



В. П. Дедков

**О ПРИЧИНЕ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ЧЕРНОСАКСАУЛЬНИКОВ
В ВОСТОЧНЫХ КАРАКУМАХ И ПОСЛЕДСТВИЯХ
ЭТОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКИ ПУСТЫНИ**

На основе анализа экспериментальных и литературных данных, накопленных за последние 100 лет, объяснена причина исчезновения черносаксаульников в Восточных Каракумах.

The cause of the extinction of the Black saxaul in the East Karakum is established on the basis of the analysis of literature and experimental data collected over the last 100 years.

Ключевые слова: ландшафт, экология, эволюция, фитоценоз, грунтовые воды, минерализация, отрицательная корреляция.

Key words: landscape, ecology, evolution, phytocenosis, groundwater, mineralization, negative correlation.

Введение

Пустыни занимают около четвертой части поверхности суши и обладают большими запасами климатических, минеральных и биологических ресурсов. В аридной зоне проживает значительная часть населения Земли, осуществляются крупномасштабные проекты по добыче полезных ископаемых, включая углеводороды, интенсивно развивается промышленное и сельскохозяйственное производство.

Вместе с тем пустынные экосистемы обладают определенным своеобразием, основные черты которого – высокая солнечная радиация, избыток тепла и небольшое количество атмосферной и почвенной влаги, разреженный древесно-кустарниковый ярус, малая емкость биологического круговорота. Поэтому непродуманное и нерациональное использование потенциала пустынных экосистем (учитывая их огромную площадь) наносит не меньший урон глобальным биосферным процессам, чем увеличение углекислоты в атмосфере или таяние ледников.

За последние 100 лет, с момента организации В.А. Дубяньским в 1912 г. в Каракумах Репетекской песчано-пустынной станции, накоплен уникальный по своему значению массив данных о климате, генезисе и динамике литогенной основы и грунтовых вод, стадиях естественного зарастания подвижных барханных песков, видовом разнообразии растений и животных, первичной и вторичной продуктивности экосистем, механизмах адаптации живых организмов к аридным условиям.

Современный этап развития науки характеризуется быстрым внедрением экологических концепций в практику исследований. В песчаной пустыне работы экологической направленности сосредоточены главным образом на анализе материально-энергетических отношений, которые разворачиваются внутри самих экосистем. Вместе с тем различным аспектам межэкосистемных взаимодействий внимания уделяется недостаточно.

Цель, объекты и методы исследования

С учетом вышесказанного автор поставил перед собой задачу оценить характер межэкосистемных связей в Каракумах. По физико-географическим условиям Каракумы делятся на Северные, или Заунгузские; Центральные, или Низменные; и Юго-Восточные и Восточные. Изучение межэкосистемных связей проводилось в Восточных Каракумах. Для рельефа рассматриваемой территории, созданного под влиянием эоловых процессов, характерны грядовые, бугристые, ячеистые пески и их комплексы, закрепленные древесно-кустарниковой растительностью, а также подвижные барханные и бугристо-барханные пески, почти лишенные растительности.

Стационарные исследования были развернуты в Репетекском биосферном заповеднике в Восточных Каракумах, где полностью отсутствует хозяйственная деятельность и имеется уникальная возможность выявить ход естественных природных процессов. Репетекский биосферный заповедник расположен в пределах ландшафта крупногрядовых песков с барханными полями и долинообразными понижениями [5]. Этот ландшафт занимает центральную часть



Восточных Каракумов и среди других ландшафтов данного региона отличается наиболее сложным строением; примечательная его черта — наличие крупных гряд и долинообразных понижений.

