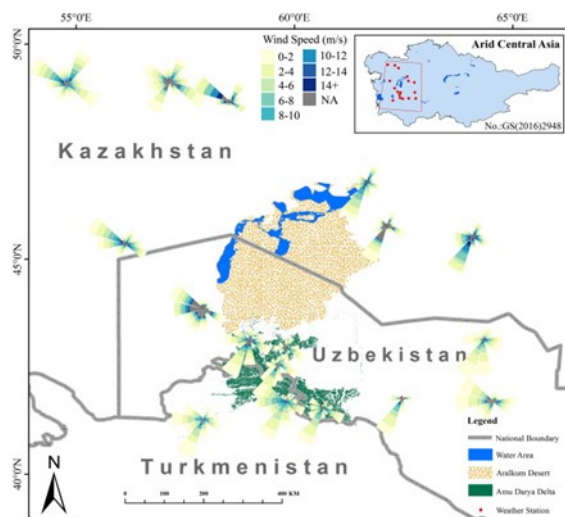


Рис. 5. Направления ПБ для 17 метеостанций Приаралья, средненые за 2005-2020 гг. [18].

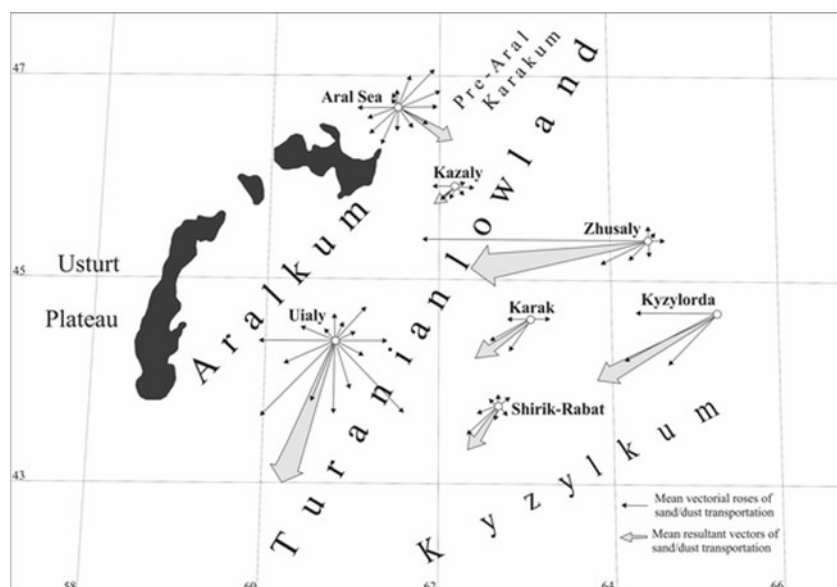


Рис. 6. Направления выноса песка и пыли в Приаралье.

Характер ветра и его разница между 850 гПа и 1000 гПа являются определяющими направления и силу атмосферного переноса аэрозоля. Вертикальный сдвиг ветра между 1000 и 850 гПа вызывает вторжение холодного воздуха с северного, северо-западного и северо-восточного направлений [18]. Но можно надежно использовать векторы ветра при 1000 гПа для обозначения поля приземного ветра [16].

Григорьев и Липатов [3] при анализе космических снимков за 1975-1981 гг. выявили три основных направления потоков пылевых шлейфов. В 60 % случаев пыльные бури были направлены на юго-запад, в 25 % — на запад, а остальные 15 % — на юг и юго-восток.

В более поздних работах [15, 18] указываются следующие направления ВС с ОДА (рис. 4, 5).

В Узбекистане, Казахстане и Туркменистане долгосрочная программа мониторинга осадения пыли, которая охватила 21 станцию, показала, что в 2003-2010 гг. эоловый перенос пыли происходил в основном в южном направлении [13] (рис. 6).

Тщательный статистический анализ данных по МС Муйнак [11], на котором мы и обосновывались при расчетах, показывает значительное преобладание ветров северной половины румба на всем протяжении периода моделирования (рис. 7).

