

УДК 581.5, 574.2, 551.435  
AGRIS F40

https://doi.org/10.33619/2414-2948/60/06

## О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *TAMARIX* КАК ИНДИКАТОРА ДИНАМИКИ РЕЛЬЕФА

©Крыленко С. В., ORCID: 0000-0003-0411-8455, Институт глобального климата и экологии  
им. акад. Ю.А. Израэля, г. Москва, Россия, krylenkoserg@mail.ru

©Крыленко В. В., ORCID: 0000-0001-8898-8479, канд. геогр. наук, Институт океанологии  
им. П.П. Ширшова РАН, г. Геленджик, Россия, krylenko.slava@gmail.com

©Крыленко М. В., ORCID: 0000-0003-4407-0548, канд. геогр. наук, Институт океанологии  
им. П.П. Ширшова РАН, г. Геленджик, Россия, krylenko@mail.ru

## ON POSSIBILITY OF USING *TAMARIX* AS INDICATOR OF THE RELIEF DYNAMICS

©Krylenko S., ORCID: 0000-0003-0411-8455, Institute of Global Climate and Ecology, Moscow,  
Russia, krylenkoserg@mail.ru

©Krylenko V., ORCID: 0000-0001-8898-8479, Ph.D., Shirshov Institute of Oceanology of Russian  
Academy of Sciences, Gelendzhik, Russia, krylenko.slava@gmail.com

©Krylenko M., ORCID: 0000-0003-4407-0548, Ph.D., Shirshov Institute of Oceanology of Russian  
Academy of Sciences, Gelendzhik, Russia, krylenko@mail.ru

**Аннотация.** Род *Tamarix* включает около семидесяти видов, приспособленных к жарким сухим условиям произрастания, но способных выдерживать продолжительное затопление и засоление почв. В результате представители рода *Tamarix* являются обычными обитателями аридных территорий, при этом, местами произрастания *Tamarix* также являются берега морей, рек и озер. Экологический успех рода *Tamarix* обеспечивается особенностями цикла его развития и разнообразными адаптационными функциями. Наиболее важной является способность растения сохранять жизнеспособность при кардинальной смене природных условий, в том числе при изменении рельефа. Помимо этого, обладая способностью снижать подвижность рыхлых субстратов, *Tamarix* способен в относительно короткие сроки изменить рельеф. Для аккумулятивных морских берегов характерна высокая динамичность рельефа. В настоящей статье рассмотрена возможность определения возраста образования прибрежных форм рельефа, используя информацию по пространственному расположению как отдельных экземпляров *Tamarix*, так и его популяции в пределах крупных морских береговых аккумулятивных форм. Показано, что ряд физиологических и экологических особенностей рода *Tamarix* позволяет использовать его как индикатор определенных природных условий, имеющих или имевшихся ранее в местах его современного произрастания.

**Abstract.** Genus *Tamarix* includes about seventy species that are adapted to hot, dry growing conditions, but are able to withstand prolonged flooding and soil salinity. As a result, species of the genus *Tamarix* are common inhabitants of arid territories, while the sea, river and lake coasts are also an inhabitation of *Tamarix*. The ecological success of the *Tamarix* genus is ensured by the peculiarities of its life cycle and various adaptive functions. The ability of a plant to maintain its viability during a change in environmental conditions, including when the relief changes is the most important. In addition, *Tamarix*, having the ability to reduce the mobility of loose substrates, is able

to change the relief in a relatively short time. The accumulative seacoasts are characterized by high dynamics of the relief. This paper discusses the possibility of determining the age of the formation of coastal landforms using information on the spatial location of both individual *Tamarix* specimens and its population within large marine coastal accumulative forms. It is shown that several physiological and ecological traits of the *Tamarix* genus make it possible to use it as an indicator of certain environmental conditions, existing or existed earlier in the places of its modern growth.

*Ключевые слова:* морской берег, *Tamarix ramosissima*, рельеф, методы исследований.

*Keywords:* marine coast, *Tamarix ramosissima*, relief, methods.

### Введение

По современным данным род *Tamarix* включает около 70 видов [1]. Род *Tamarix* имеет средиземноморское происхождение и наибольшего разнообразия достигает в Средиземноморской и Ирано-Туранской флористических областях. В дикой природе виды рода тамарикс были распространены от северо-западной Франции до северо-восточного Китая. Кроме того, имелось несколько оторванных от основного ареала видов, распространенных в различных частях Африки [1].

В целом представители рода *Tamarix* приспособлены к жарким сухим условиям произрастания, но при этом могут расти на влажных почвах, а также выдерживать продолжительное затопление и сильное засоление почв. Представители рода *Tamarix* предпочитают песчаные или глинистые почвы. Корни *Tamarix* способны проникать на глубину до 30 м, а в горизонтальном направлении распространяться на 50 м. При обнажении корней или при засыпании надземной части растения эти растения могут образовывать придаточные почки. Благодаря наличию перечисленных свойств, представители рода *Tamarix* являются наиболее успешным обитателем аридных территорий — пустынь, полупустынь, степей. Кроме того, *Tamarix* произрастает в местах близкого залегания грунтовых вод: солонцах и солончаках. Обычными местами произрастания *Tamarix* являются берега морей, рек и озер. Многие виды *Tamarix* активно распространились человеком по всему миру в качестве декоративных растений и для мелиоративных целей. В подходящих по условиям местностях в Австралии, Северной и Южной Америках [2–4] произошла масштабная инвазия отдельных видов *Tamarix* в местные биоценозы.