Гряды протяженностью от 2 до 10 км достигают 15–20 м в высоту, имеют асимметричное строение: западные склоны крутые, восточные пологие, постепенно переходящие в межгрядовые долинообразные понижения. Вершины гряд обарханены. В растительном покрове преобладают белосаксаульники (*Haloxylon persicum* — *Stipagrostis pennata* — *Anisantha tectorum*). Восточные пологие склоны заняты барханными песками высотой до 5–10 м; здесь произрастают сюзеново-кандымники (*Ammodendron conolly* + *Calligonum arborescens* — *Stipagrostis karelinii*). Вблизи крутых западных склонов гряд узкими лентами шириной до 0,5–1,0 км простираются черносаксаульники (*Haloxylon aphyllum* — *Suaeda arcuata* + *Kochia odontoptera*; *Haloxylon aphyllum* — *Carex physodes* — *Tortula desertorum*). К западу от черносаксаульников появляются белосаксаульники (*Haloxylon persicum* — *Carex physodes* — *Tortula desertorum*). Уникальное явление Каракумов — леса с доминированием черного саксаула (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin). Черный саксаул — дерево или кустарник, его высота — 1–1,5 м при отсутствии связи с грунтовыми водами, до 5–6 м на пресных или слабоминерализованных грунтовых водах; по нашим измерениям, проведенным в конце 1970-х гг. в районе урочища Ер-Аджи, диаметр ствола некоторых экземпляров вблизи поверхности почвы достигал 1 м при высоте ствола более 3 м и высоте саксаула около 12 м. Благодаря исключительно эффективно работающей фотосинтетической системе этот вид является одним из наиболее продуктивных среди представителей мировой флоры [9], достигает спелости в 20–25 лет при продолжительности жизни 50–60 лет. Богат и разнообразен растительный и животный мир черносаксаульников. Флора насчитывает более 100 видов, что составляет 70 % всего видового разнообразия растений заповедника, причем более 20 % из них встречаются только в черносаксаульниках. Вес надземной фитомассы в черносаксаульниках может достигать 60 т/га в сыром весе [6], что во много раз больше, чем в сообществах барханных песков. Черный саксаул — прекрасное топливо. По теплотворной способности его древесина не уступает бурому углю, в связи с чем черносаксауловые сообщества на протяжении длительного времени нещадно уничтожались для заготовки топлива [6].

В течение 42 лет (1969–2010) изучался водный баланс почвогрунтов, особенности водной и геохимической циркуляции, динамика уровня и минерализации грунтовых вод, велись наблюдения за самозарастанием обарханенных гряд и барханных песков, обрабатывались и обобщались полученные материалы. Подробно методика исследований описана в работах [1–3].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования в Восточных Каракумах показали, что экосистемы пустыни являются открытыми системами не только в радиальном, но и латеральном направлении. С одной стороны, они получают от окружающих их экосистем определенное количество вещества, энергии и информации, с другой — теряют часть продуктов внутреннего метаболизма [3]. Показательны в этом плане белосаксаульники на вершинах обарханенных гряд и сюзеново-кандымники на пологих обарханенных восточных склонах гряд. Здесь из-за сильной разреженности древесно-кустарникового яруса и при отсутствии сомкнутого травяного покрова атмосферные осадки, выпадающие в зимне-весенний период, достигают поверхности песка и быстро впитываются, поскольку водопроницаемость песчаной толщи достигает 3700 мм/ч, и это в 5–10 раз больше, чем в растительных сообществах межгрядовых долинообразных понижений с хорошо сформированным травяным покровом, а величина наименьшей влагоемкости не превышает 4 %, что в 2–9 раз меньше по сравнению с долинообразными понижениями [2]. Именно поэтому слабо закрепленные растительностью обарханенные гряды накапливают влагу атмосферных осадков, которые в результате гравитационного пленочного стока [8] просачиваются вглубь песчаной толщи. Накопленная под грядами вода при наличии уклона зеркала грунтовых вод, равного 0,0001–0,0002, стекает в юго-западном направлении на расстояние от нескольких сотен метров до 0,5–1 км от подножья гряды, где и существует в виде подпесчаных линз, плавающих на поверхности соленых и солоноватых грунтовых вод, сформированных в толще древнеаллювиальных песков и образующих здесь сплошное зеркало [8]. Возможность местного стока грунтовой воды от обарханенных гряд в направлении долинообразных понижений экспериментально доказана работами А. Г. Гаеля [10], Э. Н. Благовещенского [11] и В. Н. Кунина [7]. Примечательно, что наименьшее количество солей в подпесчаной линзе наблюдалось в скважинах, пробуренных вблизи крутого, не закрепленного растениями западного склона обарханенной гряды в северной части заповедника, где это количество не превышало 0,9 г/л. Эта



