АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2015, том 21, №4 (65), с. 5-21

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 581.55:574

МОНИТОРИНГ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ В ЭКОСИСТЕМАХ АРИДНОГО ПРИАРАЛЬЯ

© 2015 г. Л.Я Курочкина

Институт ботаники и фитоинтродукции,
Министерство образования и науки Республики Казахстан
Казахстан, 050040 г. Алматы, ул. Тимирязева 36-Д.
E-mail: lidiya_kurochkina@yandex.ru

Поступила 30.04.2015

Определены параметры необходимого экологического мониторинга деградации зональных формаций растительности Северного Приаралья при оценке процессов опустынивания. Картографирование ориентировано на выявление степени, тенденций смен и роли доминантов в экосистемах. Дано определение функциональной значимости растительности.
Ключевые слова: формация растительности, экосистема, опустынивание, функциональная роль, сукцессия, мониториг.

Среди важных нерешенных проблем Северного Приаралья остаются вопросы недостаточной оценки тенденций дестабилизации окружающей среды и риска потери биоразнобразия на уровне экосистем и устойчивых зональных формаций растительности. В контексте Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием – (КБО ООН, 1992) материалы по растительным формациям ограниченны. В перечень основных типов опустынивания не включена деградационная динамика ведущих доминантов растительности, их индикаторная и функциональная роль. В связи с этим одной из основных целей иследования является обоснование особого типа опустынивания, характеризующего смену доминантов растительности в экосистемах – деструктуризацию, которая трактуется как риск потери средообразущей роли эдификаторного зонального вида. Исследование динамики растительности представляет научный интерес при разработке экологического мониторинга и землеустройства, необходимых при выполнении проекта: «Устойчивое функционирование и возможности реабилитации зональных экосистем Северного Приаралья», включенного в число фундаментальных исследований Института ботаники и фитоинтродукции (Казахстан) на 2015-2017 гг.

Методика

Для суверенного Казахстана, включающего основную часть границы степи и пустыни в центре Евразии, существенно рассмотрение трансграничных экосистем по границе аридных и субаридных зон и подзон. Среди них важное значение должно быть уделено анализу полидоминантных формаций полыней и комплексных экосистем в районе Северного Приаралья, испытывающего полувековое влияние усыхания Аральского моря. При изучении формаций растительности и экосистем (или биогеоценозов по В.Н. Сукачеву, 1942), нами включается оценка их полидоминантности, функциональной значимости (Курочкина, Кокарев, 2007), а также учет автоморфности (Быков, 1981). Зональные формации выделяются среди элементарных экосистем – биогеоценозов в масштабах 1:1000000, 1:2000000 и для комплексов и сочетаний – на уровне мезоэкосистем (Курочкина, 2007). В таблицах зональных формаций перечисляются элементарные экосистемы с доминированием или участием эдификаторных видов. Зональность рассматривается согласно представлениям российских и казахстанских геоботаников (Ботаническая география…, 2003; Сафронова, 2013). Исключается зона полупустынь, выделяемая на климатических, ландшафтных и почвенных картах. Признана и обоснована ботаниками граница степи и пустыни, проходящая между двумя подзонами: опустыненной степью и остепненной пустыней (Сафронова, 2006). Целесообразно рассматривать эти

подзоны как межзональные экотоны, содержащие переходные экосистемы (Мирзадинов, Курочкина, 1985). Эти экотоны связаны с пестротностью условий среды и полидоминантностью формаций.

Изучение опустынивания растительности проводится с учетом серий растительности, понимаемых нами как сукцессионные серии, как динамика растительности во времени в условиях однородной или слабо измененной среды обитания (Карамышева, Рачковская 1973; Курочкина 2003).

Для доминантов описываемых формаций дана характеристика фитоценотипа (по Быкову, 1965; 1983), функциональной значимости (по Курочкиной, Кокареву, 2007). Суммируются представления по универсальности организации аридных сообществ, слагающих формации (Курочкина, Шабанова, Лысенко, 1988). Универсальность заключается в структуре сообществ и посезонной передаче доминирующей роли функционирования и возобновления (саморегуляции в том числе) на ценопопуляционном уровне.

Распространение сукцессионных серий на пространственные экологические ряды противоречит принципам выделения элементарных экосистем при составлении карт опустынивания и деградации. Темпы и характер прохождения сукцессионных серий связаны с внутренней опасностью опустынивании экосистем (ВОО) – устойчивостью экосистем к внешним воздействиям. Впервые ВОО рассматривалась для аридных територий ограниченно, для песчаных и солончаковых территорий (Карта антропогенного..., 1990). Для Казахстана предложена более детальная шкала оценки, используемая при выделении степени опустынивания (Курочкина, Макулбекова, 2010). Категории опустынивания выделяются как степень (класс) деградации земель, в том числе растительности, по методике Конвенции по борьбе с опустыниванием (КБО). Степени опустынивания: слабое, умеренное, сильное, очень сильное. При составлении мелкомасштабных карт опустынивания (деградации) растительности добавляются промежуточные степени, характеризуемые по преобладающей и включающие фрагменты других степеней. Например, умеренная с фрагментами слабой, сильная с фрагментами умеренной и т.д. Степень опустынивания демонстрируется в таблицах и рисунках по формациям растительности. Степень оценивается по критериям проективного покрытия, возобновляемости доминирующих видов, их продуктивности, засоренности растительных сообществ, нарушению структуры растительного покрова и типов опустынивания растительности, почв, по проявлению многолетних засух, чрезмерному антропогенному использованию и т.д. Ограниченность методических оценочных показателей связана с существованием многочисленных источников и публикаций по опустыниванию в контексте КБО.

В качестве дополнительных индикаторов деградации растительности используются серии (сукцессионные серии) сообществ, устанавливаемые на экосистемном уровне по показателям биоразнообразия растительности, состоянию почв, влиянию погодных условий, периодических засух, фитоклимата, антропогенных воздействий, изменений влагообмена в экосистемах.

Функциональная роль растительности для формаций рассматривается по воздействию на компоненты окружающей среды в экосистемах, к которым относятся формации.

Основные параметры доминантов и их функциональной значимости демонстрирует таблица 1. Формации выделены условно по доминантам климакс-типа растительности. Картографирование в мелком масштабе (Ботаническая география…, 2003). Выбор зональных формаций для Северного Приаралья осуществлен на основе многолетних полевых исследований стационара «Терескент» (Биоэкологические..., 1968; Ресурсы биосферы, 1975; Кириченко, 1980), откорректированных при составлении тематических карт (Ботаническая география…, 2003; Огарь, Рачковская, 2010; Карта экологического…, 1991). Оценка опустынивания дана по карте деградации растительности (Курочкина, Макулбекова, 2010).

На период 1960-1990 гг. сообщества условно приняты как слабо нарушенные. При картировании опустынивания для типичных сообществ выделенных формаций в контексте Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием в настоящий период фиксируется степень умеренной и сильной деградации. Это подтверждается снижением порога устойчивости и ограничением саморегуляции и воспроизводства зональных видов. В этой связи устанавливается функциональная роль доминирующих видов растительных сообществ. Рассматривается тип воздействия и снижение ресурсной значимости (Курочкина, Кокарев, 2007). Снижение значимости растительных ресурсов, их продуктивности лежит в основе расчетов норматива использования. Среди типов воздействия растительности на компоненты экосистем выделяются: дифференцирующий, трансформирующий, стабилизирующий, интегрирующий, реконструирующий. Существенно отметить при этом роль

субдоминантов-индикаторов сукцессионных серий. Функциональная значимость растительности разнообразна. В том числе почвоформирующая, рельефостабилизирующая, водорегулирующая, пастбищная, галомелиоративная, ресурсная (оптимум ресурса в сообществах). Функциональный оптимум соответствует преобладающему проективному покрытию и продуктивности доминанта. Потеря функциональности - индикатор степени опустынивания. Устанавливается при сопоставлении показателей продуктивности и обилия доминантов.

