

УДК 633.2.033.2:631.55:551.577

## ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПАСТБИЩНЫХ РАСТЕНИЙ В АРИДНЫХ РЕГИОНАХ

Г.А. ДИАНАТИ ТИЛАКИ, И.Г. ГРИНГОФ

(Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности)

Занимая значительные площади, естественные пастбищные угодья являются важнейшим воспроизводимым природным ресурсом, рациональное использование которого имеет непреходящее значение для развития животноводства. Ведущая роль в формировании продуктивности пастбищ принадлежит абиотическим факторам и прежде всего погоде и климату.

В статье рассмотрены количественные зависимости величины фитомассы и побегов (прироста текущего года) представителей основных жизненных форм пустынных фитоценозов от условий увлажнения и температуры. Эти зависимости могут быть использованы для оценки условий формирования запасов кормов на пустынных пастбищах.

Засушливые территории занимают около 30% всей земной поверхности, или около 48 млн км<sup>2</sup>. В пределах границ Центрально-азиатских суверенных государств эти земли простираются от побережья Каспийского моря на западе до предгорий Тянь-Шаня и Памиро-Алая на востоке и от Аральского моря на севере до Туркмено-Хорасанских гор (Копетдаг) — на юге.

Обширные пространства пустынь и полупустынь заняты различными типами почв и растительности. Последние используются в качестве естественных пастбищ, служащие основной кормовой базой для пустынного животноводства (каракулеводства, верблюдоводства и др.). Являясь источником дешевых, разнообразных и высокопитательных кормов, растительность пустынных

экосистем характеризуется рядом особенностей. Это прежде всего низкая урожайность фитомассы и значительные колебания ее величины по годам и сезонам, определяемые складывающимися погодными условиями конкретного года. Нестабильность и низкая урожайность пастбищ, особенно в экстремальные годы, приводит к значительным потерям в продуктивности пустынного животноводства.

Пустынные и полупустынные фитоценозы слагаются различными жизненными формами растений [6], обладающими неодинаковыми ритмами развития и динамикой накопления фитомассы, а также разными кормовыми достоинствами. Уровень продуктивности фитоценозов определяется комплексом экологических условий. Среди их многообразия необходимо выявить основные экологические факторы, определяющие циклы развития и формирование надземной (поедаемой выпасающимися животными) фитомассы аридных фитоценозов.

Энергетические ресурсы, используемые растительным покровом, обычно выражаются количеством фотосинтетически активной радиации (ФАР), поступающей на поверхность фитоценозов. В зоне пустынь и полупус-

тынь ресурсы ФАР составляют от 1760 до 2300 МДж/м<sup>2</sup> и являются наиболее высокими по сравнению с таковыми во всех других почвенно-климатических зонах, расположенных севернее [8]. Следовательно, в любой агроклиматический сезон вегетационного периода величина ФАР, поступающая на растительный покров в зоне пустынь и полупустынь, не лимитирует продукционный процесс. Согласно «закону минимума» (закон Ю. Либиха), состояние растения, его конечная продуктивность определяются фактором, находящимся в минимуме при прочих оптимальных условиях. Таким фактором минимумом в засушливых регионах является увлажнение, т.е. количество и режим выпадения осадков, создающих в зимне-весенние месяцы те или иные запасы продуктивной влаги в корнеобитаемых горизонтах почвы. В свою очередь, количество продуктивной влаги зависит от механического состава и водно-физических свойств почвы, рельефа местности, температуры воздуха и почвы, испаряемости и т.п.

К основным экологическим факторам мы также относим температурный режим в экологически значимые периоды активной вегетации растений [7].

Выявление количественных зависимостей урожайности фитомассы отдельных жизненных форм, формирующих аридные фитоценозы, от основных экологических факторов представляет определенную научно-практическую ценность с целью развития исследований и разработки методик для ежегодной оперативной оценки состояния и ожидаемой урожайности пустынно-пастбищной растительности.