В результате полевых экспериментов 2022-2024 гг. [9] были получены предварительные расчеты ПДК солей с ОДА (сульфатов натрия и калия, Na_2SO_4 , K_2SO_4) для некоторых наиболее типичных сообществ дикорастущих растений. Длительное воздействие среднедекадных сухих выпадений $\text{Na}_2(\text{SO})_4$ 5, 10, 15 и 20 г/м² выражается в уменьшении общего проективного покрытия к

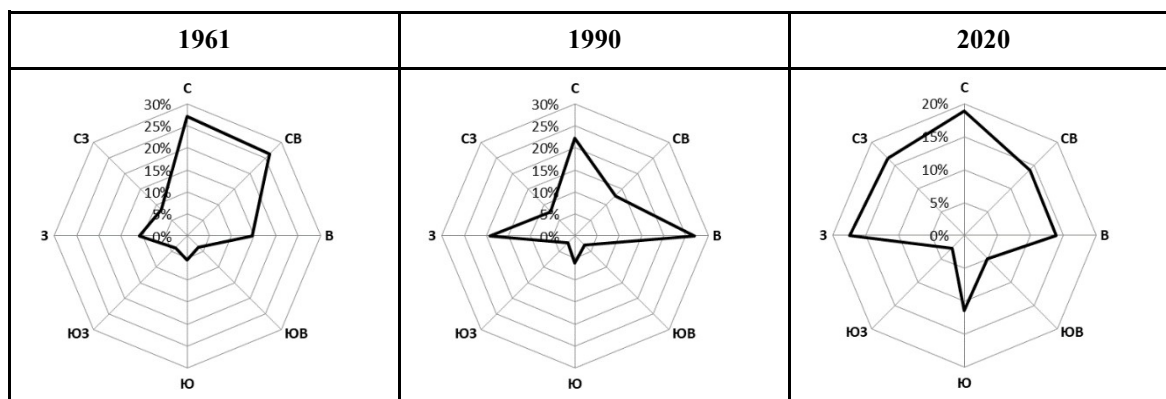


Рис. 7. Пространственно-временная динамика среднегодовой розы ветров (МС Муйнак).

концу вегетативного периода (*Climacoptera brachiata*, *Glycyrrhiza glabra*, *Climacoptera aralensis*) в среднем на 10, 17, 25 и 30% соответственно. Разовое воздействие ВС: гибель растений (*Aeluropus litoralis*, *Daucus acutiloba*) происходит при пылевых бурях с концентрацией 20 мг/м^3 в неблагоприятных условиях (ПБ с осадками) и при концентрации более 50 мг/м^3 в обычных условиях (*Artemisia terrae-albae*, *Artemisia turanica*, *Halimodendron, holidendron*).

Полученные данные использовались при определении $S_{кр}$ – критической величины сухих выпадений солей, при которой начинается деструкционное воздействие на растения (34 кг/га).

Результаты. Вычисленные поля S_n – среднегодовой величины сухих выпадений солей, к примеру, для 1990 г. и 2024 г. изображены на рис. 8, 9. Наибольшее количество сухих выпадений солей в обоих годах приходится на Кунградский и Муйнакский районы, т.е. территории, расположенные к юго-западу от Аралкума. Это свидетельствует о стабильности преобладающего