Важным фактором экологического успеха рода *Tamarix* являются особенности его цикла развития и разнообразные адаптационные функции. Наиболее важной из них является способность растения сохранять жизнеспособность даже в условиях кардинальной смены природных условий, в том числе — изменении рельефа. Кроме того, как отдельные особи *Tamarix*, так и популяция в целом может оказывать влияние на формирование рельефа. Обладая способностью снижать подвижность рыхлых субстратов, *Tamarix* способен в относительно короткие сроки изменить рельеф.

Для морских аккумулятивных берегов, представленных песчаными косами или пересыпями, характерна высокая динамичность рельефа. Крупномасштабные изменения характера рельефа в последние десятилетия достаточно просто определяются по космическим снимкам [5]. Однако, надежных методов для более или менее достоверного определения величин смещения аккумулятивных форм за значительно больший временной период, не существует. Механический и вещественный состав древних и современных пляжевых и эоловых отложений не имеет принципиальных отличий, поскольку они

формируются в схожих литодинамических условиях. Определение возраста по раковинам моллюсков невозможно, так как материал, слагающий аккумулятивные формы, может неоднократно переотлагаться.

В настоящей статье рассмотрена возможность определения возраста образования прибрежных форм рельефа (в частности дюн и дюнных гряд), используя информацию по пространственному расположению как отдельных экземпляров *Tamarix*, так и его популяции в пределах крупных морских береговых аккумулятивных форм.

*Экологические условия, лимитирующие прорастание и произрастание Tamarix*

Плод *Tamarix* — многосемянная коробочка, раскрывающаяся тремя створками. Семена *Tamarix* имеют цилиндрическую форму диаметром около 0,17 мм и длиной около 0,45 мм. Семена *Tamarix* анемохорные — вершина семенной оболочки имеет летательные волоски (Рисунок 1), вес семени очень мал, что обеспечивает хорошую летучесть [6]. Плодоносить *Tamarix* начинает на 3–5 год после прорастания [7]. Растение энтомофильное, но также способно к самоопылению и опылению ветром. Цветение взрослых особей длится весь вегетационный период, семена также созревают весь вегетационный период (Рисунок 1). Часто растения одновременно поддерживают все стадии от бутонов до созревших семян [6]. Одно взрослое растение *Tamarix* может дать до 500 000 семян за сезон [8]. Распространение и прорастание семян также возможно в течение всего вегетационного периода [9].



Рисунок 1. Цветы и семена *Tamarix ramosissima* Ledeb.

Для прорастания семян *Tamarix* необходимы специфичные условия. Семена, попадая на влажную почву, теряют способность к полету и оседают. Семена покрыты тонкой семенной оболочкой, практически не обеспечивающей защиты от внешних факторов, в результате чего семена остаются жизнеспособными всего около 5 недель [10]. Всхожесть семян определяется влажностью и освещением места прорастания. Почва должна быть постоянно влажной, также высокая влажность должна быть у приземного слоя воздуха. Наиболее критичным требованием к успешному прорастанию является хорошая освещенность, так как проростки сразу начинают фотосинтезировать и могут быстро погибнуть в затенении. Соответственно, оптимальными местами для прорастания являются береговые отмели рек в период падения уровня; сезонно обсыхающая литораль озер или лагун и другие места с отсутствующим растительным покровом и близким расположением грунтовых вод [11].

Таким образом, на ранних стадиях развития молодые особи *Tamarix* сильно зависят от

внешних факторов среды, которые очень жестко определяют места его возможного успешного прорастания.

В ходе дальнейшего развития растения *Tamarix* становится все более толерантным к внешним условиям. Ряд приспособительных физиологических особенностей позволяет представителям этого рода пережить кардинальную смену природных условий.

Несмотря на то, что на ранней стадии прорастания *Tamarix* нуждается в хорошем увлажнении, на более поздних стадиях развития он способен одновременно получать влагу из грунтовых вод и атмосферных осадков. С другой стороны, взрослый *Tamarix* способен выдерживать длительные периоды затопления: 70 дней при полном погружении и 98 дней при частичном погружении [12], более длительное затопление обычно сопровождается гибелью растений [13]. Эти противоположные, но действенные реакции на падение уровня грунтовых вод и затопление помогают объяснить широкий диапазон местообитаний, где произрастает тамарикс и его популяции на берегах водоемов.

Представители рода *Tamarix* часто произрастают на участках, отличающихся быстрой сменой условий рельефообразования — аккумуляция может сменяться дефляцией, и наоборот. При аккумуляции растение может целиком засыпать осадочный материал, при эрозии, напротив, обнажаются корни. Большинство видов *Tamarix* имеют спящие вегетативные почки на корнях и надземных побегах. Засыпанные ветви быстро активируют вегетативные почки и поднимают новые ветви над поверхностью субстрата, а также способны давать придаточные корни из любой части стебля. Частично обнажение корней не приводит к их гибели, они дают придаточные корни в контактирующей с влажной почвой части, а также активирует вегетативные почки для выращивания побегов. Оба эти свойства *Tamarix* позволяют ему сохранять жизнеспособность в условиях активного протекания эоловых процессов, где могут наблюдаться как аккумуляция материала, так и дефляция.