### Материалы и методы

Настоящая работа выполнена на материалах многолетних (15-20 лет) метеорологических и фенологических наблюдений сети станций, расположенных в пустынях Кызылкум и Каракумы, а также на материалах научных геоботанических и агрометеорологических экспедиций, проведенных в этих пустынях в различные годы. В процессе работы выполнена статистическая обработка материалов наблюдений за температурой воздуха, количеством и режимом выпадения осадков, динамикой формирования запасов продуктивной влаги (мм) в слоях почвы 0-20, 0-50, 0-100 см, динамикой урожайности пастбищных растений; обработаны материалы фенологических наблюдений. Выполнены корреляционный и ре-

грессионный анализы искомым однофакторных и многофакторных зависимостей.

### Обсуждение полученных результатов

Рассмотрим особенности сезонного формирования урожайности фитомассы конкретных видов основных жизненных форм аридных фитоценозов.

*Эфемеры и эфемероиды.* Эта группа однолетних и многолетних травянистых растений с осенне-зимне-весенним циклом развития изучалась нами на примере: злаков — костра кровельного (*Anisantha tectorum* L.) и мортука бонапарта (*Ezempyrum buonapartis* (Spreng.) Nevski); крестоцветных — (*Isatis violascens* Bge.), видов рода *Malcolmia* L; однолетних астрагалов — (*Astragalus filicaulis* F.et M. и др.), а также осоки песчаной (*Carex physodes* M.B.).

Продолжительность вегетационного периода этой группы растений определяется уровнем увлажнения корнеобитаемых горизонтов почвы (0~20 см) — запасами продуктивной влаги более 4-5 мм и температурой воздуха выше 5 С. Теплые и влажные осени и зимы, особенно характерные для южных окраин названных пустынь, с повторяемостью 7-8 лет из 10, названы

проф. Л.Н. Бабушкиным [2] «вегетационными зимами». Они характеризуются вегетацией эфемеров и эфемероидов, прерываемой лишь на периоды возврата холодов. Однако формирование фитомассы в такие осени-зимы незначительно в связи с недостатком тепла. Количественный учет фитомассы в холодный период года не проводится.

Массовое засыхание этих растений (отмирание эфемеров и наступление периода летнего покоя у эфемероидов) происходит в конце весны, когда средняя декадная температура воздуха достигает 20–22°C, запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см снижаются до 4 мм и менее, а средний декадный дефицит влажности воздуха составляет 19 мм и более. В годы с осенне-зимне-весенней вегетацией продолжительность зеленого стояния этих растений составляет 100–120 дней, а в годы только с весенним развитием — около 40 дней.

Сравнение динамики (по месяцам) средних многолетних сумм осадков (в %) и осредненной динамики накопления фитомассы (в %) эфемера *Anisantha tectorum* и эфемероида *Carex physodes* показало, что интенсивный рост этих растений происходит с весны (февраль-март)

и продолжается до конца апреля — начала мая, когда с прекращением осадков резко ухудшаются условия влагообеспеченности растений (рис. 1, 2). Дальнейшее постепенное снижение величины фитомассы растений после их засыхания связано с естественным ее разрушением под влиянием высоких летних температур и ветра.

Корреляционный анализ сопряженных многолетних материалов наблюдений за формированием максимальной урожайности эфемеров и эфемероидов ( $U$ , кг/га) с отдельными факторами экологических условий весны показал, что наиболее значимым является фактор увлажнения, выраженный суммой осадков за период декабрь-апрель ( $\Sigma R_{xii-iv}$ ):

$$U = 2,212 \Sigma R_{xii-iv} + 12,95; (1)$$

$g$  — коэффициент корреляции =  $0,73 \pm 0,06$ ; абсолютная ошибка уравнения  $S_y = \pm 30$  кг/га.

Термические условия, выраженные суммой эффективных температур воздуха выше 5°C ( $\Sigma T_{>5}$ ) за эти же месяцы, также вносят заметный вклад в формирование фитомассы:

$$U = 0,615 \Sigma T_{>5} + 10,506; (2)$$

$g = 0,68 \pm 0,06$ ;  $S_y = \pm 28,9$  кг/га.