величина вблизи слабо закрепленного растениями западного склона гряды была отмечена в центральной долине заповедника – 0,6 г/л [13]. При удалении от нескольких десятков до сотни метров и более к западу от этой скважины плотный остаток возрастал до 2,0–2,5 г/л. В северной части центрального долинообразного понижения вблизи склона, заросшего растениями, минерализация воды увеличивалась до 6,5 г/л. В южной долине вблизи зарастающего растениями западного склона гряды солей 4,2 г/л. При удалении от границы черносаксаульников к западу во всех долинах заповедника линза пресных вод выклинивалась и минерализация грунтовой воды возрастала до 20 г/л и более. На этих площадях господствуют низкорослые илаковые или мохово-илаковые белосаксаульники.

Механизм связи растительности с формированием линз грунтовых вод в общей форме описывался для многих песчаных массивов. Нами впервые в литературе было показано, что мощность линзы подпесчаных вод и минерализация воды в ней отрицательно коррелируют со степенью закрепленности растительности барханных песков на грядах [1]. Так, в Репетекском биосферном заповеднике самый крупный массив барханных песков на гряде располагался в центральной части заповедника. Он питал линзу пресных подпесчаных вод, которую использовали не только черносаксаульники, но и белосаксаульники, расположенные в межрядовом долинообразном понижении на расстоянии 0,5–1,0 км от крутого западного склона гряды. Площадь барханных песков в южной части заповедника в десятки раз меньше, чем в центральной, поэтому площадь линзы подпесчаных пресных вод здесь меньше. Визуально это было заметно по распространению черносаксаульников и их жизненному состоянию. Черносаксаульники простирались узкой лентой (менее 0,1 км в ширину) вдоль зарастающего растительностью крутого западного склона гряды. При этом фиксировалось большое количество отмерших особей черного саксаула как на западной, так и на южной границе. Сходная с южным долинообразным понижением картина наблюдалась в северной части центрального и южной части восточного долинообразного понижения. Здесь, как и на юге заповедника, вблизи полностью заросших западных склонов гряд можно было с большим трудом заметить фрагменты некогда существовавших черносаксаульников. В период экспедиционного обследования территории Восточных Каракумов была возможность убедиться в том, что под грядами с заросшими склонами и вершинами черносаксаульники полностью отсутствовали. Из обобщения всей совокупности данных (экспериментальных, литературных) невольно напрашивается вывод о том, что в конце XX столетия в пределах ландшафта крупногрядовых песков в Восточных Каракумах мы столкнулись с конечной (завершающей) фазой многовекового развития черносаксаульников.

Как уже отмечалось выше, одной из причин уменьшения запасов воды в подпесчаной линзе стало зарастание барханных песков на грядах и связанное с этим процессом изменение водно-физических свойств песка. При разложении растений песок постепенно обогащается пылеватыми фракциями, которые препятствуют просачиванию атмосферной влаги вглубь. Поэтому динамические явления в растительном покрове песчаной пустыни привлекали внимание ее первых исследователей. Первичная псаммогенная сукцессия под названием процесса самозарастания («самоуспокоения») изучалась О. Паульсеном, В. А. Палецким, В. А. Дубянским и др. Этими исследователями на примере Каракумов были предложены схемы последовательных стадий зарастания песчаной поверхности от барханных песков, лишенных растений, до полностью сформированных сообществ. Однако эти наблюдения носили описательный характер и не были подкреплены количественными учетами, поскольку последние требуют длительного периода систематических наблюдений. В то же время длительный срок непрерывных наблюдений нужно рассматривать как условие надежности их научных результатов и как факт, способствующий правильному пониманию сложных процессов, непрерывно протекающих в хрупких экосистемах пустыни. Проведенные нами (в 1974–1984 гг.) количественные учеты растительности в Репетекском биосферном заповеднике на тестовой площади, равной 0,22 га, в среднебарханных песках впервые показали, что численность и проективное покрытие растений за 10 лет наблюдений увеличилось в 3 раза [2]. Этот процесс сопровождался внедрением в сообщество барханных песков особей белого саксаула и снижением высотных отметок барханных цепей, а также формированием микрорельефа и травяного покрова. С момента появления первых экземпляров белого саксаула до формирования белосаксаульников проходит примерно 25–30 лет [12].