#### Влияние *Tamarix* на рельефообразование

С развитием куста его влияние на окружающую среду становится хорошо заметным. Взрослые особи *Tamarix* обладают высокой способностью к удержанию рыхлого субстрата, что приводит к образованию различных форм рельефа. Ниже рассмотрены примеры форм рельефа, видоизменяющихся или возникающих в результате развития отдельной особи или популяции *Tamarix*.

Тамариковые конусы представляют собой особую разновидность небхов [14–15] — закрепленных дюн, имеющих внутри себя растительный каркас.

Небха (*nabkha*) — это слово арабского происхождения, в дословном переводе обозначающее небольшой песчаный холм [16]. В геоморфологических исследованиях он был использован для обозначения холмистого скопления наносимых ветром отложений вокруг растительности [17]. Позже для обозначения этой эоловой формы рельефа использовалось несколько различных терминов, таких как кустарниковые насыпи, кустарниково-поросшие дюны, бугорковые дюны, фитогенетические холмы, дюнные курганы, ребду, неббе, такуит и «круглые дюны» [18] которые, по сути, являются синонимами небхи.

Тамариковые конусы (*tamarix cone*) являются уникальной формой рельефа, образуемой исключительно видами рода *Tamarix*: *T. tamarix ramosissima* Ledeb. и *T. chinensis* Lour. Это неподвижные дюны, образовавшиеся путем накопления песка вокруг особей *Tamarix spp.* Тамариковые конусы формируются на аридных территориях с четким чередованием сезонов ветров и осадков; обилием переносимого ветром материала. В Средней Азии на предгорных конусах выноса рек, невысоких речных террасах они занимают огромные пространства,

формируя особый ландшафт. Тамариковые конусы отличаются от других подобных форм рельефа морфологическими особенностями: высотой от 3 до 15 м и высокими уклонами склонов, в среднем равных около 30°, а максимальный уклон составляет до 45°. Кроме того, они отличаются внутренней структурой [14–15].

Берега и поймы рек являются одними из основных мест произрастания тамарикса, на форму которых он способен влиять. Влияние популяции тамарикса на рельефообразование в пределах пойм рек наиболее изучено в США. На территорию Северной Америки тамарикс был завезен сравнительно недавно, что позволило с самого начала проследить его влияние на местные геосистемы. В частности, доказана роль тамарикса в закреплении образовавшихся новых отмелей в пойме реки. Поросль тамариксов способствует накоплению аллювия за счет локального снижения скорости потока. Под зарослями *Tamarix* может накопиться до 2 м аллювия. После колонизации тамариксом отмели постепенно расширяются в стороны, часто сливаясь между собой или примыкая к берегу [17–18]. На локальных участках расширение отмелей, поросших тамариксом, может привести к заметному сужению русла. Способность насаждений *Tamarix* снижать интенсивность размыва берегов рек делают его ценным инструментом для борьбы с эрозией [19–20].

Морские берега, в частности прибрежные дюны и берега лагун, являются одним из мест массового произрастания *Tamarix*. Сравнение габитуса растений и годовой скорости роста между растениями с прибрежных морских местообитаний и речных показало, что, морское побережье обладает более суровыми условиями произрастания. Растения *Tamarix* на морском побережье обычно кустарниковые, с меньшими диаметром стволов, высотой и площадью у основания по сравнению с растениями в устьях рек и на берегах рек. На морских берегах более высокая частота обновления ветвей *Tamarix* под воздействием стрессовых условий [21]. На данный момент крайне мало научных исследований, посвященных изучению взаимодействию *Tamarix* и прибрежных морских дюн. Поэтому, оценка важности рельефообразующей функции *Tamarix* в данном случае чрезвычайно актуальна.

#### *Скорость роста и продолжительности жизни Tamarix*

Исследования по определению скорости восстановления растительного покрова на примере *Tamarix ramosissima* были проведены на Анапской пересыпи (Черное море). В 2013 г. в центральной части Анапской пересыпи на останце коренного берега вблизи от моря был вырыт котлован (Рисунок 2). Уже в 2015 году было отмечено массовое распространение тамарикса в пределах нового техногенного ландшафта. В 2016 г. на дне котлована и отвале были отмечены сотни молодых и уже цветущих экземпляров *Tamarix ramosissima* Ledeb. [22]. К 2020 году большинство из них достигли 2–3 метров высоты, а отдельные кусты слились в обширные куртины. Таким образом, менее чем за 3 года *Tamarix* может достичь стадии генеративного воспроизводства, на которой он может успешно противостоять изменениям природных условий.

Для использования *Tamarix* как индикатора палеогеографических условий и реконструкции предшествовавших состояний рельефа, в первую очередь, необходимо определить возможные временные рамки такой реконструкции. Для этого необходимо оценить как скорость достижения стадии, в которой молодые *Tamarix* уже могут успешно адаптироваться к смене условий произрастания, так и предельную продолжительность жизни отдельных особей *Tamarix*.



Рисунок 2. Освоение *Tamarix ramosissima* Ledeb. нового техногенного ландшафта вблизи Анапской пересыпи, 2016 г. Фото В. В. Крыленко.