Выделение типов и степени опустынивания проведено нами путем сравнения видового разнообразия растительных сообществ на мелкомасштабных картах экосистем (Ботаническая география…, 2003; Огарь, Рачковская, 2010), описаний растительности на крупномасштабных картах стационара «Терескент» (Биоэкологические…, 1969 и др.). Проведено дополнительное сопоставление фитоценотического разнообразия по перечню сообществ в легендах по картам кормовых угодий (Карта экологического…, 1991). Не совпадает определение видов полыней (*Artemisia terrae-albae* и *Artemisia semiarida)*. Последний выделен Н.С. Филатовой (1966) и ранее был объединен с *A. terrae-albae* (Флора Казахстана, 1966). Необходимо дополнительное уточнение. На будущих крупномасштабных картах будет уточнено доминирование *Haloxylon aphyllum* и ряда эфемероидов (*Poa bulbosa, Carex pachystilis)* для выявления тенденций смены доминантов и ареалов ценопопуляций.

Обсуждение результатов

Северное Приарлье расположено в границах зоны пустынь в пределах 58º00'-62º00' восточной долготы и 46º00'-48º00' северной широты, от реки Иргиз до Аральского моря. В исследовании растительности рассматривается Тургай-Североприаральский зонально-экологический округ, выделенный по фактору опустынивания растительности (Национальный Атлас…, 2010). Округ объединяет ранее обозначенные районы (Биоэкологические основы…, 1968): Тогузский равнинный бурых и такыровидных почв с полукустарничковой растительностью, пески Малые Барсуки с псаммофитнокустарниковыми сообществами, Жабысайский холмисто-равнинный солонцовых почв и Чокусинский район бурых почв с доминантами галоксерофитов. Волнистая денудационная равнина округа включает ряд столовых останцов с реликтовой флорой. Округ относится к северной пустыне с элементами степной растительности. Фрагменты степной флоры в полидоминантных формациях проявляются в субдоминировании степных злаков (*Stipa, Agropyron*) и полыней (*Artemisia tomentella* и *A. marschalliana*). Выявляются экотоны, особенно на опесчаненных почвах. Таким образом, подтверждается выделение полосы остепненной пустыни и опустыненной степи (Ботаническая география…, 2003) вместо зоны полупустынь.

В Торгай-Североприаральском округе отмечается: фоновое состояние растительности на 40% территории; на 60% территории – опустынивание: с фрагментами слабого (25%), сильного (15%) и очень сильного (20%). Климат очень сухой, умеренно жаркий, ГТК < 0.4, ТК – 0.96-1.98. Согласно данным климатологов Казахстана в описываемом округе атмосферная засуха в 2010 г., рассчитанная по ГТК составляла 0.4-0.6; сумма осадков – 100-150 мм; сумма температур выше +10ºС – 3000-3020ºС, ТК – 0.94-4.24.

С.А. Долгих (2006) рассматривает приводимые показатели как климатические предпосылки опустынивания. Однако, следует заметить, что среднемноголетние показатели ГТК и ТК (интегральные показатели тепло- и влагообеспеченности) не могут служить точным индикатором опустынивания и характеризуют не деградацию растительности или почв, а их зональность. Поэтому оценку ТК как "благоприятный" и "неблагоприятный" (Долгих, 2006) для экосистем климат считаем несостоятельной. Для правильного выбора климатических воздействий необходима информация по конкретным условиям среды, растительности и почв в сезонном фитоклиматическом разрезе, что демонстрируют подобные разработки для юго-востока России (Золотокрылин, Виноградова, 2007).

При дальнейших исследованиях данные, по возможности, будут уточнены для конкретных условий изучаемых ключевых участков. В выделенном округе преобладают полукустарничковые (полынные и солянковые) сообщества плакоров, а на песках – злаково-песчанополынно-кустарниковые. Следует отметить, что на мелкомасштабных картах экосистем (Национальный Атлас…, 2010) отмечалась так называемая "восстановленная растительность", представляющая логическое умозаключение по климакс-типу. Для Северного Приаралья в стационарных условиях характеризовались реальные биогеоценозы конкретных участков на площади более 6000 га.

Отмечено слабое нарушение. В 2005-2010 гг. регистрируется (Курочкина, Макулбекова, 2006; Национальный Атлас…, 2010) умеренное опустынивание с фрагментами сильного (рис. 1).