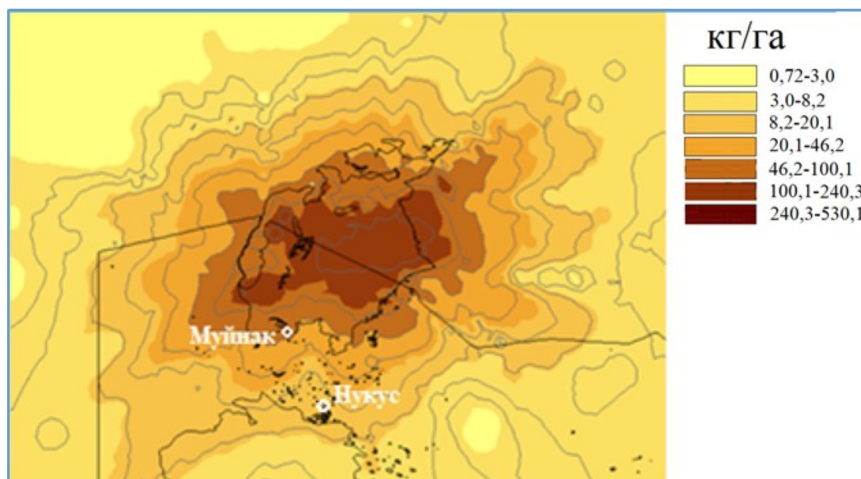


Рис. 8. Среднегодовые сухие выпадения солей в 1990 году (кг/га).

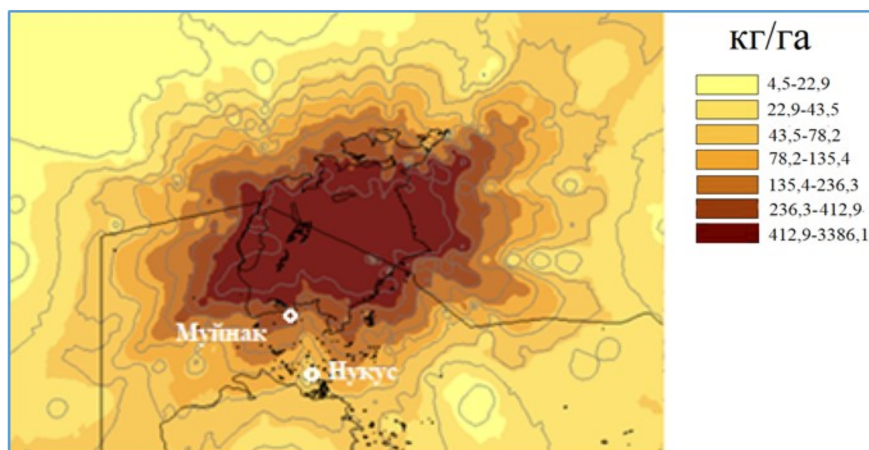


Рис. 9. Среднегодовые сухие выпадения солей в 2024 году (кг/га).

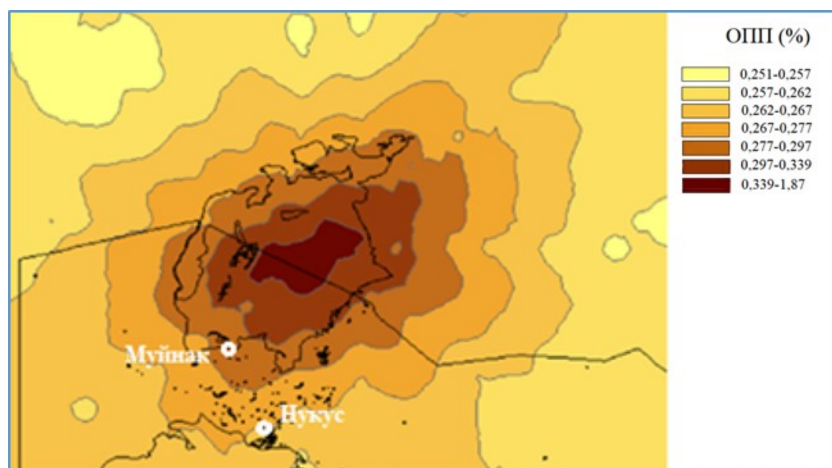


Рис. 10. Сокращения ОПП РП от влияния наземной концентрации в 1990 г. (%).