Известно, что в природных условиях все экологи-

*Anisantha tectorum*

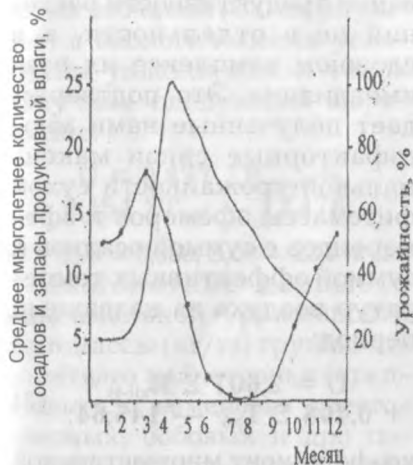


Рис. 1

*Artemisia herba-alba*

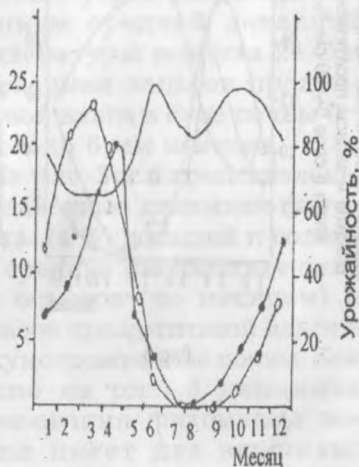


Рис. 3

*Carex physodes*

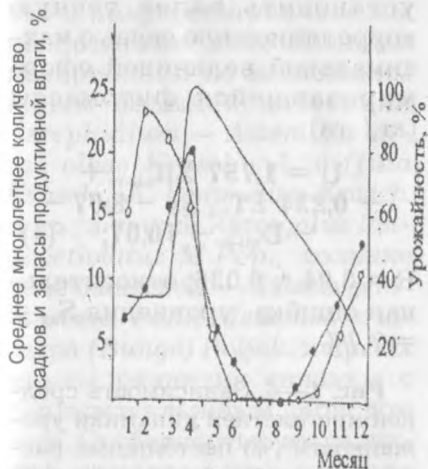


Рис. 2

*Salsola gemmascens*

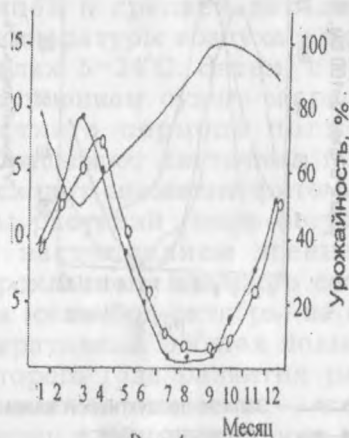


Рис. 4

*Haloxylon persicum*

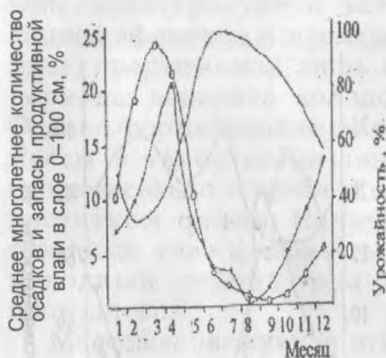


Рис. 5

*Calligonum leucocladum*

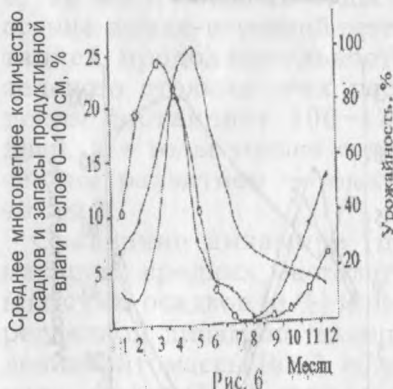


Рис. 6

- — Запасы продуктивной влаги
- — Количество осадков
- — Урожайность

ческие факторы воздействуют на развитие и формирование продуктивности растений не в отдельности, а в сложном комплексе их взаимовлияния. Это подтверждает полученные нами многофакторные связи максимальной урожайности сухой фитомассы эфемеров и эфемероидов с суммой осадков и суммой эффективных температур воздуха за названный период:

$$U = 2,607 \sum R_{xii-iv} + 0,408 \sum T_{>5} - 145,64; \quad (3)$$

коэффициент множественной корреляции  $R = 0,91 \pm 0,068$ ;  $S_y = \pm 30$  кг/га.

