

STRATIFICATION, ZONALITY AND STEPS OF THE EARTH'S SURFACE RELIEF

G.F. UFIMTSEV

Summary

Conceptual-nomenclative system applied for description of the morphology and structure of the Earth's surface relief is implicitly based on the basic concepts of its steps, zonality, and stratification. Steps are one of the main morphologic characteristics of relief and exist at the every level of its organization. The concept of zonality helps to describe the main features of relief structure, which are manifested by altitude alternation of complexes of morphologically similar forms. Stratification of relief has mostly temporal sense and characterizes the sequences of different age landform complexes and stages of their development.

УДК 551.435.7

© 2011 г. В.П. ЧИЧАГОВ

ПРОБЛЕМЫ АРИДНОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ¹

Введение

Проблемы геоморфологии засушливых территорий в сущности те же, что и фундаментальные проблемы геоморфологии, обстоятельно проанализированные в свое время К.К. Марковым. Основу труда этого выдающегося ученого составлял анализ материалов его предшественников по геоморфологии гумидных регионов Европы [1]. Во второй половине XX в. наука обогатилась новыми материалами; оформились крупные направления: учение о морфоструктурах и морфоскульптурах И.П. Герасимова [2], морфоструктурный анализ формирования платформенных равнин Ю.А. Мещерякова [3], созданная Н.И. Маккавеевым концепция о флювиальной морфоскульптуре Земли [4]; В.Е. Хаиным [5] и И.П. Герасимовым [6] выявлены глобальные закономерности строения морфоструктур Земли. Изучалась геоморфология аридных регионов страны – Средней Азии и юга Русской равнины – и особенности рельефообразующей деятельности ветра. Накопленный материал позволил частично решить основные проблемы геоморфологии и открыл пути для развития недостаточно изученных направлений, в частности, геоморфологии аридной зоны.

Аридная геоморфология, ее смысл и содержание

Аридная геоморфология – новое, выдвинутое и развиваемое автором направление в науках о Земле [7]. Объектами ее изучения являются: рельеф и эоловое рельефообразование аридных эпох в истории Земли, геоморфология современных аридных стран, а также смежных с ними и удаленных регионов, рельеф которых формируется под воздействием или при участии процессов, характерных для аридной зоны – прежде всего сезонного опустынивания (иссушения) и эоловой деятельности [8–10]. В качестве теоретической основы направления признана триада “структура – скульптура – антропогенные преобразования”.

Непременным условием исследований в области аридной геоморфологии является комплекс подходов и методов, главный из которых – наземные полевые исследования.

Основной областью изучения аридной геоморфологии выбран субширотный афроазиатский аридный пояс, обладающий географической (умеренные широты северной

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-05-00655).

половины Восточного полушария), тектонической (Средиземноморский альпийский пояс), морфоструктурной (древние и молодые платформы), ландшафтно-климатической (пустыни и степи), геоморфологической (крупные равнины), а также историко-цивилизационной (центры главных древних цивилизаций) общностию.

Объект исследований – рельеф генетически связанных денудационных и аккумулятивных (песчаных) аридных равнин; временные рамки его формирования – конец позднего плейстоцена, голоцен и современная эпоха.

Исследования в области аридной геоморфологии направлены на познание эволюции рельефа равнинных аридных регионов и использование отдельных геоморфологических сюжетов и сценариев эволюции для прогнозирования их возможного повторения в будущем.

Термин “аридная геоморфология” был введен автором на Всесоюзном совещании по проблемам аридной геоморфологии, проведенном в Ашхабаде в октябре 1990 г. на базе Института пустынь АН Туркмении. На совещании были рассмотрены результаты и перспективы: геоморфологических исследований аридной зоны СССР и зарубежной Азии. Научные итоги этих исследований были сведены в тематическом выпуске журнала “Проблемы освоения пустынь” № 6 за 1990 г. Они свидетельствовали об актуальности и прогрессе изучения геоморфологии аридных стран Средней и Центральной Азии и открывали перспективы для оформления аридной геоморфологии в виде самостоятельного научного направления. При его разработке автор опирался на результаты своих многолетних, начиная с 1956 г., исследований в Китае, Монголии, южных регионах России, на севере Африки, Синайском п-ове, Малой Азии и Среднем Востоке.