С учетом сказанного выше с большой долей вероятности можно говорить о том, что именно зарастание вершин обарханенных гряд и их крутых западных склонов, а не барханных песков вообще привело к уменьшению запасов пресной воды в подпесчаной линзе межрядовых долинообразных понижений, за счет которых существовали черносаксаульники. Последние, являясь фреатофитными сообществами, транспирируют до 320 мм влаги в год – при условии, что



ее минерализация не превышает 5–7 г/л [1]. Заращение вершин обарханенных гряд и их крутых западных склонов, с одной стороны, и постоянный расход большого количества грунтовой воды на транспирацию черным саксаулом — с другой, привели к истощению линзы, о чем свидетельствует прогрессивное снижение уровня и увеличение минерализации грунтовой воды в черносаксаульниках. По данным П.Д. Гунина и соавторов [14], общее содержание солей в грунтовой воде подпесчаной линзы за период с 1930 по 1972 г. увеличилось в 3 раза. Наши 15-летние (1972–1987 гг.) наблюдения показали, что в грунтовой воде под черносаксаульниками в центральном долинообразном понижении заповедника произошло увеличение в 2–2,5 раза содержание хлора (с 6 до 14 мг-экв.) и щелочей (с 3 до 6 мг-экв.) [3], что находится в соответствии с выводом В.Н. Кунина [7] о том, что по мере небольшого увеличения засоления вода сначала становится хлоридно-гидрокарбонатно-натриевой, а при дальнейшем повышении минерализации быстро переходит в хлоридно-натриевую. Увеличение концентрации хлора и щелочей отрицательно влияет на жизненное состояние черного саксаула, и в конечном итоге он отмирает. При этом обращает на себя внимание, что уровень грунтовой воды за семь лет (1972–1978 гг.) снизился на 6 см, в связи с чем с июля по октябрь 1978 г. грунтовая вода в скважине, расположенной вблизи западного крутого склона гряды, отсутствовала и измерение уровня оказалось невозможным [1]. Косвенно подтверждает наши данные и то, что вода в двух стационарных колодцах из трех, отрытых и обустроенных на территории усадьбы Репетекского заповедника для полива экспериментальных растений в 1930–1940-е гг., уже в начале 1970-х гг. перестала использоваться по своему назначению в связи с увеличением засоления. Сигналом неблагоприятных изменений солевого баланса грунтовых вод в черносаксаульниках может служить гибель рощи из тополя серебристого (петга) (*Populus pruinosus Schrenk*) в конце 1980-х гг. [4]. Эта роща была посажена в 1930–1940-е гг. в нескольких сотнях метров к северу от усадьбы заповедника в траншее среди зарослей черного саксаула в связи с развертыванием работ по сельскохозяйственному освоению пустынь. Примечательно, что на карте растительности Репетекского заповедника, составленной академиком М.П. Петровым в 1935 г., черносаксаульник в центральной долине простирался по обеим сторонам железной дороги, проложенной в начале XX столетия через Каракумы, а к моменту начала наших наблюдений в конце 1960-х — начале 1970-х гг. черносаксаульник находился только со стороны примыкающей к западному склону гряды, причем на значительном удалении от полотна железной дороги.