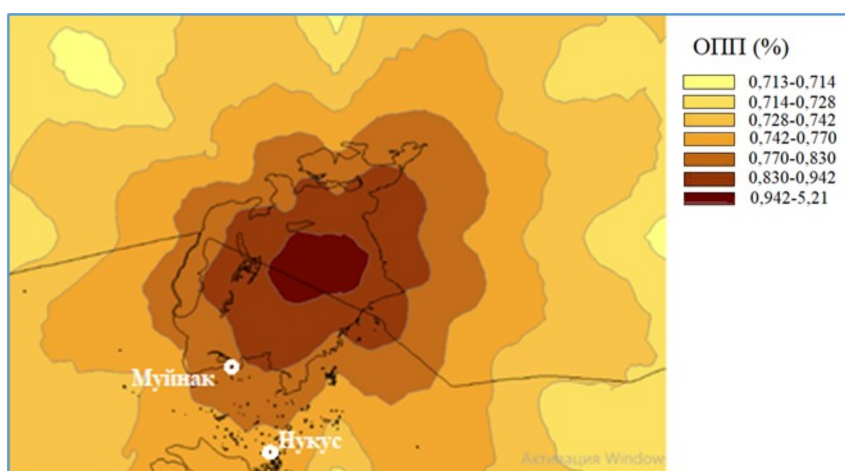


Рис. 11. Сокращения ОПП РП от влияния наземной концентрации в 2024 г. (%).

направления выноса солей с осушенного дна. Сравнивая рис. 7 и 8, можно отметить, насколько увеличилась зона влияния ВС с Аралкума. Если в 1990 г. изолиния сухих выпадений 20 кг/га проходила в 150 км к югу и 500 км к юго-западу от Аралкума, то в 2024 г. эта изолиния проходит уже в 300 км к югу и 800 км к юго-западу.

Соответствующие поля сокращения общего проективного покрытия (ОПП) РП отображены на рис. 10, 11. Зона существенного стресса (более 0,4% в год уменьшения ОПП) в 1990 г. занимала площадь 4,6 кв. км, а в 2024 г. – 20,1 кв. км.

По результатам моделирования многолетней пространственно-временной динамики деградации РП в Южном Приаралье получено обобщенное по региону формализованное выражение этой динамики (рис. 12, 13). Динамика сокращения ОПП как на Устюрте, так и в низовьях Амударьи подчиняется логарифмическому закону. Высокие в 1 десятилетии темпы динамики сокращения ОПП под влиянием ВС в последующих десятилетиях замедляются ввиду сукцессий с увеличением доли галофитов в РП, а также благодаря способности растений к адаптации.

Ратификация результатов моделирования проводилась по имеющимся фактическим данным общего проективного покрытия, пространственное (площади) сопоставление модельных и реальных данных выполнялось обработкой снимков с ИСЗ при помощи программы LpSquare.

Заключение. В данной работе дана количественная оценка влияния выноса солей с Аралкума на значения общего проективного покрытия (ОПП) растительного покрова. Соответственно рассмотрен только один аспект эволюции РП – сокращение площадей растительности. Эффект солевого фактора существенно увеличивается при учете сукцессий и физиологических деструктивных процессов под влиянием солей с Аралкума. По результатам исследования сделаны следующие выводы.

1. Сокращение ОПП под влиянием ВС прогрессирует со средними темпами 0,4% в год. Если в 1990 г. среднее по региону (включая Аралкум) сокращение за вегетативный сезон было 1,4%,