Тамариковые конусы являются одной из самых изученных форм небхов, что обусловлено их высокой распространенностью и необычностью. Наиболее характерной чертой данных форм рельефа является их слоистость, по которой с высокой степенью достоверности можно определить возраст сформировавшего их растения. После прорастания, под молодыми особями *Tamarix* происходит первоначальное накопление песка, приносимого ветром. Это вызывается снижением скорости ветра при контакте с кустом и, как следствие, уменьшением его подъемной силы. В результате частицы оседают из воздушного потока и накапливаются вокруг куста. Обычно песчаные частицы конусов *Tamarix* имеют средний размер 0,125–0,4 мм (около 70%) [23]. В районе формирования тамариковых конусов интенсивность эолового переноса имеет сезонный характер. Например, в пустыне Такла-Макан наибольшая интенсивность эолового переноса приходится на промежуток с марта по июнь, в результате чего песок накапливается на плотном глинистом грунте под особями *Tamarix spp.* слоями [24]. Промежуточными отделяющими и закрепляющими слоями между слоями песка становятся листья *Tamarix*. С октября по ноябрь растения сбрасывают листья и небольшие ветки, образуя тонкий сплошной слой органических материалов на поверхности отложившегося песка. В результате, за год образуется небольшой молодой холмик, состоящий из нижнего слоя песка и верхнего слоя подстилки. При повторении этого процесса в течение нескольких лет, конус тамарикса постепенно развивается. Следует отметить, что отложение материала в слои ослабевает к периферии, в центральной части вокруг ствола куста тамарикса слои толще, чем во внешней его части, что приводит к формированию характерной конусовидной формы рельефа [24]. Как видно, процесс формирования тамарикового конуса имеет очень четкие закономерности, отражающиеся в его внутреннем строении.

У тамариковых конусов имеется хорошо выраженный жизненный цикл, разные стадии которого различаются морфологическими особенностями конуса. Эволюция тамариковых конусов включает три стадии: стадия роста, стадия зрелости (стабильности) и стадия увядания. На каждом этапе геоморфологические процессы на конусах различны. В определенной стадии тамариковый конус может оставаться неопределенно большой промежуток времени.

На стадии роста конуса молодые особи *Tamarix* интенсивно растут в вертикальном направлении, средняя скорость роста составляет 50–80 см в год, высота *Tamarix* достигает 2–3 м за 4–5 лет, а через 10 лет достигает 4–5 м. Молодой *Tamarix* имеет меньше боковых ветвей и корней. В условиях подходящей силы ветра и достаточного запаса песка в регионе, сформировавшийся под растением зародышевый конус высотой 0,20–0,30 м демонстрирует процесс накопления песка по вертикали. Это вызвано тем, что в структуре профиля ветра скорость ветра имеет наименьшие значения, когда она приближается к поверхности вершины конуса. Следовательно, у вершины конуса ветер обладает низкой подъемной силой, что приводит к интенсивному накоплению песка на вершине и последующей гравитационной вертикально-склоновой миграции частиц. В конечном итоге формируется конусовидная форма рельефа (Рисунок 3а) высотой до 5–6 м, уклоном 16–35° (наибольший уклон близок к углу покоя сухого песка). По мере развития конуса и захоронения побегов они постоянно удлиняются вверх. Одновременно под конусом развивается корневая система *Tamarix spp.*, и она на всех стадиях всегда достигает уровня грунтовых вод. Если конусы начинают формироваться вокруг расположенных рядом кустов, то по мере их развития они могут слиться в один единый конус [15, 24]. Согласно датировкам [15, 24], продолжительность стадии роста обычно составляет 10–100 лет (может достигать 300–500 лет и более).

Когда высота конуса достигает или приближается к 6–13 м, *Tamarix* интенсифицирует рост боковых ветвей, постепенно закрепляя боковые склоны расширяющегося конуса. Таким образом, конусы развиваются в следующую фазу (зрелости) (Рисунок 3б), для которой характерна полусферическая форма, больший размер в пространстве и более крутые склоны. На этой фазе одревесневшие ветви *Tamarix* имеют высокую прочность, увеличивается устойчивость склонов к ветровой эрозии, увеличивается количество опада, что способствует закреплению отложившегося песка. Угол наклона склонов данной фазы обычно превышает угол естественного откоса сухого песка и может достигать 40–45°. Густо развитая корневая система поглощает и поддерживает влажность внутри конуса, что позволяет укорениться и другим видам растений, и еще более увеличивает скорость отложения песка. Параллельно идет увеличение интенсивности отложения материала, происходит его сортировка, в центре конуса откладываются более мелкие частицы. Все вышперечисленное способствует сохранению высокой устойчивости тамариксового конуса. В результате, на данной стадии тамариковые конусы способны существовать продолжительное время, постепенно увеличивая свои габариты. Продолжительность стадии зрелости отдельных конусов может составлять 1000–2000 лет. Самые старые конусы, которые встречаются в центре междуречных пойм, датируются 4200±310 лет назад [24–26].

По мере развития окружающей растительности или ослабления основного растения тамариковые конусы могут переходить в стадию распада. По мере усыхания особи *Tamarix* нарушается водный баланс конуса. Способность конуса накапливать и удерживать песок постепенно снижается. В результате высота конуса постепенно сокращается из-за дефляции. Из-за постепенной утраты опорных ветвей, листьев и корней растений уклон склонов конуса постепенно уменьшается. Индикаторными признаками данной стадии является преобразование конуса в дуговидную дюну, два крыла которой указывают на подветренное направление (Рисунок 3с). Еще одним признаком данной стадии является появление на вершине конуса характерного углубления (Рисунок 3д). Постепенно под воздействием дефляции конус окончательно разрушается [15].