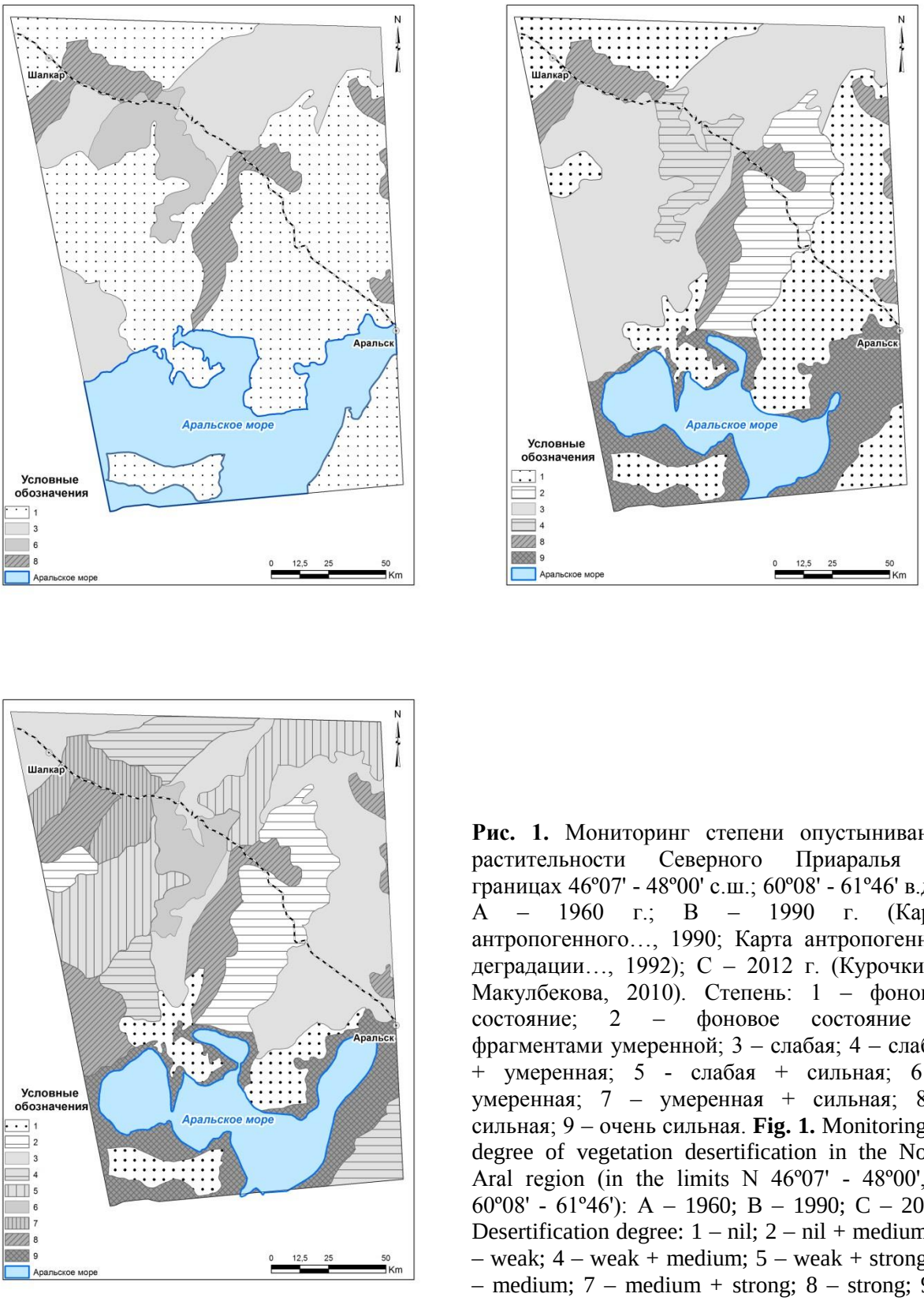

Рис. 1. Мониторинг степени опустынивания растительности Северного Приаралья (в границах 46º07' - 48º00' с.ш.; 60º08' - 61º46' в.д.): А – 1960 г.; В – 1990 г. (Карта антропогенного…, 1990; Карта антропогенной деградации…, 1992); С – 2012 г. (Курочкина, Макулбекова, 2010). Степень: 1 – фоновое состояние; 2 – фоновое состояние с фрагментами умеренной; 3 – слабая; 4 – слабая + умеренная; 5 - слабая + сильная; 6 – умеренная; 7 – умеренная + сильная; 8 - сильная; 9 – очень сильная. **Fig. 1.** Monitoring of degree of vegetation desertification in the North Aral region (in the limits N 46º07' - 48º00', E 60º08' - 61º46'): A – 1960; B – 1990; C – 2012. Desertification degree: 1 – nil; 2 – nil + medium; 3 – weak; 4 – weak + medium; 5 – weak + strong; 6 – medium; 7 – medium + strong; 8 – strong; 9 – very strong.

Анализ опустынивания растительности на уровне формаций проведен на основе современных и ретроспективных данных по структуре и динамике растительности по литературным источникам (Биоэкологические…, 1968; Национальный Атлас …, 2010; Карта экологического…, 1991 и др.).

Для Северного Приаралья растительность зональных экосистем представлена формациями: 1 – белоземельнополынников (*Artemisia terrae-albae*) на бурых почвах плакоров; 2 – серополынников (*Artemisia semiarida*) на бурых, светлокаштановых и солонцовых почвах. 3 – биюргунников (*Anabasis salsa*) на солонцах пустынных, 4 – черносаксаульников (*Haloxylon aphyllum*) на бурых почвах; 5 – чернобоялычников (*Salsola arbusculiformis*) на щебнистых малоразвитых почвах по склонам останцов; 6 – группа формаций псаммофитных кустарников (с преобладанием видов *Calligonum*) на песках. Далее по картам Национального Атласа Республики Казахстан (Курочкина, Макулбекова, 2010) характеризуется опустынивание, индицируемое на основании формаций, репрезентативных для Северного Приаралья (табл. 1).

Таблица 1. Основные показатели доминантов формаций. **Table 1.** Main parameters of vegetation formations dominants.

Показатель	Формация					
	Artemisia terrae-albae	*Anabasis salsa*	*Haloxylon aphyllum*	*Salsola arbusculiformis*	*Calligonum* spp.	*Artemisia semiarida*
Фитоценотип	ДД, ДС	ДД	ДР (СД)	ДР	ДР	ДД
Биоморфа	Полукус-тарничек	Полукус-тарничек	Пустынное дерево	Кустарник	Кустарник	Полукус-тарничек
Экоморфа	Х (ксерофит)	НаХ - галоксерофит	Х, Рm, На	Х - эвксерофит	Рm - псаммофит	Х
Высота, см корни, см	15-25 85 (80)	15 50	400 1000	80 (100) 60	150 200	-
Функциональная значимость	Со, Ср, Лс, Пз, Эз, Р, К, (С) Т	Ср, Вр, Лс, Пз	Ср, Со, Пз, Эз, Вр, Экс, КТР	Со, Ср, Пе, Эр, Экс, Пф, Пз, К, Ср, Т	Пф, Ср, Вр, Пз, М, КТ	Ср, Лс, Пз, Эз, К
ВОО	-	Умеренная	Умеренная	Сильная	Сильная	Умеренная

Примечание: ДД – доминант дензектор (густой); ДС – доминант коннектор (связывающий); ДР – доминант патулектор (открыто стоящий) (по Быкову, 1965). Функциональная роль: Лс – ландшафтностабилизирующая; Ср – средообразующая; Пз – почвозащитная; Пф – почвоформирующая; Вр – водорегулирующая; Эз – эрозионнозащитная; Экс – стациобиологическая (местообитания животных); Г – галомелиоративная; К – кормовая; С – сенокосная; Т – топливная; Р – сырьевых ресурсов; ВОО – внутренняя (природная) опасность опустынивания.

Формация белоземельнополынников на бурых почвах плакоров. (*Artemisia terrae-albae*). Полынь белоземельная полукустарниковый доминант коннектор второго яруса (Быков, 1965), создает основную продуцирующую ценопопуляцию. Основной средообразующий вид Казахстанской пустыни от Волжско-Уральского междуречья до восточной границы Республики. Показатели вида и функциональная роль в экосистеме показана в табл. 1.

Флористическое разнообразие сообществ и характер установленного опустынивания (рис. 2) подчеркивают особенности деградации растительности в экосистемах – опесчанивание почв, засоление и др. Преобладающая степень опустынивания умеренная, с фрагментами слабой. Но, среди перечисленных в таблице 2 пяти сообществ, отмечен особый тип опустынивания – деструктуризация, связанный с процессом смены доминанта (и экосистемы) и потерей основной функциональной роли полыни белоземельной, как доминанта. Заметим, однако, что отмечаемая смена белоземельнополынников на изенники (*Kochia prostrata*) благоприятна для пастбищ и не ухудшает их ценность. Это можно рассматривать как процесс саморегуляции, как и в случае доминирования в сообществах мятлика (*Poa bulbosa*), вида, считаемого антропогенным, или свойственным только для зоны южных и предгорных пустынь (Ботаническая география…, 2003).

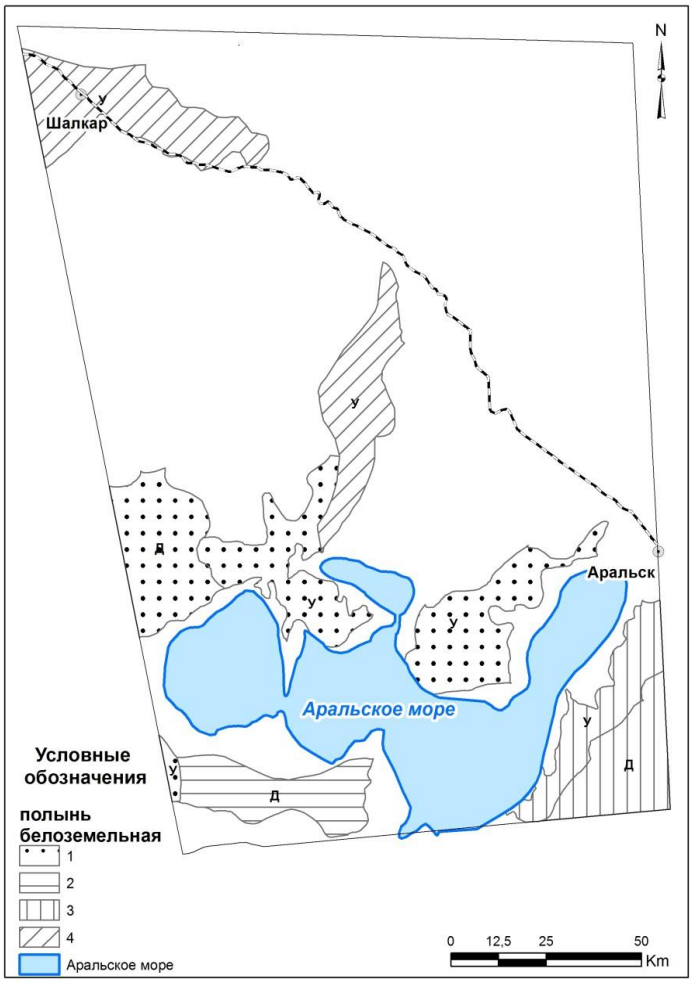

Рис. 2. Степень опустынивания сообществ с доминированием (Д) и участием (У) полыни белоземельной (Курочкина, Макулбекова, 2010; Щербинина, 1971). Степень: 1 – фоновое состояние; 2 – фоновое состояние + умеренная и сильная; 3 – слабая + сильная; 4 – умеренная. **Fig 2.** Desertification degree of plant communities with dominance (Д) and participation (У) of *Artemisia terrae-albae*. Degree: 1 – nil; 2 – nil + medium + strong; 3 – weak + strong; 4 – medium.