Итак, еще раз подчеркнем, что заращение обарханенных гряд, особенно их западных крутых склонов, приводит к сокращению количества осадков, просачивающихся сквозь песчаную толщу, и тем самым к уменьшению запасов грунтовой воды в долинообразных понижениях с черносаксаульниками. Этот вывод был впервые сформулирован нами в кандидатском диссертационном исследовании «Водно-тепловой баланс растительных сообществ Восточных Каракумов» [1]. В дальнейшем на основе данного вывода был сделан прогноз о перспективах развития черносаксауловых лесов, согласно которому при существовавших на момент исследований темпах увеличения минерализации грунтовой воды следовало ожидать исчезновения черносаксаульников в Репетекском биосферном заповеднике в первые десятилетия нынешнего столетия [2; 3]. Как и прогнозировалось, первым (по устному сообщению П.Д. Гунина) исчез черносаксаульник в южном долинообразном понижении. Подтверждением нашего вывода служат исследования С.В. Вейсова и соавторов [12], согласно которым ширина черносаксаульника в восточном долинообразном понижении Репетекского заповедника за 50 лет (1935–1985 гг.) сократилась на 150 м, а его западная граница приближалась к крутому западному склону гряды со скоростью 3 м/год.

Таким образом, песчаные гряды и черносаксаульники в долинообразных понижениях связаны между собой потоком грунтовой воды, который имеет односторонний характер — от обарханенных гряд к межрядовым долинообразным понижениям. В этой системе черносаксаульники находятся в полной зависимости от притока грунтовой воды со стороны обарханенных гряд. В то же время илаковые и мохово-илаковые белосаксаульники на бугристых песках к западу от черносаксаульников, являясь омброфитными сообществами, в меньшей степени зависят от межэкосистемного обмена. Влияние влаги, накапливающейся под обарханенными грядами, на развитие белосаксаульников отчетливо выражено лишь в экотонной зоне между черно- и белосаксаульниками, а также в том случае, когда высокоствольные белосаксаульники расположены вблизи слабозаросшего крутого западного склона гряды, например в южном долинообразном понижении. В этих биотопах белосаксаульники оказываются факультативными фреатофитными сообществами, поскольку, как показали наши исследования, их корни проникают в пресноводную линзу на глубине около 8–10 м [1; 3].



На остальной территории развитие белосаксаульников осуществляется за счет той влаги, которая накапливается в зоне развития корней в период выпадения атмосферных осадков. Следовательно, в Восточных Каракумах обарханенные гряды выступают важным элементом, способствующим поддержанию целостности пустынной экосистемы через воздействия на процессы водной и геохимической циркуляции. Заращение песчаных гряд растительностью — естественный процесс эволюции поверхности Восточных Каракумов, который в конечном счете приводит к нарушению водного и солевого баланса в подпесчаной линзе грунтовых вод в долинообразных понижениях. Связанное с этим процессом исчезновение высокопродуктивных черносаксаульников влечет за собой разрушение сложившихся межэкосистемных связей, уменьшает видовое и биотопическое разнообразие и тем самым оказывает воздействие на материально-энергетический и информационный обмен в пустыне. Не менее актуальным последствие заращение песчаной поверхности в перспективе может оказаться и для экономики северных, центральных и юго-восточных районов Каракумов, где на базе крупных подпесчаных линз — Вехнеузбойской, Западнокаракумской, Прикаспийской, — находящихся вблизи массивов барханных песков, с давних пор концентрировалось местное население и развивалось промышленное и сельскохозяйственное производство.