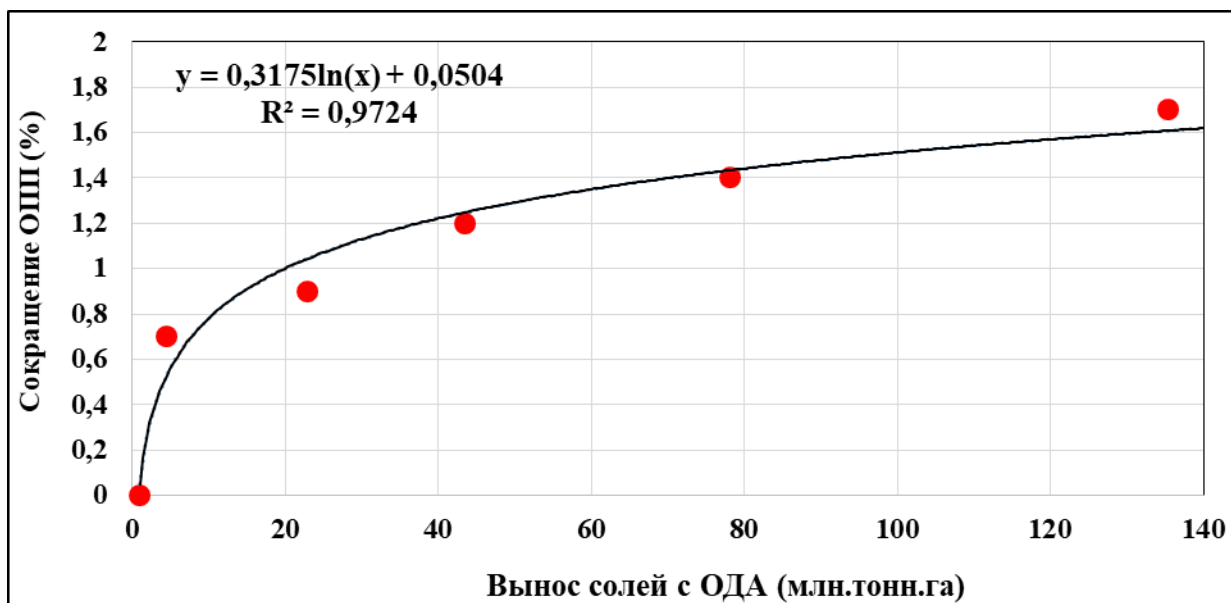


Рис. 12. Влияние выноса солей (сухие выпадения) солей на Устюрте.

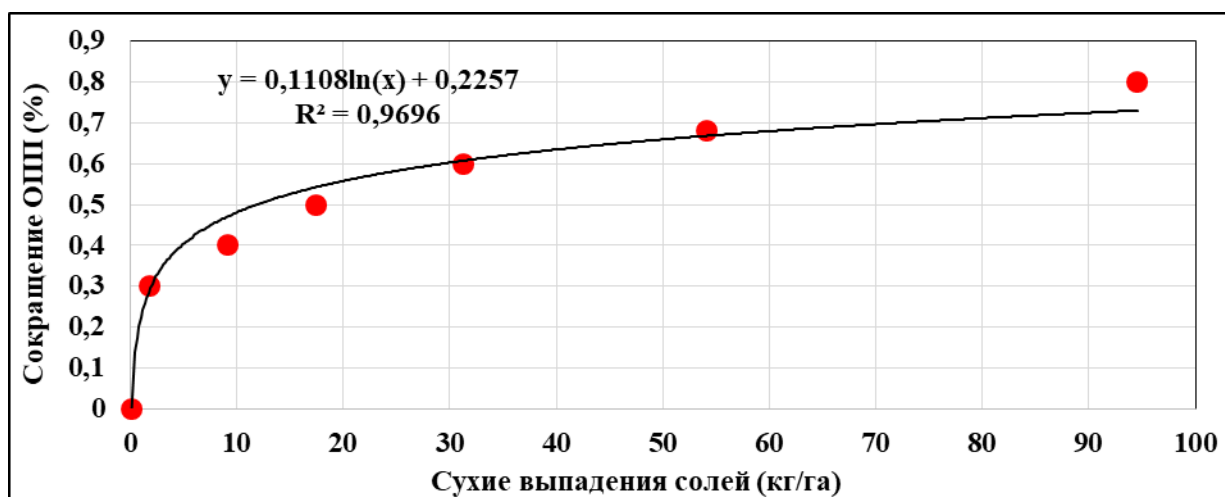


Рис. 13. Влияние выноса солей (сухие выпадения) в низовьях Амударьи.

то в 2024 г. эта цифра возросла до 18,3% в год.