Сообщества итсигековых и черносаксауловых белоземельнополынников не отмечаются на мелкомасштабных картах экосистем, но имеют непосредственное отношение к динамике растительности. На основании данных по описанию фитоценозов можно заключить, что саксаул черный (*Haloxylon aphyllum)* сменился на итсигек (*Anabasis aphylla)*, являющийся его конкурентом. Итсигек, или анабазис безлистный – древеснеющий полукустарник со стержневым корнем, глубиной более 7 метров, обильно ветвящимся в биогоризонтах почвы, наиболее увлажненных за счет атмосферных осадков, как и у саксаула и полыни. Саксаул, как фреатофит с корнями, достигающими глубины грунтовых вод, в условиях природных засух теряет это свойство и слабо возобновляется. Итсигек же более устойчив, по сравнению с саксаулом он обладает большей тенденцией к углублению корневой системы и освоению влаги более глубоких почвенных горизонтов (Клышев, 1961). Смена доминирования полыни на эфемероиды близка к флуктуациям, объяснимым засухами. Доминирование эфемероидов способствует иссушению верхних биогоризонтов почвы и препятствует возобновлению полукустарничков. Их развитие возможно из-за ранней и короткой вегетации. В условиях бурых почв полынь развивает вторичные корни в биогоризонте 3-20 см, но позже

отрастания мелкотравья. Доминирование эфемероидов, как устойчивую смену, можно назвать субклимаксовой или функционально-регулирующей. Подобные смены отмечаются и для других растительных формаций пустыни.

Таблица 2. Опустынивание растительности в формации полыни белоземельной (*Artemisia terrae-albae*). **Table 2.** Desertification of vegetation in formation of *Artemisia terrae-albae.*

Сообщества	Опустынивание				
	Степень	Тип	Индикатор	Серия	Снижение функциональной роли, %
Эфемероидно-итсигековый белоземельнополынник на бурых пустынных нормальных почвах плакоров подзоны северных пустынь	Умеренная с фрагментами сильной	Деструкту-ризация	Итсигек	Итсигековая	10 (40 для ресурсной роли)
Боялычевый белоземельнополынник на бурых пустынных малоразвитых почвах останцов	Умеренная с фрагментами сильной	Деструкту-ризация	Неполночленость, слабая сформирован-ность почв	Боялычевая	30
Изенево-эфемероидное, белоземельнополынно-ревеневое на бурых пустынных нормальных почвах плакоров	Умеренная	Деструкту-ризация	Изень, доминирование эфемероидов	Изенево-мятликовая регулирующая	-
Черносаксаулово-белоземельнополынное на бурых пустынных солонцеватых почвах плакоров	Сильная	Деструкту-ризация	Изреженность саксаула, изень галофиты	Реликтовая	30 (50)
Белоземельнополынно-житняковая на бурых пустынных нормальных почвах окраин песков на месте белоземельнополынной	Умеренная	Опесчани-вание (дефляция)	Псаммофиты	Псаммофитная	-

По картам опустынивания (рис. 1, рис. 2) следует заключить, что белоземельнополинники на основе саморегуляции сохраняют зональную структуру при снижении пастбищных нагрузок (в период охраны участков стационара), но частично подвержены процессам деструктуризации, т.е. замене доминанта (*Artemisia terrae-albae)* на итсигек, включению и субдоминированию мятлика и сорных однолетников при изменении компонентов экосистем (почвы) в периоды многолетних засух. Нарушается возрастной спектр ценопопуляций, проективное покрытие, продуктивность по сезонам года.

В псаммофильных экосистемах (рис. 2) с участием полыни белоземельной отмечается сильное опустынивание, связанное с дефляцией почв. В годы, благоприятные по осадкам весенне-летнего периода, происходит зарастание песков полынями, что служит индикатором закрепления и усиления пылеватости верхних биогоризонтов слабосформированных песчаных почв. Очевидна восстановительная сукцессионная серия с усилением доминирования полукустарничков. Степени сильного опустынивания соответствует высокая ВОО и слабая сформированность рыхлых и пылеватых песков. На Карте экосистем (2006) в псаммофитных полынниках кроме *Artemisia arenaria,* отмечается и *A. semiarida,* выделенная из *A. terrae-albae* (Филатова, 1960). По данным И.Н.

Сафроновой (2003) *A. semiarida* на песках отсутствует. На бывшем побережье Аральского моря белоземельнополынники также сильно и очень сильно опустынены в результате перевыпаса в прошлом.

На северо-западе Малого Аральского моря полынь белоземельная участвует в формации сарсазана (*Halocnemum strobilaceum*). Ценопопуляция полыни подвержена сильному опустыниванию: она разрежена, всходы и прематурные особи единичны. Проявляется реструктуризация поверхности, формирование кочкарников под сарсазаном, увеличивающее засоление солончаковатых бурых почв, что препятствует возобновлению полыни.

Формация полыни серой (*Artemisia semiarida*) на бурых и каштановых почвах. Сообщества полыни серой (*Artemisia semiarida*) выделены в указанном ареале (рис. 3) И.Н. Сафроновой (2003) из описанных ранее на этой территории белоземельнополынников (Быков, 1965; Биоэкологические…, 1968). Материалов по расшифровке биоразнообразия и индикаторов опустынивания для серополынников недостаточно.