Более детальный анализ этих связей с учетом влияния величины среднего за период дефицита влажности воздуха ( $D_{xii-iv}$ , мм) позволил установить более тесную корреляционную связь с максимальной величиной сформировавшейся фитомассы (кг/га):

$$U = 1,757 \sum R_{xii-iv} + 0,234 \sum T_{>5 < 20} - 8,07 - D_{xii-iv} - 70,07; \quad (4)$$

$R = 0,94 \pm 0,036$ ; относительная ошибка уравнения  $S_{ay} = -7,7\%$

Рис. 1—6. Зависимость средней многолетней динамики урожайности (%) пастбищных растений от количества осадков (% к норме) и запасов продуктивной влаги в почве (% к норме)

Искомая зависимость величины фитомассы (кг/га) осоки песчаной (*Carex physodes*) с экологическими условиями увлажнения и тепла получила следующее выражение:

$$U = 0,677 \Sigma R_{xii-iv} + 0,454 \Sigma T_{>5} - 12,476 \quad (5)$$

$R = 0,93 \pm 0,036$ ;  $S_y = \pm 22,3$  кг/га

Многолетние данные о максимальной урожайности фитомассы (кг/га) группы однолетнего разнотравья (представители семейства крестоцветных, бобовых и др.) позволили выявить количественную связь с названными экологическими факторами:

$$U = 1,25 \Sigma R_{xii-iv} - 0,186 \Sigma T_{>5} - 4,13 \quad (6)$$

$R = 0,76 \pm 0,16$ ;  $S_y = \pm 31,34$  кг/га.

Из группы *полукустарников* и *полукустарничков* мы располагали многолетними материалами по нескольким видам полыней из секции *Seriphidium* — *Artemisia terrae albae* Krasch., *A. diffusa* Krasch., *A. kemrudica* Krasch. и др., а также *Astragalus longipetiolatus* M.Pop., солянке почечконосной — *Salsola gemmascens* Pall., *Mausolea eriocarpa* (Bunge) Poljalc. и др. Их циклы развития связаны с теплым и влажным периодом года. Особенностью их развития является два периода покоя: зимний, когда средняя декадная температура возду-

ха устойчиво переходит через  $+5^{\circ}\text{C}$  в сторону понижения, и летний, характеризующийся устойчивым превышением средней декадной температуры воздуха  $24^{\circ}\text{C}$  и снижением запасов продуктивной влаги в слое почвы 0~50 см до 6 мм и менее.

На рис. 3 и 4 представлены осредненные динамики фитомассы (в %) полыней и солянки, средние многолетние суммы осадков (по месяцам) и запасов продуктивной влаги в полуметровом слое почвы. Как видно на рис. 3 динамика образования фитомассы полыни имеет две вершины: первая — определяется благоприятными условиями весеннего периода с запасами продуктивной влаги более 6 мм в корнеобитаемых горизонтах почвы (0-50 см), сформировавшимися за счет осадков зимне-весенних месяцев и средней декадной температуры воздуха в пределах  $5-24^{\circ}\text{C}$ . Затем, с наступлением сухого жаркого летнего периода полыни сбрасывают листочки, происходит снижение фитомассы растений (июль-август). С наступлением осеннего прохладного влажного сезона (сентябрь-октябрь) на генеративных побегах полыни второго года развития развиваются соцветия — корзинки и начинается рост молодых побегов первого года

развития из почек, заложенных в конце весеннего периода. Осенняя вегетация, особенно в благоприятный осенний сезон, создает заметное увеличение фитомассы (вторая вершина динамики).

У солянки почечконосной в конце лета — начале осени (август-сентябрь) незначительно увеличивается фитомасса благодаря образованию немногочисленных плодов с крылатыми околоплодниками. Зависимость величины фитомассы этого растения от суммы осадков, выпавших за декабрь-май, была получена В.Н. Гуровой [4]:

$$U = 0,0540 \Sigma R_{xii-v} - 2,24; (7)$$

$r = 0,88 \pm 0,03$ ;  $S_y = \pm 138$  кг/га.

Многолетние кустарниковые формы (виды рода *Calligonum*, белый саксаул — *Haloxylon persicum* Bunge., солянка рихтера — *Salsola richteri* Kag., солянка деревцевидная — *S. arbuscula* Pall. и др.) широко представлены на песчаных и супесчаных почвах в засушливых регионах. Они имеют глубокую и разветвленную корневую систему, которая обеспечивает меньшую зависимость жизнедеятельности этих растений от дефицита почвенной влаги, характерного для верхних горизонтов почвы в летний период [5].