Заключение

В результате анализа естественных процессов в песчаной пустыне Восточные Каракумы за последние 100 лет был выявлен эффект отрицательной коррелятивной зависимости между самозаращением обарханенных гряд, с одной стороны, и угнетением черносаксаульников в межгрядовом понижении — с другой. Механизм этой зависимости заключается в том, что растения, поселяясь на грядах, препятствуют просачиванию атмосферных осадков вглубь песка. Особенно значителен вклад в этот процесс западного крутого склона гряды. В том случае, если он не закреплен растениями, промачивание песка при сумме атмосферных осадков больше среднегодовой нормы (113 мм) может достигать 5–7 м и смыкаться вблизи подножья гряды с подстилающими сильно минерализованными грунтовыми водами, формируя на поверхности последних линзу пресных вод с минерализацией до 1 г/л. Возможно, немалый вклад в этот процесс вносят поверхностный и внутрипочвенный стоки влаги атмосферных осадков под действием гравитационных сил. Если западный склон гряды хорошо закреплен растениями, промачивание песка ограничивается поверхностной толщей; поверхностный и внутрипочвенный стоки небольшие или полностью прекращаются; подпитка линзы пресных вод становится невозможной. Независимо от этого черносаксаульники продолжают интенсивно транспирировать накопленную в предыдущие годы воду в линзе. В итоге без дополнительной подпитки в черносаксаульниках возникает «эффект колодца», хорошо известный местному населению. Он заключается в том, что ресурсы местных линз незначительны; поэтому население отчерпывает пресную воду из колодцев небольшой посудой и очень осторожно. Если в такой колодец опустить ведро и забирать им воду без всякой осторожности, то он очень быстро заполнится солоноватой водой [7]. В нашем случае растительный «насос» в течение всего сезона вегетации непрерывно откачивает воду из линзы; при переоткачке в линзу начинает поступать вода с минерализацией выше критической для жизни саксаула, и он отмирает.

С отмиранием черносаксаульников начинается уменьшение генетического, видового и биотопического разнообразия в Восточных Каракумах; нарушается материально-энергетический и информационный обмен между экосистемами; рвутся трофические цепи, и возникают новые экологические ниши. В то же время надо понимать, что это — лишь часть длительного процесса эволюции пустынной территории, за которым следуют другие процессы, ждущие своего исследователя.

Список литературы

1. Дедков В.П. Водно-тепловой режим растительных сообществ Восточных Каракумов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ашхабад, 1978.
2. Дедков В.П. Биоэкологические особенности доминантов растительных сообществ Восточных Каракумов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 1988.
3. Дедков В.В. Экологическая ниша и водный баланс доминантов пустынных фитоценозов. Л., 1989.
4. Дедков В.П. Пути поддержания стабильности экосистем Репетекского биосферного заповедника // Заповедники СССР — их настоящее и будущее. Ботаника, лесоведение, почвенные исследования: тез. докл. Всесоюз. конф. Новгород, 1990. Ч. 2. С. 44–46.



5. Гунин П.Д., Дарымов В.Я., Вейисов С.В. Ландшафтная характеристика Репетекского заповедника // Опыт изучения и освоения Восточных Каракумов. Ашхабад, 1972. С. 12–22.
6. Леонтьев В.Л. Саксауловые леса пустынь Кара-Кум. М.; Л., 1954.
7. Кунин В.Н. Местные воды пустыни и вопросы их использования. М., 1959.
8. Кулик Н.Ф. Водный режим песков аридной зоны. Л., 1979.
9. Вознесенский В.Л. Фотосинтез пустынных растений. Л., 1977.
10. Гаяль А.Г. Некоторые особенности водного режима почвогрунтов в песчаных пустынях // Изв. ГГО. 1938. Т. 70, №4–5. С. 512–540.
11. Благовещенский Э.Н. О каракумском грунтовым потоке // Изв. Туркмен. филиала АН СССР. 1950. №4. С. 27–32.
12. Вейисов С.В., Кузьменко В.Д., Радзиминский П.Д. К вопросу о скорости первичной псаммогенной сукцессии в ландшафте крупногрядовых песков Восточных Каракумов // Проблемы освоения пустынь. 1978. №5. С. 61–67.
13. Нуниаев А. Режим уровня грунтовых вод в Юго-Восточных Каракумах // Изв. АН Туркмен. ССР. Сер. биол. 1966. №1. С. 42–48.
14. Гунин П., Вейисов С., Нуниаев А. О процессах усыхания в Восточных Каракумах // Биогеографические основы индикации природных процессов. М., 1974. С. 15–18.

Об авторе

Виктор Павлович Дедков — д-р биол. наук, проф., Российский государственный университет им. И. Канга, e-mail: VDedkov@albertina.ru

Author

Professor V.P. Dedkov, IKSUR, e-mail: VDedkov@albertina.ru