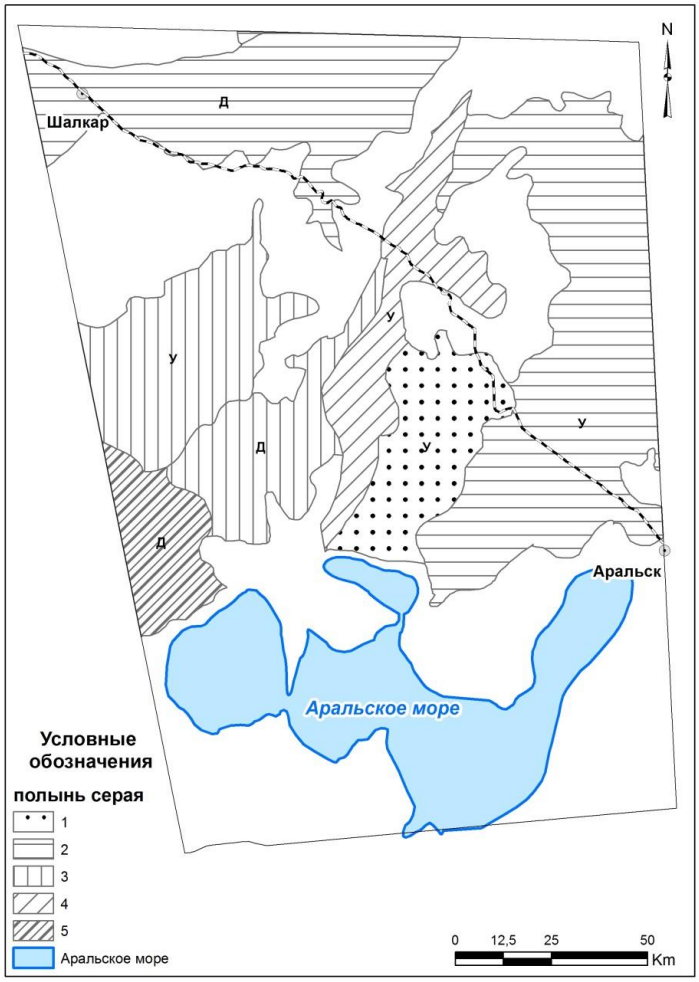

Рис. 3. Степень опустынивания сообществ с доминированием (Д) и участием (У) полыни серой (Ботаническая география…, 2003; Рачковская, 2010). Степень: 1 – фоновое состояние или слабая; 2 – слабая + умеренная; 3 – слабая + сильная; 4 – умеренная + сильная; 5 – сильная. **Fig 3.** Desertification degree of plant communities with dominance (Д) and participation (У) of *Artemisia semiarida*. Degree: 1 – nil or weak; 2 – weak + medium; 3 – weak + strong; 4 – medium + strong; 5 – strong.

Среди содоминантов указаны обильный мятлик (*Poa bulbosa*) и пустынно-степной тырсик (*Stipa sareptana*) – виды, характеризующие псаммофитные сообщества северной пустыни в экосистемах суглинистых, супесчанных, реже защебненных почв с автоморфным режимом (Огарь, Рачковская, 2010). Степень опустынивания серополынников Северного Приаралья умеренная, с фрагментами слабой, иногда сильной (рис. 3, табл. 3). Планируемые исследования при картировании и анализе ценопопуляций откорректируют приведенные данные и тенденции динамики формации в ряду полынников подрода Seriphidium, специфике североказахстанской серой полыни и общности ее сообществ с белоземельнополынниками. Заповедность территории и исключение антропогенного воздействия (выпаса скота) на стационаре «Терескент» (1960-1990 гг.) характеризует восстановление умеренно нарушенного растительного покрова по зональному типу доминантов. Есть основание предполагать наличие сообществ изеневых серополыников, с участием *Kochia prostrata*, выделяемых для предгорных пустынь, а также итсигековых на суглинистых почвах, аналогичных белоземельнополынополынникам. Гемипетрофитные варианты серополынников с содоминированием *Salsola arabusculiformis* также, вполне вероятно, будут выявлены и описаны по окраинам чинков на выветренных защебененных склонах. Характер межзональных эктоновых сообществ определяет содоминирование серой полыни, злаков (*Stipa*), с участием *Artemisia marschalliana, A. tomentella* и степного разнотравья в подзоне остепененных пустынь. Безусловно, влияет эдафический фактор – опесчанивание, о чем говорит экология видов полыней.

Таблица 3. Опустынивание растительности в формации полыни серой (*Artemisia semiarida*). **Table. 3.** Desertification of vegetation in formation of *Artemisia semiarida.*

Сообщества	Опустынивание				
	Степень	Тип	Индикатор	Сукцессия, серия	Снижение функциональной роли, (%)
Полынно-тырсовые (*Stipa capillata, S. lessingiana, Artemisia lessingiana, A. marschalliana, A. austriaca, A. semiarida*) на бурых нормальных почвах равнин	Умеренная	Засорение Деструктури-зация	Тырса, сорные виды полыни	Остепнение	20
Комплекс тырсово-серополынных (*Artemisia semiarida, Stipa sareptana*), биюргуновых (*Anabasis salsa*) и чернобоялычевых (*Salsola arbusculiformis*) на бурых солонцеватых почвах равнин, реже солонцах, иногда с тырсой и итсигеком (*Anabasis aphylla*)	Слабая + сильная	Засорение Деструктури-зация	Тырса, петрофитиза-ция	?	20-30
Комплекс полынных (*Artemisia semiarida*) серополынно-чернобоялычевых на бурых пустынных малоразвитых и бурых пустынных эродиро-ванных почвах вершин и склонов останцов	Слабая + сильная	Фрагменты засорения Деструктури-зация	Изень	?	20-30
	Слабая + умеренная				

Формация биюргуна (*Anabasis salsa*) на солонцах пустынных и такыровидных почвах. Биюргун – доминант дензектор второго яруса (Быков, 1965), иногда субдоминант и кондоминант в автоморфных экосистемах глинистых пустынь. Формация – представитель типа полукустарничковой растительности Приаралья (табл. 4) составляет комплексную растительность плакорного и плаккатного уровня (Биоэкологическая…, 1968; Щербинина, 1971), что характеризует ее полидоминантность, видовое (22-30 видов) и экосистемное разнообразие.

Таблица 4. Опустынивание растительности в формации биюргуна (*Anabasis salsa*). **Table 4.** Desertification of vegetation in formation of *Anabasis salsa*.

Сообщества	Опустынивание				
	Степень	Тип	Индикатор	Сукцессия Серия	Снижение функциональной роли, (%)
Эфемероидно-биюргуновые на солонцах пустынных	Слабая, умеренная	Засорение	Эбелек	Сорнотравная	20
Тырсиково-серополынные биюргунники на бурых пустынных солонцеватых почвах	Слабая + умеренная	Засорение	Тырсик	?	-
Биюргуново-полынные на бурых пустынных солонцеватых и такыровидных почвах равнин	Умеренная + сильная	Деструктуризация	Сорные полыни, мелкотравье	Псаммосерия	-
Лишайниково-биюргуновые на бурых пустынных эродированных склонах плато и чинках	Фоновое состояние, слабая	Эрозия	?	Реликтовая петросерия	-
Биюргуновые в комплексе с чернобоялычевыми, тасбюргуновыми	Умеренная	Засорение	Сорные полыни, мелкотравье	Галопетросерия	20-30

Невысокое проективное покрытие (до 30%) и неполнота использования биогоризонтов способствуют усилению экстремальности условий среды и мозаичности ценопопуляций. Особо следует отметить сообщества лишайниковых биюргунников. Наземный лишайниковый покров (около 10 видов преимущественно *Aspicilia*, а также *Parmelia vagans*). Проективное покрытие лишайников достигает 100%, а их биопродуктивность - более 100 ц/га. Лишайниковая сукцессионная серия является основной, реликтовой, но биюргун, как доминант (6-8 см, плохой жизненности, неполночленный по ценопопуляции, слабо возобновляется), можно считать остаточным. На мелкомасштабных картах не отмечены также эндемичные жузгуновые биюргунники (Ass. *Anabasis salsa, Calligonum bykovii*) на эродированных защебненных глинах чинка Алтын-Чокусу. Как реликтовые и эндемичные для Казахстана, сильно опустыненные и мало изученные, они представляют, наряду с лишайниковыми, особый научный интерес.

Опустынивание биюргуновых сообществ (рис. 4) слабое и умеренное. Возможно выделение фоновых участков, не подверженных деградации или восстановившихся при отсутствии выпаса. Индикаторами опустынивания экосистем являются: засоление, эрозия (щебнистость), слабое проектное покрытие растительностью, засорение, смена эфемероидов осенними галоксерофитами, возможное субдоминирование итсигека (*Anabasis aphylla*).