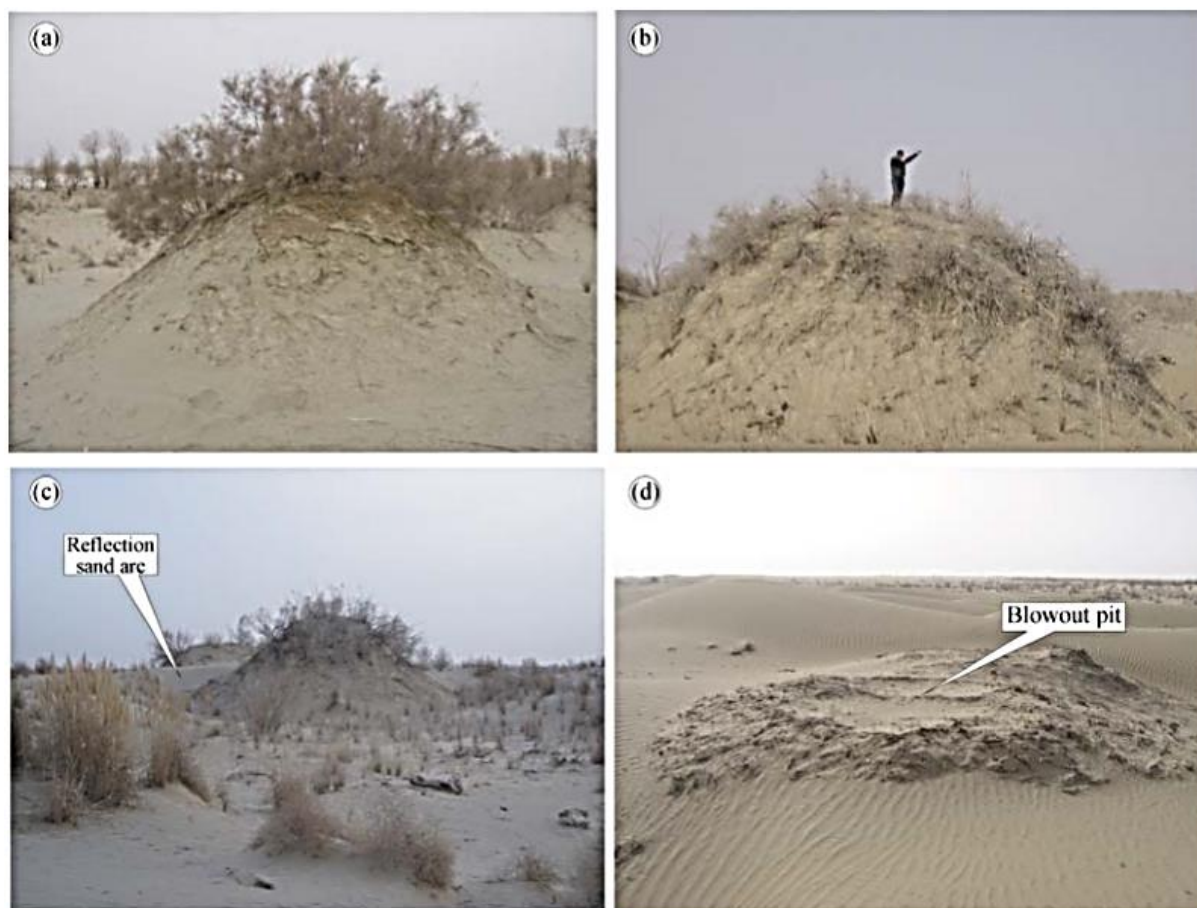


Рисунок 3. Стадии развития тамариковых конусов: а — стадия роста, б — стадия зрелости, с, д — стадия распада [15].

Таким образом, исследования тамариковых конусов и сформировавших их растений показали, что если особь *Tamarix* в состоянии непрерывно отращивать новые корни и ветви, возраст тамариковых конусов может достигать нескольких тысяч лет. Если учесть, что формирование современных крупных морских береговых аккумулятивных форм в Азово-Черноморском регионе началось примерно 5–6 тыс лет назад, можно предположить возможность наличия в их пределах весьма древних экземпляров *Tamarix*. Одновременно, влияние *Tamarix* на рельеф прибрежных морских аккумулятивных форм может быть очень длительным.

#### Выводы

Таким образом, ряд физиологических и экологических особенностей рода *Tamarix* позволяет использовать его как индикатор определенных природных условий, имеющих или имевшихся ранее в местах его современного произрастания.

На ранних стадиях развития молодые особи *Tamarix* сильно зависят от внешних факторов среды, которые очень жестко определяют места его возможного успешного прорастания. В ходе дальнейшего развития растения *Tamarix* становится гораздо более толерантным к внешним условиям. Ряд приспособительных физиологических особенностей позволяет представителям этого рода пережить кардинальную смену природных условий. Отличительной чертой *Tamarix* является свойство сохранять жизнеспособность в условиях активного протекания эоловых процессов, где могут наблюдаться как аккумуляция



материала, так и дефляция. Эта особенность, с учетом жестких условий его прорастания, по особенностям пространственного положения отдельных экземпляров *Tamarix* или популяции в целом, может позволить реконструировать состояние рельефа и природных условий морского аккумулятивного берега за более или менее продолжительный период.