Циклы развития кустарников из сем. *Chenopodiaceae*

(роды *Salsola*, *Haloxylon* и др.) имеют много общего (рис. 5, 6): увеличение фитомассы в весенне-летний период (март-июль) и постепенное снижение ее величины в осенние месяцы благодаря постепенному опаданию вегетативных веточек. Происходящее в сентябре-октябре массовое образование плодов с крылатыми околоплодниками в сочетании с продолжающимся опаданием вегетативных веточек не приводит к увеличению фитомассы.

В отличие от этих растений цикл развития большинства видов рода *Calligonum* ограничен только весенними и раннелетними месяцами (март-июнь). С наступлением высоких температур воздуха (июнь-июль) эти кустарники сбрасывают всю вегетативную массу — прирост текущего года: зеленые веточки, выполняющие функции листьев и плоды. Период покоя почти у всех видов рода *Calligonum*, начавшийся в первой половине лета, продолжается до весны следующего года.

Учет годичного прироста зеленой фитомассы кустарников связан с большими методическими сложностями. В фитоценозах кустарниковые формы обычно представлены особями различного возраста, а следовательно, и большим биометриче-



ским разнообразием: характером ветвления, ежегодным увеличением одревесневших побегов, их высотой, объемом, а также случайным распределением и плотностью особей на единице площади. По этим причинам в процессе полевых работ по учету годичной фитомассы, используемой сельскохозяйственными животными при выпасе, величина субъективных ошибок оказывается весьма значительной. В этой связи материалы наблюдений за динамикой фитомассы кустарниковых форм, выполняемых на метеорологических станциях, расположенных в аридных и полуаридных регионах, отличаются низким качеством.

Более надежным параметром, косвенно отражающим динамику нарастания годичной фитомассы кустарниковых форм под влиянием экологических факторов, является длина молодых побегов — прироста текущего года. Материалы многолетних наблюдений за этим параметром в пустынях Кызылкум и Каракумы показали, что в благоприятные годы, с хорошим увлажнением осадками в зимне-весенние месяцы длина молодых побегов у белого саксаула (*Haloxylon persicum*) достигает 38-50 см, у видов рода *Calligonum* — 30-34 см, у солян-

ки деревцевидной (*Salsola arbuscula*) — 16-20 см, у солянки рихтера (*S. richteri*) — 38-45 см. В годы с засушливым вегетационным периодом, особенно, когда количество осадков за предшествующий и текущий годы оказывается ниже нормы, длина молодых побегов названных кустарников не превышает 6-15 см.

Нами установлены количественные зависимости длины годичного прироста молодых побегов названных кустарников-псаммофитов в Центральном Кызылкуме от экологических условий. В качестве предикторов были выбраны: сумма осадков за период ноябрь-май ( $\Sigma R_{xi-v}$ ) и запасы продуктивной влаги (мм) в метровом слое почвы ( $\Sigma W_{0-100}$ ); для белого саксаула — за I декаду апреля, а для видов рода *Calligonum* — III декаду апреля (таблица).

Относительные ошибки полученных уравнений составили около 20 %. Следует отметить, что теснота связи для уравнений с параметром запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы получена более высокая, чем с суммой осадков за зимне-весенний период. Это объясняется тем, что сумма осадков за тот или иной экологически значимый период не является интегральным показателем влагообеспеченности

**Связь максимальной длины молодых побегов кустарниковых форм (L, см) с суммой осадков за ноябрь — май (SR, мм) и с запасами продуктивной влаги (SW, мм) в метровом слое почвы**