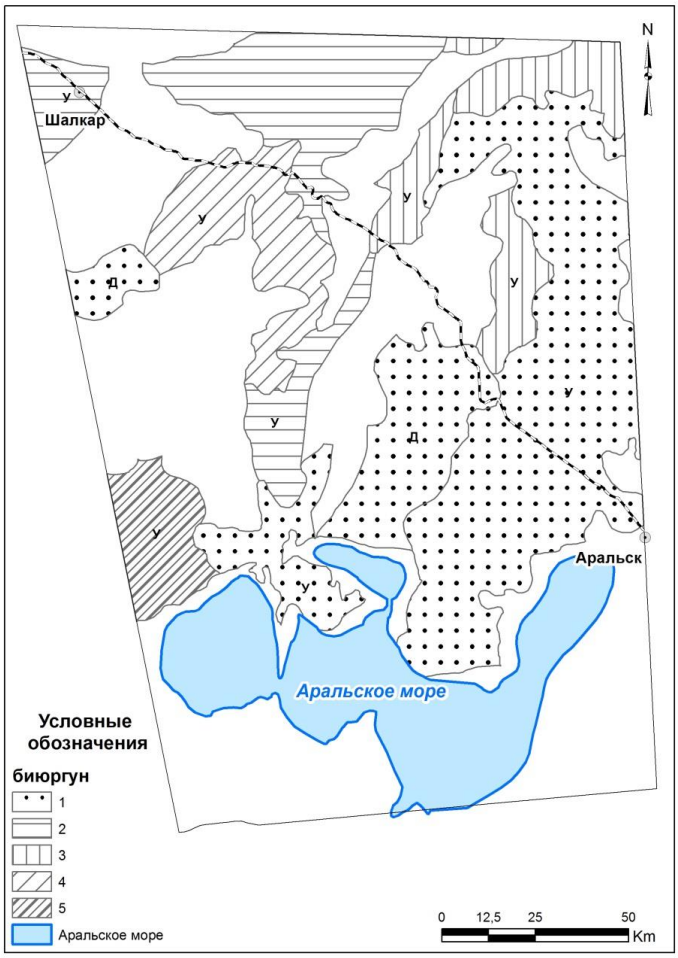

Рис. 4. Степень опустынивания сообществ с доминированием (Д) и участием (У) биюргуна. Степень: 1 – фоновое состояние + слабая; 2 – слабая + умеренная; 3 – слабая + умеренная + сильная; 4 – умеренная; 5 – сильная. **Fig 4.** Desertification degree of plant communities with dominance (Д) and participation (У) of *Anabasis salsa*. Degree: 1 – nil + weak; 2 – weak + medium; 3 – weak + medium + strong; 4 – medium; 5 – strong.

Формация чернобоялычников (*Salsola arbusculformis*) по склонам останцов на щебнистых малоразвитых почвах, автоморфных. Боялыч черный, солянка боялычевидная (*Salsola arbusculiformis*) доминант патулектор верхнего яруса (Быков, 1965) кустарниковых петрофитных пустынь, приуроченных к каменисто-щебнистым, часто эродированным слабосформированным почвам останцовых (чинковых) возвышенностей. Создает полидоминантные сообщества с полукустарниковыми видами. В таблице 5 перечислены основные сообщества, встречающиеся в описываемом районе. Основная функциональная роль – средообразующая. Опустынивание в основном умеренное и с очагами сильного в связи с вырубкой черного боялыча на топливо. По типу деградации сообществ приведены уточнения (рис. 5). Отмечено засоление (серия галофитизации), при котором происходит снижение проективного покрытия, сокращение возобновляемости.

Группа формаций псаммофитных кустарников (полидоминантная) (*Calligonum* spp., *Ammodenon bifolium, Astragalus* spp.). Группа формаций кустарников рассматривается в особом типе растительности псаммофитных кустарничников, занимающих на равнинах пустынной зоны постплакорное положение с эоловым микрорельефом и слабо сформированными песчаными почвами автоморфного, реже гидроморфного водного режима. Доминирующие кустарники, преимущественно

патулекторы (Быков, 1965), относятся к трем семействам флоры: Poligonaceae (роды *Calligonum, Atraphaxis*), Fabaceae (*Astragalus ammodendron, Ammodendron bifolium, Eremosparton aphylluim*) и Chenopodiaceae (*Salsola arbuscula*).

Таблица 5. Опустынивание растительности в формации боялыча черного (*Salsola arbusculiformis*).
Table 5. Desertification of vegetation in formation of *Salsola arbusculiformis.*

Сообщества	Опустынивание				
	Степень	Тип	Индикатор	Сукцессия, серия	Снижение функциональной роли, (%)
Чернобоялычники (*Salsola arbusculipormis*) Редко в комплексе с серополынными и биюргуновыми,на эрозированных защебненных участках среди бурых почв плакоров.	Умеренная, слабая + сильная	Деструктури-зация эрозия	Защебнение	Закустари-вание (реликтовое)	20-30
Комплекс чернобоялычевых сообществ (*Salsola arbusculitormis, Artemisia terae-albae, Stipa sareptana*) с биюргуновыми (*Anabasis salsa*) на бурых малоразвитых почвах автоморфного режима надплакоров	Фоновое состояние + слабая	Петрофити-зация, эрозия	Защебнение		10
Чернобоялычники (*Salsola arbusculiformis, Artemisia terrae albae*) в комплексе с биюргунниками (*Anabasis salsa*), тасбиюргунниками (*Nanophyton erinaceum*), солянками (виды *Salsola*) на бурых пустынных солончаковых почвах равнин северной пустыни	Сильная	Галофитиза-ция	Галофити-зация Защебнение при эрозии. Флуктуация однолетни-ковых видов из сорнотравья	Галофитиза-ция	10

В Северном Приаралье, на песках Большие и Малые Барсуки виды кустарников из семейства маревых редки. Описаны полидоминантные фитоценозы кустарников (табл. 6, рис. 6) из жузгуна, астрагала и песчаной акации на песках рыхлых эоловых: серия песчаноакациевая (*Ammodendron bifolium*) → астрагалово-жузгуновая (*Calligonum aphyllum, Astragalus ammodendron)* → жузгуновая (*Calligonum* spp.) по вершинам бугров. По склонам бугров на песках пылеватых слабогумусированных фиксируется самостоятельная сукцессионная серия, отличающаяся по микрорельефу и фитоклиматическим особенностям: жузгуновая (*Calligonum* spp.) → псаммофитнополынная (*Artemisia arenaria, A. tomentella*) → эфемероидно-житняково-белоземельнополынная (*Artemisia terrae-albae, Agropyron fragile, Poa bulbosa*). На связнопесчаных более гумусированных почвах межбугровых понижений и волнистой песчаной равнины отмечена серия: песчанополынно-житняковая (*Agropyron fragile, Artemisia arenaria*) → разнотравно-полынно-житняковая (*Agropyron fragile, Artemisia arenaria, A. tomentella, A. terrae-albae, Iris tenuifolia, Carex*

physodes, Koeleria glauca, Linaria dolichoceras) → изенево-житняково-белоземельнополынная (*Artemisia terrae-albae, Agropyron fragile, Poa bulbosa, Kochia prostrata).*