В ландшафтном масштабе тамариксы способны формировать различные ландшафтные «узоры». Например, пространственный узор распределения конусов может быть мозаичным или формировать протяженные цепи из конусов по основному направлению ветра. Причины возникновения различных ландшафтных структур, сформированных тамариковыми конусами, на данный момент недостаточно изучены [27–29].

На Анапской пересыпи возраст наиболее древних участков аккумулятивного тела составляет около 5 тыс лет. При этом, на пересыпи имеются несколько реликтовых дюнных гряд, генезис и возраст которых пока не удается определить. В дюнах встречаются крупные активно вегетирующие экземпляры *Tamarix ramosissima* Ledeb. (Рисунок 4). Как показали наши исследования, этот вид может прорасти лишь вблизи воды, то есть, все указанные экземпляры *T. ramosissima* произрастали на данном участке еще до образования дюнных гряд. Соответственно, дюнные гряды либо сформировались по линии массового произрастания *T. ramosissima* (вероятно, берег лагуны), либо были надвинуты на них ветром.



Рисунок 4. Вегетирующие экземпляры *Tamarix ramosissima* Ledeb. (слева — вблизи моря, справа на вершине реликтовых дюн.

В настоящее время влияние тамарикса на динамику прибрежно-морских дюн почти не исследовано. Необходимо проводить мониторинг как начальных стадий распространения тамарикса в прибрежных ландшафтах, как и его взаимодействия с подвижными формами эолового рельефа. Подобная информация может дать данные для уточнения палеогеографических реконструкций.

Полевые геоботанические исследования на Анапской пересыпи проведены при поддержке РФФ (20-17-00060). Исследования сукцессионных процессов в пределах техногенного прибрежного ландшафта Анапской пересыпи и изучение процессов рельефообразования проведены при поддержке РФФИ (проекты 19-45-230004 и 18-55-34002). Сбор и анализ литературных данных выполнены в рамках Госзадания №0149-2019-0014.

Источники:

(1). Catalogue of life. <https://clck.ru/Re5L7>

Список литературы:

1. Попова Т. Н. Семейство Тамарисковые (Tamaricaceae) // Жизнь растений: в 6 т. / гл. ред. А. Л. Тахтаджян. М: Просвещение, 1981. Т. 5. Ч. 2. С. 77-79. 512 с.
2. Mc Kay F., Logarzo G., Natale E., Sosa A., Walsh G. C., Pratt P. D., Sodergren C. Feasibility assessment for the classical biological control of Tamarix in Argentina // BioControl. 2018. V. 63. №2. P. 169-184. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9855-3>
3. Griffin G. F., Smith D. S., Morton S. R., Allan G. E., Masters K. A., Preece N. Status and implications of the invasion of tamarisk (*Tamarix aphylla*) on the Finke River, Northern Territory, Australia // Journal of Environmental Management. 1989. V. 29. №4. P. 297-315.
4. Gaskin J. F., Schaal B. A. Hybrid Tamarix widespread in US invasion and undetected in native Asian range // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. V. 99. №17. P. 11256-11259. <https://doi.org/10.1073/pnas.132403299>
5. Krylenko V., Krylenko M., Kravtsova V. Using of remote sensing data to study transformation of the Solenoye Lake bay-bar // Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020). International Society for Optics and Photonics, 2020. V. 11524. P. 115241L. <https://doi.org/10.1117/12.2569385>
6. Merkel D. L., Hopkins H. H. Life history of salt cedar (*Tamarix gallica* L.) // Transactions of the Kansas Academy of Science (1903). 1957. V. 60. №4. P. 360-369. <https://doi.org/10.2307/3626390>
7. Русанов Ф. Н. Среднеазиатские тамариксы. Ташкент: Из-во АН УзССР, 1949. 158 с.
8. Brotherson J. D., Field D. Tamarix: impacts of a successful weed // Rangelands Archives. 1987. V. 9. №3. P. 110-112. <http://hdl.handle.net/10150/640230>
9. Brock J. H. Tamarix spp. (salt cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semi-arid riparian habitats of western USA // Ecology and management of invasive riverside plants. 1994. V. 4. P. 28-44.
10. Everitt B. L. Ecology of saltcedar - a plea for research // Environmental geology. 1980. V. 3. №2. P. 77-84. <https://doi.org/10.1007/BF02473474>
11. Матюшенко А. Н., Любимов В. Б., Мчалов С. К. Способ выращивания тугайных анемохорных деревьев и кустарников. Авторское свидетельство SU 1021420 A1. Дата регистрации: 13.02.1981. Дата публикации: 07.06.1983.
12. Warren D. K., Turner R. M. Saltcedar (*Tamarix chinensis*) seed production, seedling establishment, and response to inundation // Journal of the Arizona Academy of Science. 1975. V. 10. №3. P. 135-144. <https://doi.org/10.2307/40021795>
13. Lehnhoff E. A., Menalled F. D., Rew L. J. Tamarisk (*Tamarix* spp.) establishment in its most northern range // Invasive Plant Science and Management. 2011. V. 4. №1. P. 58-65. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-10-00036.1>
14. Qong M. The formative process of the tamarix cones in the southern part of the Taklimakan Desert, China // J. Arid Land Studies. 1997. V. 6. P. 121-130.
15. Li Z., Wu S., Chen S., Chen X., Jin J., Liu Q. Bio-geomorphologic features and growth process of Tamarix nabkhas in Hotan River Basin, Xinjiang // Journal of Geographical Sciences. 2010. V. 20. №2. P. 205-218. <https://doi.org/10.1007/s11442-010-0205-y>
16. Manzur I. Lisan al-‘arab. Dar Ihya Turath Arabiy, 1997. V. 15. 409 p.
17. Gautier E. F., Chudeau R. Missions au Sahara. 1. Sahara Algérien. Colin, 1908.