- Наибольший эффект ВС оказывает на Кунградский и Муйнакский районы, где сокращение площадей, покрытых растительностью за вегетативный сезон в 2024 г. равно соответственно 9,1% и 13,7%.
- Сложив ежегодные сокращения ОПШ за весь период Аральского кризиса, получим внушающее значение деградации РП по региону – от 20 до 50%.
- Оценка зависимости процесса от какого-либо фактора осложняется ввиду взаимодействий как самого процесса, так и фактора с другими элементами и процессами ОС. При исследовании влияния ВС на растения в полевых экспериментах это метеорологические условия (ветер, осадки). Чтобы исключить влияние метеоусловий, необходимы лабораторные эксперименты в закрытых помещениях.
- Полевые эксперименты необходимо продолжить и детализировать ввиду остающихся неопределенностей (ПДК с видовой дифференциацией, вклады по отдельности способов воздействия, дифференциация влияния местных условий (механический и минеральный состав почв), влияние хода метеоусловий и др.).
- Учитывая снижение биомассы и продуктивности растений до 10-20% под влиянием сульфатов с осушенного дна Арала актуально расширение исследований по данной тематике, интенсификация разработок по мерам снижения ВС с Аралкума, включая искусственное осадкообразование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алланазаров К.Ж., Сатбаев Т. Климатические условия, агроклиматические ресурсы дельты Амударьи и их изменения в связи с опустыниванием // Изучение экологических проблем Приаралья: В сб. мат. научно-практ. конференции. – Нукус, 1-2 дек. 2005 г.
2. Аральское море и Приаралье. – [Электронный ресурс]. –/ <http://www.cawaterinfo.net/library/rus/watlib/watlib-16-2015.pdf>
3. Григорьев А.А., Липатов В.Б. Пыльные бури по данным космических исследований. –Л.: Гидрометеиздат, 1985.– 31 с.
4. Духовный В.А., Разаков Р.М., Рузиев И.Б., Косназаров К.К. Проблемы Аральского моря и природоохранные мероприятия // Проблемы освоения пустынь. – 1984. – №6. – С. 3-15.
5. Кубланов Ж.Ж., Тлеумуратова Б.С. Некоторые вопросы развития фитоценозов на осушенном дне Аральского моря // Вестник ККО АН РУз. –Нукус, 2022. –№3. – С. 69-75.
6. Сафаров А. Влияние засоления почв на развитие и продуктивность амаранта // Изучение экологических проблем Приаралья: В сб. мат. научно-практ. конференции. Нукус, 1-2 дек. 2005 г.
7. Субботина О.И., Чанышева С.Г. Климат Приаралья. – Ташкент: НИГМИ, 2006.–170 с.
8. Тажимуратов П., Пиржанова Р., Сейтнизова Б. Изменение фитоценоза приморской полосы Устюрта при аридизации // Тез. докл. Респ. конф. Изучение экологических проблем Приаралья.– Нукус: Билим, 2005.– С. 3-4.
9. Тлеумуратова Б.С., Кубланов Ж.Ж., Урумбаев А.Е. Загрязнение растительного покрова сульфатами с осушенного дна Аральского моря // Вестник ККО АН РУз. –Нукус, 2024. № 1. – С.54-60.
10. Тлеумуратова Б.С. Математическое моделирование влияния трансформаций экосистемы Южного Приаралья на почвенно–климатические условия. Дисс. ... д–ра физ.–мат. наук. – Ташкент, 2018. – 209 с.
11. Уразымбетова Э.П. Моделирование запыленности атмосферы Каракалпакстана пустыней Кызылкум // Экономика и социум. – 2024. – №. 4-1 (119). – С. 1126-1131.
12. Южное Приаралье – новые перспективы // Под ред. проф. В.А. Духовного и инж. Ю. де Шуттера. – 2003. С.156.
13. Groll M. et al. Aeolian dust deposition in the Aral Sea region—a spatial and temporal analysis of an ecological crisis. – 2003.
14. <https://ecosphere.press/2023/08/14/velikaya-zelenaya-stena-proekt-nadezhda-afrikanskogo-kontinenta/>
15. Indoitu R., Kozhoridze G., Bатырбаева М., Vitkovskaya I., Orlovsky N., Blumberg D., Orlovskiy L. Dust emission and environment changes in the dried bottom of the Aral sea // Aeolian Research, 2015, P.101-115.
16. Lamei Shi, Jiahua Zhang, Fengmei Yao, Da Zhang, Huadong Guo. Temporal variation of dust emissions in dust sources over Central Asia in recent decades and the climate linkages // Atmospheric Environment 222 (2020) 117176.
17. Novikova N.M. Contemporary plant and soil cover changes in the Amudarya and Syrdarya river deltas/B сб. Ecological research and monitoring of the Aral Sea. UNESCO– 1998. – p.100-128.
18. Wang, W., Samat, A., Abuduwaili, J., Ge, Y., De Maeyer, P., & Van de Voorde, T. (2022). Temporal characterization of sand and dust storm activity and its climatic and terrestrial drivers in the Aral Sea region. Atmospheric Research, 275, 106242. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106242>.