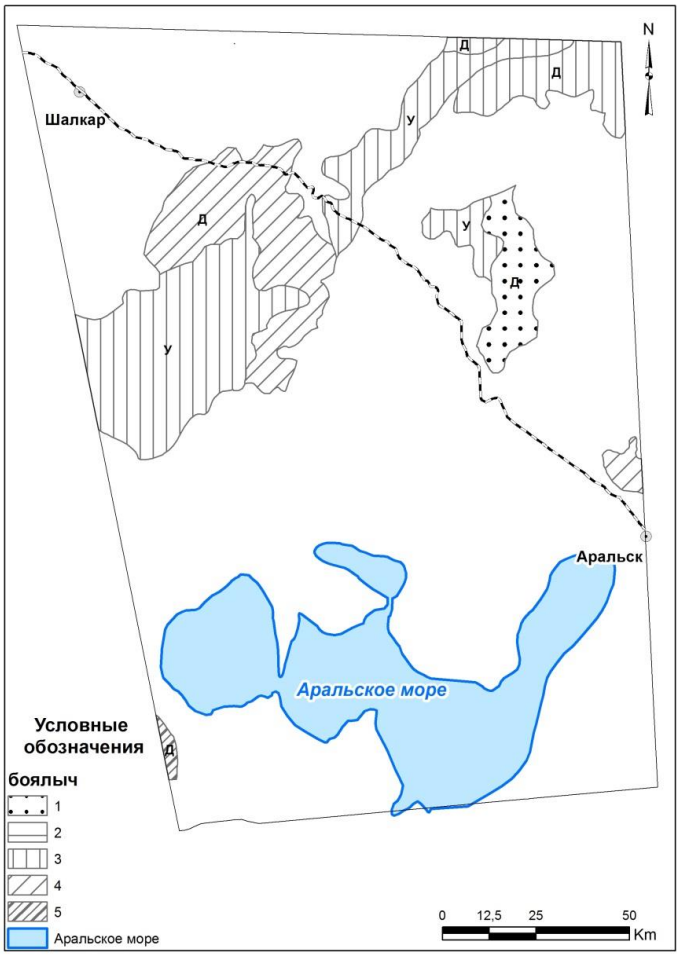

Рис. 5. Степень опустынивания сообществ с доминированием (Д) и участием (У) боялыча черного (*Salsola arbusculiformis*). Степень: 1 – фоновое состояние или слабая; 3 – слабая + сильная; 4 – умеренная или умеренная + сильная; 5 - сильная. **Fig 5.** Desertification degree of plant communities with dominance (Д) and participation (У) of *Salsola arbusculiformis*. Degree: 1 – nil or weak; 3 – weak + strong; 4 – medium or medium + strong; 5 - strong.

Особенность псаммофитных сукцессионых серий проявляется в длительности их существования (десятками лет), степени и типе опустынивания. При этом парадоксом является смена функциональной роли растительности. При исходной деградации почв (дефляция) кустарники закрепляют подвижный субстрат, способствуют формированию конденсационной влаги, увеличению гумуса и, что очень существенно, повышают биопродуктивность пустынных сообществ, в том числе и кормовые ресурсы. Данный парадокс, связанный с экобиоморфой кустарников позволяет, как исключение, считать формации псаммофитных кустарников умеренно или слабо опустыненными при сильной почвенной деградации (эрозии). При выпасе скота и порубках на топливо жузгуны в ценопопуляциях с оптимальным возрастным спектором, например, дают обильную поросль и плодоносят, о чем свидетельствуют стационарные наблюдения.

Редкие формации растительности Северного Приаралья. Заслуживают внимания редкие биогеоценозы зональных формаций черного саксаула (*Haloxylon aphyllum*), изеня (*Kochia prostrata*), солянки восточной – кейреука (*Salsola orientalis*). Перечисленные виды характерны для

полидоминантных фоновых биогеоценозов или создают самостоятельные сообщества в комплексах растительности. Они индицируют смены растительности при изменении режимов использования. В данном случае показательно редкое участие на участках стационара «Терескент» сообществ черного саксаула среди биюоргунников и полынников. На старых картах фиксируется прежний ареал саксаула среди итсигековых белоземельнополынников. Есть основания полагать, что саксаул замещается итсигеком, с которым сходен по фитоценотипу. Посадки саксаул по периметру усадьбы стационара после прекращения охраны и вырубки сменились изенем и итсигеком. Усиление в растительности плакоров и предпесковых супесчаных равнин роли изеня (*Kochia prostrata)*, а на солончаковатых бурых почвах – кейреука (*Salsola orientalis)* связано также с флуктуациями семенного возобновления в периоды влажных лет и периодической смене доминирования полыней и солянок-полукустарничков. Отмеченная на картах терескеновая (*Krascheninnikovia ceratoides*) растительность в исследуемом участке малотипична.

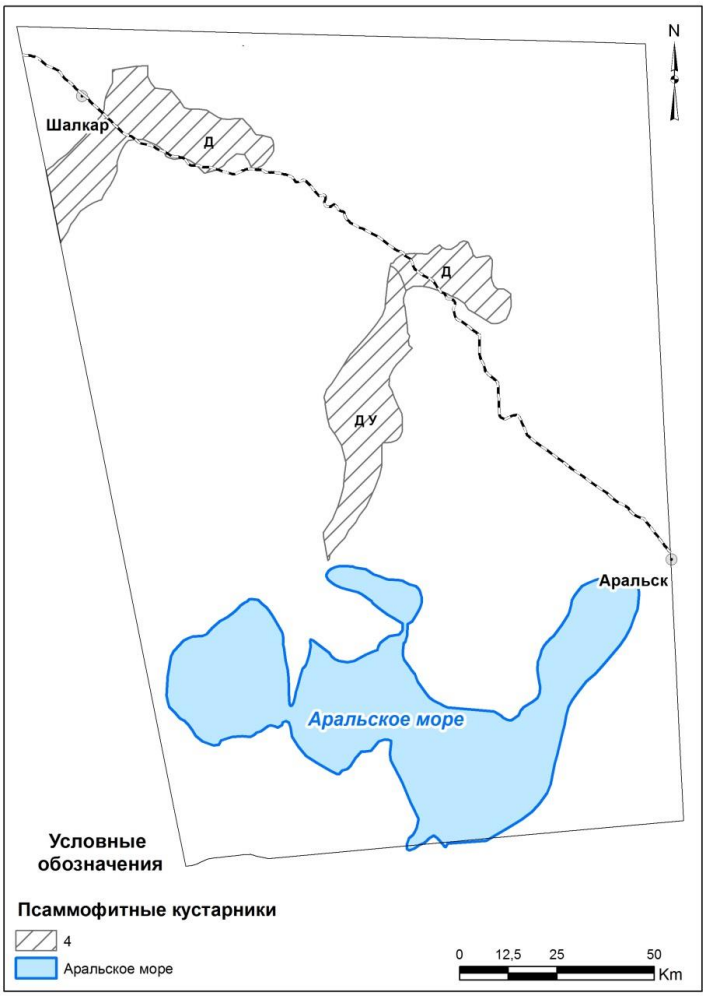

Рис. 6. Степень опустынивания сообществ с доминированием (Д) и участием (У) псаммофитных кустарников. Степень: 4 – умеренная + сильная. **Fig 6**. Desertification degree of plant communities with dominance (Д) and participation (У) of psammophytic shrubs. Degree: 4 – medium + strong.

Среди редких, реликтовых, эндемичевых для Казахстана сообществ следует отметить также жузгунники чинков с доминированием *Calligonum bykovii* и саксаульчиковые фитоценозы (*Artrophytum pulvinatum*), в настоящее время значительно деградирующие.

Таблица 6. Опустынивание растительности в формации псаммофитных кустарников. **Table 6.** Desertification of vegetation in formation of psammophytic shrubs.