18. Khalaf F. I., Misak R., Al-Dousari A. Sedimentological and morphological characteristics of some nabkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia // *Journal of Arid Environments*. 1995. V. 29. №3. P. 267-292. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(05\)80107-7](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(05)80107-7)
19. Robinson T. W. Introduction, Spread and Areal Extent of Saltcedar [Tamarix] in the Western States. US Government Printing Office, 1965. №491. <https://doi.org/10.3133/pp491A>
20. Blackburn W. H., Knight R. W., Schuster J. L. Saltcedar influence on sedimentation in the Brazos River // *Journal of Soil and Water Conservation*. 1982. V. 37. №5. P. 298-301.
21. Zavaleta E. Valuing ecosystem services lost to Tamarix invasion in the United States // *Invasive species in a changing world*. 2000. P. 261-300.
22. Fedorova E., Krylenko V., Kosyan A. Granulometric analysis of the Anapa bay-bar sediments (the Black Sea, Russia) // *Sixth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2018)*. International Society for Optics and Photonics, 2018. V. 10773. P. 107731D. <https://doi.org/10.1117/12.2324438>
23. Auerbach D. A., Merritt D. M., Shafroth P. B. Tamarix, hydrology, and fluvial geomorphology // *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*. 2013. P. 99-122. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199898206.003.0007>
24. Kuzminsky E., De Angelis P., Abou Jaoudé R., Abbruzzese G., Terzoli S., Angelaccio C., ... Valentini R. Biodiversity of Italian Tamarix spp. populations: their potential as environmental and productive resources // *Rendiconti Lincei*. 2014. V. 25. №4. P. 439-452. <https://doi.org/10.1007/s12210-014-0309-x>
25. Zhu Z. et al. Deserts in China, Inst. Desert Research, Lanzhou, 1986.
26. Qong M., Takamura H., Hudaberdi M. Formation and internal structure of Tamarix cones in the Taklimakan Desert // *Journal of Arid Environments*. 2002. V. 50. №1. P. 81-97. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0829>
27. Guijin M. U. The environmental significance of vegetation cones of the Taklimakan Desert, China // *Arid Zone Research*. 1994. V. 11. №1. P. 34-40.
28. Guijin M. Types, origin and evolution of the vegetation cones of Taklimakan Desert // *Arid Zone Research*. 1995. V. 12. P. 31-37.
29. Bing L., Wenzhi Z., Rong Y. Characteristics and spatial heterogeneity of Tamarix ramosissima Nebkhas in desert-oasis ecotones // *Acta Ecologica Sinica*. 2008. V. 28. №4. P. 1446-1455. [https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(08\)60053-0](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(08)60053-0)

#### References:

1. Popova, T. N. (1981). Semeistvo tamariskovye (Tamaricaceae). In *Zhizn' rastenii. Vol. 5. Part 2. Moscow, Prosveshchenie*, 77-79. (in Russian).
2. Mc Kay, F., Logarzo, G., Natale, E., Sosa, A., Walsh, G. C., Pratt, P. D., & Sodergren, C. (2018). Feasibility assessment for the classical biological control of Tamarix in Argentina. *BioControl*, 63(2), 169-184. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9855-3>
3. Griffin, G. F., Smith, D. S., Morton, S. R., Allan, G. E., Masters, K. A., & Preece, N. (1989). Status and implications of the invasion of tamarisk (*Tamarix aphylla*) on the Finke River, Northern Territory, Australia. *Journal of Environmental Management*, 29(4), 297-315.
4. Gaskin, J. F., & Schaal, B. A. (2002). Hybrid Tamarix widespread in U.S. invasion and undetected in native Asian range. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(17), 11256-11259. <https://doi.org/10.1073/pnas.132403299>
5. Krylenko, V. V., Krylenko, M., & Kravtsova, V. (2020). Using of remote sensing data to study transformation of the Solenoye Lake bay-bar. In *Eighth International Conference on Remote*

*Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020)*. <https://doi.org/10.1117/12.2569385>

6. Merkel, D. L., & Hopkins, H. H. (1957). Life History of Salt Cedar (*Tamarix gallica* L.). *Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-)*, 60(4), 360. <https://doi.org/10.2307/3626390>

7. Rusanov, F. N. (1949). Sredneaziatskie tamariksy. Tashkent. (in Russian).

8. Brotherson, J. D., & Field, D. (1987). Tamarix: impacts of a successful weed. *Rangelands Archives*, 9(3), 110-112. <http://hdl.handle.net/10150/640230>

9. Brock, J. H. (1994). Tamarix spp. (salt cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semi-arid riparian habitats of western USA. *Ecology and management of invasive riverside plants*, 4, 28-44.