Janubiy Orolbo'yi o'simlik qoplami evolyutsiyasi va Orol dengizi qurigan tubidan tuzlar tarqalishi orasidagi bog'liqliklar

Tleumuratova B.S.¹, Kublanov J.J.^{1,2}, Urumbaev A.E.¹.

¹O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog'iston bo'limi Qoraqalpoq tabiiy fanlar ilmiy tadqiqot instituti, Nukus, ²Qoraqalpog'iston Respublikasi pedagogik mahorat markazi, Nukus

Maqolada 1961–2024 yillar oralig'idagi uzoq vaqt davomida Orol dengizining qurigan tubidan tuzlar tarqalishi ta'sirida butun Janubiy Orolbo'yi o'simlik qoplamining o'zgarishlari miqdoriy jihatdan o'rganiladi. Ushbu maqolada o'simlik qoplamlari shu nuqtai urlarning o'zgarishlari hisobga olinmagan holda ularning evolyutsiyasi o'simlik bilan qoplangan maydonlarning qisqarishi nuqtai nazaridan ko'rib chiqiladi. Aniqroq aytganda, modellashtirish usullari yordamida o'simlik qoplamasi yuzasiga Orol dengizidan sulfatlarning o'rtacha yillik tushishi natijasida Janubiy Orolbo'yi o'simliklarining umumiy proyektiv qoplamiga salbiy ta'sirini o'rganishda qo'llaniladi. Tadqiqot natijalari 1961–2024 yillardagi o'n yilliklar bo'yicha Orol dengizining qurigan tubidan tuzlar tarqalishi maydonlarining, o'simliklarning degradatsiyasining qonuniyatlarini va ularning umumiy proyektiv qoplamining o'zgarishi maydonlari kartografik tasvirlari sifatida taqdim etilgan. Havoning ifloslanishining ta'siri o'simliklarning ildiz tizimining changlanishi va tuproq sho'rlanishining oshishi bilan belgilanadi.

Связи эволюции растительного покрова Южного Приаралья с выносом солей с осушенного дна Аральского моря

Тлеумуратова Б.С.¹, Кубланов Ж.Ж.^{1,2}, Урумбаев А.Е.¹.

¹Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан, Нукус, ²Центр педагогического мастерства Республики Каракалпакстан, Нукус

В статье исследованы количественные изменения растительного покрова в Южном Приаралье в целом, обусловленные воздействием выноса солей с осушенного дна Аральского моря длительный период с 1961 по 2024 гг. Исключая видовые трансформации, эволюция растительного покрова в данной работе рассматривается в аспекте сокращения площадей, покрытых растительностью. Конкретнее, методами моделирования агрегированно исследуется ПВД общего проективного покрытия растительного покрова в Южном Приаралье в зависимости от среднегодового выпадения сульфатов из Аралкума. Результаты исследования представлены как формализованные закономерности деградации растительного покрова и картографические изображения полей выпадения солей с осушенного дна Аральского моря и полей изменения общего проективного покрытия по десятилетиям периода 1961-2024 гг. Воздействие ВС определяется запылением надкорневой системы растений и увеличением засоленности почв.