Сообщества	Опустынивание				
	Степень	Тип	Индикатор	Сукцессия серия	Снижение функциональной роли, (%)
Совокупности серий псаммофитнополынных (*Artemisia arenaria, A. santolina, A.tomentella, Agropyron fragile*) и псаммофитнокустарниковых (*Calligonum aphyllum, Ammodendron bifolium, Astragalus ammodendron, Leymus racemosus*) на автоморфных пылеватых и рыхлых эоловых почвах бугристых песчаных равнин	Умеренная, сильная	Дефляционная деструктуризация	Песок рыхлый. Гумус 0.2-0.3 %. Псаммофиты	Псаммофитная песчано-акациевая	До 50
Псамофитнокустарниково-житняково-полынные (*Artemisia terrae-albae, A. arenaria, Agropyron fragile, Calligonum* spp., Astragalus spp.) на слабосформированных песчаных почвах склонов и понижений бугристых песков	Умеренная с фрагментами сильной	Деструктуризация	Пески слабо закрепленные. Содержание пылеватых фракций. Полынь песчаная, житняк	Восстановительная полынная	30-40

Заключение

Проведенный мониторинг состояния растительности Северного Приаралья за период 1960-2010 гг. подтвердил устойчивость умеренной степени опустынивания зональных экосистем, выявил необходимые условия для совершенствования экологического мониторинга с использованием показателей функциональной значимости доминантов формаций, типов опустынивания и учета внутренней опасности опустынивания, связанной с особенностями почвенного покрова. По индикаторам конкурирующих ценопопуляций содоминантов в формациях обосновано понятие сукцессионных серий определяющих самостоятельный тип опустынивания – деструктуризацию. Данный тип наблюдается в итсигековых полынниках (отрицательный для пастбищного использования), в мятликово-изеневых и саксауловых биогеоценозах (положительный), при оценке кустарникового зарастания эоловых песков (рельефостабилизирующий), связанный с закреплением песка, увеличением гумусности, препятствующим эоловой дефляции.

Выявление межзональных экотонов для формации серой полыни (*Artemisia semiarida*) с участием степной флоры подтверждает несостоятельность выделения зоны полупустыни. Отмечена устойчивость экотонных биогеоценозов в формации песчаной полыни (*Artemisia arenaria*) к изменениям окружающей среды. Анализом биоразнобразия фиксируется порог устойчивости к антропогенным воздействиям и оптимального самовосстановления на уровне умеренной степени опустынивания. Он связан с возможностью биологической саморегуляции. При деструктиризации самовоствновление ограничено и увеличивается риск потери ценных видов.

Картографической базовой основой использования экосистем Северного Приаралья должны стать в современных условиях частного землепользования: паспортизация земель, административное землеустройство. Рекомендуется совершенствование статистических данных на основе целевого картирования с оценкой степени опустынивания и нормативного использования ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Биологические основы использования и улучшения пастбищ Северного Приаралья. 1968 / Под редакцией Б.А. Быкова. Алма-Ата: Наука. 135 с.

Ботаническая география Средней Азии и Казахстана (в пределах пустынной области). 2003 / Под редакцией Рачковской Е.И., Волковой Е.А., Храмцова В.Н. СПб.: Бостон-Спектр. 424 с.

Быков Б.А. 1965. Доминанты растительного покрова Советского Союза. Алма-Ата: Наука. Т. 3. 435 с.

Быков Б.А. 1981. Основные экосистемы пустынь Средней Азии и Казахстана // Проблемы освоения пустынь. № 4. С. 28-39.

Быков Б.А. 1983. Экологический словарь. Алма-Ата: Наука. 215 с.

Долгих С.А. 2010. Анализ основных климатических показателей, влияющих на процессы опустынивания // Республика Казахстан. Т. 3. Алматы: Print-S. С. 206-210.

Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. 2007. Соотношение между климатическим и антропогенным факторами восстановления растительного покрова Юго-Востока Европейской России // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 7-16.

Карамышева З.В., Рачковская Е.И. 1975. Карта растительности степной части Казахского мелкосопочника. М. 1:1500000. 2 л.

Карта антропогенного опустынивания аридных территорий СССР. 1990. / Под ред. Бабаева А.Г. Ашхабад: Туркмен. АГПГУГК СССР.

Карта антропогенной деградации земель в бассейне Аральского моря. 1992. М. 1:2500000. / Под ред. Бабаева А.Г., Харина Н.С. Ашхабад: Туркменгеодезия.

Карта экологического состояния природных кормовых угодий пустынной зоны Казахстана. 1991. М. 1:2500000.

Кириченко Н.Г. 1980. Пастбища пустынь Казахстана. Алма-Ата: Наука. 274 с.

Клышев Л.К. Биология анабазиса безлистного. 1961. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР. 350 с.

Курочкина Л.Я. 2003. Псаммофитнокустарниковые пустыни // Ботаническая география Средней Азии и Казахстана (в пределах пустынной области) / Под редакцией Рачковской Е.И., Волковой Е.А., Храмцова В.Н. СПб.: Бостон-Спектр. С. 83-91.

Курочкина Л.Я. 2007. Экосистемы // Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана. Алаколь-Сасыккольская система озер. Алматы: «Комплекс». Т. 3. С. 145-174.

Курочкина Л.Я., Кокарев А.Л. 2007. К методике составления мелкомасштабных карт опустынивания // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 40-54.

Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б. 2010. Карта деградации растительности // Национальный Атлас Республики Казахстан. Алматы: Казгеодезия. Т. 3. С. 86-87.

Курочкина Л.Я., Шабанова Л.В., Лысенко В.В. 1988. Универсальность организации аридных сообществ // Ботанические исследования в Казахстане. Алма-Ата: Наука. С. 56.

Национальный Атлас Республики Казахстан. 2010. Алматы: Казгеодезия. 125 с.

Мирзадинов Р.А., Курочкина Л.Я. 1985. Экотоны пустыни и их классификация. Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 29-36.

Огарь Н.П., Рачковская Е.И. 2010. Природные экосистемы // Национальный Атлас Республики Казахстан. Окружающая среда и экология. Т. 3. Алматы: Print-S. С. 144-149.

Рачковская Е.И. 2010. Карта растительности // Национальный Атлас Республики Казахстан. Алматы: Казгеодезия. Т. 1. С. 110-113.

Ресурсы биосферы (итоги советских исследований по международной биологической программе). 1975. Вып. 1. М.: Наука. 286 с.

Сафронова И.Н. 2003. Серополынные пустыни (Artemisia semiarida) // Ботаническая география Средней Азии и Казахстана (в пределах пустынной области) / Под редакцией Рачковской Е.И., Волковой Е.А., Храмцова В.Н. СПб.: Бостон-Спектр. С. 35-36.

Сафронова И.Н. 2006. Можно ли подзону опустыненных степей называть экотоном // Аридные экосистемы. Т. 12. № 30-31. С. 20-27.

Сафронова И.Н. 2013. Что такое полупустыня с точки зрения геоботаники // Тез. Межд. научно-практ. конф. «Сохранение степных и полупустынных экосистем Евразии. Алматы. С. 12.

Сукачев В.Н. 1942. Идея развития в фитоценологии // Советская ботаника. № 1-3. С.5-17.

Филатова Н.С. 1979. Эколого-географический анализ полыней Казахстана // Ботанические материалы гербария Ин-та ботаники АН КазССР. Вып. 11. С. 69-77.

Филатова Н.С. 1966. Род Artemisia L. // Флора Казахстана. Т. 9. С. 76-140.
Флора Казахстана. 1966. Алма-Ата: Наука. Т. 9. 640 с.
Щербинина И.И. 1971. Основные типы пастбищ Северного Приаралья // Продуктивность пастбищ Северного Приаралья. М.: Гидрометиздат. С. 96-128.

MONITORING AND MAPPING OF VEGETATION FORMATIONS DEGRADATION IN ECOSYSTEMS OF ARID ARAL REGION

© 2015. L.Ya. Kurochkina

Institute of Botany & Phytointroduction
Ministry of Education & Science Republic of Kazakhstan
Kazakhstan, Almaty 050040, 36-D Timiryazev str. E-mail: lidiya_kurochkina@yandex.ru

The parameters for required ecological monitoring of zonal vegetation formations degradation in evaluation of desertification processes for the North Aral Region are identified. The mapping is focused on identifying degree, trends and role of dominant plants in ecosystems. The definition of functional significance of vegetation is presented.
Keywords: vegetation formation, ecosystem, desertification, functional role, succession, monitoring.