10. Everitt, B. L. (1980). Ecology of saltcedar—A plea for research. *Environmental Geology*, 3(2), 77-84. <https://doi.org/10.1007/bf02473474>

11. Matyushenko, A. N., Lyubimov, V. B., & Mchalov, S. K. (1983). Sposob vyrashchivaniya tugainykh anemokhornykh derev'ev i kustarnikov. Avtorskoe svidetel'stvo SU 1021420 A1. Data registratsii: 13.02.1981. Data publikatsii: 07.06.1983. (in Russian).

12. Warren, D. K., & Turner, R. M. (1975). Saltcedar (*Tamarix chinensis*) seed production, seedling establishment, and response to inundation. *Journal of the Arizona Academy of Science*, 10(3), 135-144. <https://doi.org/10.2307/40021795>

13. Lehnhoff, E. A., Menalled, F. D., & Rew, L. J. (2011). Tamarisk (*Tamarix* spp.) establishment in its most northern range. *Invasive Plant Science and Management*, 4(1), 58-65. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-10-00036.1>

14. Qong, M. (1997). The formative process of the tamarix cones in the southern part of the Taklimakan Desert, China. *J. Arid Land Studies*, 6, 121-130.

15. Li, Z., Wu, S., Chen, S., Chen, X., Jin, J., & Liu, Q. (2010). Bio-geomorphologic features and growth process of *Tamarix nabkhas* in Hotan River Basin, Xinjiang. *Journal of Geographical Sciences*, 20(2), 205-218. <https://doi.org/10.1007/s11442-010-0205-y>

16. Manzur, I. (1997). Lisan al-'arab. Dar Ihya Turath Arabiy. Vol. 15, 409.

17. Gautier, E. F., & Chudeau, R. (1908). *Missions au Sahara. I. Sahara Algérien*. Colin.

18. Khalaf, F. I., Misak, R., & Al-Dousari, A. (1995). Sedimentological and morphological characteristics of some nabkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia. *Journal of Arid Environments*, 29(3), 267-292. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(05\)80107-7](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(05)80107-7)

19. Robinson, T. W. (1965). *Introduction, Spread and Areal Extent of Saltcedar [Tamarix] in the Western States* (no. 491). US Government Printing Office. <https://doi.org/10.3133/pp491A>

20. Blackburn, W. H., Knight, R. W., & Schuster, J. L. (1982). Saltcedar influence on sedimentation in the Brazos River. *Journal of Soil and Water Conservation*, 37(5), 298-301.

21. Zavaleta, E. (2000). Valuing ecosystem services lost to Tamarix invasion in the United States. *Invasive species in a changing world*, 261-300.

22. Fedorova, E., Krylenko, V., & Kosyan, A. (2018). Granulometric analysis of the Anapa bay-bar sediments (the Black Sea, Russia). *In Sixth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2018)*. <https://doi.org/10.1117/12.2324438>

23. Auerbach, D. A., Merritt, D. M., & Shafroth, P. B. (2013). Tamarix, hydrology, and fluvial geomorphology. *Tamarix: A case study of ecological change in the American West*, 99-122. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199898206.003.0007>

24. Kuzminsky, E., De Angelis, P., Abou Jaoudé, R., Abbruzzese, G., Terzoli, S., Angelaccio, C., ... & Valentini, R. (2014). Biodiversity of Italian *Tamarix* spp. populations: their potential as environmental and productive resources. *Rendiconti Lincei*, 25(4), 439-452.

<https://doi.org/10.1007/s12210-014-0309-x>

25. Zhu, Z., Liu, S., Wu, Z., & Di, X. (1986). Deserts in China. Inst. Desert Research, Lanzhou, 132.

26. Qong, M., Takamura, H., & Hudaberdi, M. (2002). Formation and internal structure of Tamarix cones in the Taklimakan Desert. *Journal of Arid Environments*, 50(1), 81-97. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0829>

27. Guijin, M. U. (1994). The environmental significance of vegetation cones of the Taklimakan Desert, China. *Arid Zone Research*, 11(1), 34-40.

28. Guijin, M. (1995). Types, origin and evolution of the vegetation cones of Taklimakan Desert. *Arid Zone Research*, 12, 31-37.

29. Bing, L., Wenzhi, Z., & Rong, Y. (2008). Characteristics and spatial heterogeneity of *Tamarix ramosissima* Nebkhas in desert-oasis ecotones. *Acta Ecologica Sinica*, 28(4), 1446-1455. [https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(08\)60053-0](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(08)60053-0)

Работа поступила  
в редакцию 16.10.2020 г.

Принята к публикации  
21.10.2020 г.

---

Ссылка для цитирования:

Крыленко С. В., Крыленко В. В., Крыленко М. В. О возможности использования *Tamarix* как индикатора динамики рельефа // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №11. С. 57-69. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/60/06>

Cite as (APA):

Krylenko, S., Krylenko, V., & Krylenko, M. (2020). On Possibility of Using *Tamarix* as Indicator of the Relief Dynamics. *Bulletin of Science and Practice*, 6(11), 57-69. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/60/06>