Connections of the evolution of the vegetation cover of the Southern Aral region with the removal of salt from the dried bottom of the Aral Sea

Tleumuratova B.S.¹, Kublanov Zh.Zh.^{1,2}, Urumbaev A.E.¹.

¹Karakalpak Scientific Research Institute of Natural Sciences of the Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Nukus, ²Center for Pedagogical Skills of the Republic of Karakalpakstan, Nukus

The article studies quantitative changes in the vegetation cover in the Southern Aral Sea region as a whole, caused by the impact of salt removal from the dried bottom of the Aral Sea over a long period of 1961-2024. Excluding species transformations, the evolution of vegetation cover in this work is considered in the aspect of reduction of areas covered by vegetation. More specifically, the modeling methods are used to study in an aggregated manner the PWD of the total projective cover of vegetation cover in the Southern Aral Sea region depending on the average annual fallout of sulfates from Aralkum. The results of the study are presented as formalized patterns of vegetation degradation and cartographic images of salt deposition fields from the dried bottom of the Aral Sea and fields of change in the total projective cover by decades of the period 1961-2024. The impact of the WS is determined by dusting of the root system of plants and an increase in soil salinity.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

Мамбетуллаева С.М.¹, Утемуратова Г.Н.¹, Абдинасырова Н.А.¹,
Байниязова Г.С.², Танирбергенов К.Ж.³

¹Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан, г. Нукус

²Нукусский государственный педагогический институт им. Ажинияза

³Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологий, г. Нукус

В настоящее время в мире успешно решаются проблемы стабильности и устойчивости биологических систем, что позволяет делать заключения о состоянии природных сообществ и степени воздействия на них дестабилизирующих факторов. Утрата биоразнообразия, безусловно, ведет к глубоким последствиям для эволюции видов и их выживания в целом. Исследование масштабов воздействия антропогенных факторов на ландшафтах и закономерностей изменения фауны и экологии фауны мелких млекопитающих представляет важный теоретический и практический интерес в области экологии.

Сохранение биоразнообразия и охрана природы являются важными аспектами устойчивого развития любого государства. В Республике Узбекистан, обладающей уникальными природными ресурсами, эти вопросы становятся особенно актуальными. Стратегия по сохранению и использованию биоразнообразия, утвержденная в 2019 году, основывается на Конституции Республики Узбекистан и законах охраны природы [1]. Целью стратегии является достижение сбалансированной и устойчивой формы развития, которая включает сохранение биоразнообразия.

Проблема состояния биоразнообразия фауны и ее динамика в условиях интенсивной аридизации и опустынивания региона Приаралья требует всестороннего углубленного изучения. В связи с этим необходимо провести инвентаризацию биоресурсов нашего региона и разработать меры и пути их охраны. В последние годы с интенсивным освоением территории Устюрта резко возросло влияние антропоген-

ных факторов (строительство железных дорог, газопроводов и т.п.) на динамику ландшафта и растительных сообществ, видового разнообразия фауны и ее биопродуктивности. С экологической точки зрения для оценки устойчивости биоты может применяться критерий наличия разнообразных редких таксонов (редких видов живых организмов, существенно различаемых по экологическим нишам, трофическим уровням, а также по размерным классам территории, необходимой для существования их популяций) в пределах всей экологической амплитуды их местообитаний [2].

Фауна мелких млекопитающих, как важный компонент экосистем, претерпевает существенные изменения в связи со сложившейся экологической ситуацией в регионе Приаралья. Взаимодействие и сравнительный анализ животного населения различных природных зон в экологическом и эволюционном аспектах является одним из интересных открытых вопросов современной экологии.

Изучение процессов совокупного влияния различных экологических факторов на экосистемы и выявление экологических механизмов адаптации и преобразования популяций живых организмов (на примере мелких млекопитающих) в условиях трансформации природной среды имеет огромное прикладное значение для сохранения всего биоразнообразия, а также целостности естественных сообществ на фоне антропогенного прессинга в Южном Приаралье. При изучении популяций наземных позвоночных мелкие млекопитающие являются классическим и наиболее часто используемым объектом в экологических исследова-