Кустарники-псаммофиты	Уравнение	Коэффициент корреляции, r	Ошибка уравнения, см
<i>Haloxylon persicum</i>	$L = 0.16 \Sigma R_{xi-v} + 6.9$	$0.60 \pm 0.07$	$\pm 7.5$
<i>Astragalus longipetiolatus</i>	$L = 0.09 \Sigma R_{xi-v} + 4.2$	$0.60 \pm 0.60$	$\pm 5.5$
<i>Calligonum sp.sp.</i>	$L = 0.22 \Sigma R_{xi-v} + 2.0$	$0.70 \pm 0.08$	$\pm 7.5$
<i>Salsola arbuscula</i>	$L = 0.20 \Sigma R_{xi-v} - 2.0$	$0.92 \pm 0.03$	$\pm 2.6$
<i>Haloxylon persicum</i>	$L = 0.48 W_{0-100} + 9.7$	$0.85 \pm 0.05$	$\pm 5.7$
<i>Calligonum sp. sp.</i>	$L = 0.44 W_{0-100} + 4.7$	$0.88 \pm 0.04$	$\pm 6.6$

растений. Часть атмосферных осадков расходуется на испарение с поверхности почвы и растительного покрова, часть — в период их интенсивного выпадения на поверхностный сток, а часть — проникает в более глубокие горизонты почвы и оказывается недоступной растениям. Усвоение почвами осадков холодного периода (так называемый коэффициент аккумуляции) определяется по разности запасов влаги между первым весенним определением влажности и последним осенним определением плюс выпавшие осадки за этот период. В целом, согласно исследованиям [7], коэффициент аккумуляции осенне-зимних осадков песчаными почвами составляет в среднем 0,77, супесчаными почвами — 0,65, глинистыми — около 0,60. По [2] величина этого коэффициента

для песчаных почв в пустыне Бетпак-Дала (Казахстан) варьирует по годам от 0,51 до 0,98 в зависимости от количества осадков, выпавших за осенне-зимние месяцы.

### Заключение

Анализ многолетних материалов показал, что в аридных регионах атмосферные осадки зимне-весенних месяцев, их количество и режим выпадения формируют запасы продуктивной влаги в корнеобитаемых горизонтах почвы — основу для роста, развития и накопления фитомассы пустынных растений.

Количество осадков, запасы продуктивной влаги, сформировавшиеся к началу весны, в сочетании со средними декадными температурами (более 5°C, но не выше 20°C) являются основны-

ми экологическими факторами, определяющими величину растительной массы засушливых фитоценозов.

Полученные нами количественные зависимости величины фитомассы и длины побегов — прироста текущего года представителей основных жизненных форм пустынных фитоценозов от условий увлажнения и температуры могут быть использованы при оценке условий формирования запасов кормов на пустынных пастбищах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабушкин Л.Н.* Агроклиматическое описание Средней Азии. — Науч. труды ТашГУ, вып. 236, 1964. — 2. *Белобородова Г.Г.* Метеорологические условия и урожай пастбищной растительности Бетпак — Далы. — Тр. Ин-та ботаники АН Казахской ССР, т. 18. Алма-Ата, 1964,

с. 88-112. — 3. *Грингоф И.Г.* Пастбищные растения Кызылкума и погода. — Тр. САНИГМИ, вып. 34(49), Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 4. *Гурова В.Н.* К прогнозу урожайности кустарников и полукустарников в Центральном Каракумах. — Проблемы освоения пустынь, 1978, № 6, с. 57-61. — 5. *Нечаева Н.Т.* Растительность Центральном Каракумов и ее продуктивность. — АН Туркм. ССР. Изд-во «Илым», Ашхабад, 1970. — 6. *Нечаева Н.Т., Василевская В.К., Антонова К.Г.* Жизненные формы растений пустыни Каракумы. М.: Наука, 1973. — 7. — *Федосеев А.П.* Климат и пастбищные травы Казахстана. Л.: Гидрометеиздат, 1964. — 8. *Чирков Ю.И., Огородников Б.И.* Природно-климатические условия зон СССР. — Пастбища и сенокосы СССР. М.: Колос, 1974, с. 24-32.

*Статья поступила  
17 марта 2003 г.*

#### SUMMARY

Covering significant areas, natural rangelands favourable sides are very important in reproduction of a natural resources which rational use has not passing value for development of animal production. Major role information of efficiency of rangelands belongs to non-biological factors, first of all, weather and a climate. In the paper investigated given quantitative dependences of size phytomass and a runaway — gain current years-representatives of the basic vital forms desert phytocenoses from conditions of humidity and temperature are considered received on the basis of the analysis of long-term materials arid regions. These dependences can be used for an estimation of conditions of formation of stocks of forages on desert rangelands.