В зарубежной научной литературе термин “аридная геоморфология” применялся для названия рубрики рефератов работ по геоморфологии засушливых стран в выпусках журнала “Progress in Physical Geography” в 1972–1992 гг.

Вехи истории аридной геоморфологии

Основные работы наших предшественников в области аридной геоморфологии были рассмотрены в работе [7]. На протяжении всей эволюции человечества аридные земли (преимущественно песчаные пустыни) и сильные ветры (на море и суше) постоянно были в поле зрения древнего человека, использовались и нередко обожествлялись им [10]. Начало изучения интересующих нас вопросов было заложено позже. Так в процессе проведения геологической съемки аридных равнин Прикаспия И.В. Мушкетов пришел к выводу о паритетной роли тектонических и денудационных факторов в создании современной поверхности [11]. К.М. Бэр в том же регионе подробно описывал сыпучие пески, заносившие населенные пункты [12]. Н.А. Соколов впервые обобщил данные о береговых песчаных дюнах Европы [13]. П.А. Тутковский создал замечательный труд об ископаемых пустынях, заложивший основы изучения холодных пустынь позднего плейстоцена [14]. Плеяда русских путешественников – исследователей Центральной Азии – от Н.М. Пржевальского до В.А. Обручева собрала уникальный материал по орографии и золотому рельефообразованию Центральной Азии [15].

В 20–30-е гг. XX в. В.Л. Комаров, Б.А. Келлер, А.Е. Ферсман, В.А. Дубянский, С.И. Коржинский, Д.И. Щербаков, В.А. Палецкий, И.Г. Боршов, И.С. Щукин и другие исследователи внесли большой вклад в изучение и освоение пустынь Средней и Центральной Азии. Геоморфология аридных регионов в головном географическом учреждении страны – Институте географии РАН – занимала ведущее место. И.П. Герасимов, Б.А. Федорович, С.Ю. Геллер, В.Н. Кунин, Э.М. Мурзаев, М.К. Граве, С.К. Горелов, Д.А. Тимофеев, автор и ряд других ученых разрабатывали широкий спектр проблем геоморфологии пустынь – от их формирования до хозяйственного использования [16]. На Географическом факультете МГУ геоморфологию Средней Азии и Прикаспия изучали И.С. Щукин, Л.Б. Аристархова, В.А. Николаев, Г.И. Рычагов и др. Из трудов перечисленных ученых автору ближе результаты, полученные исследователем пустынь Средней Азии Б.А. Федоровичем [17].

Научные основы аридной геоморфологии

Аридная геоморфология формируется, опираясь и развивая фундаментальные научные основы, заложенные упоминавшимися выше предшественниками, базируясь преимущественно на результатах, полученных в ряде направлений, главными из которых являются следующие.

1. *Учение о морфоструктурах (морфоструктурный анализ)*, предложенное, разработанное и внедренное в практику геолого-геоморфологических и географических исследований И.П. Герасимовым [2] и развитое его соратниками и учениками; в частности в изучении морфоструктур равнинных стран большой вклад был сделан Ю.А. Мещеряковым [3]. С этими выдающимися учеными XX в. автору довелось работать и обсуждать проблемы и вопросы современной геоморфологии как в стенах Института географии АН СССР, так и в полевых условиях.

2. *Глобальная тектоника плит* в ее современном формате определяет обширный круг геологических и тектонических аспектов структурной геоморфологии и морфоструктурного анализа. Среди крупных ученых, активно развивающих это направление и на протяжении многих лет разрабатывающих геоморфологические аспекты тектоники плит, выделяется В.Е. Хаин [5], с которым автору также посчастливилось сотрудничать [18]. Анализ рельефа микроплит западной части альпийского пояса показал, что только одна Синайская микроплита, ограниченная впадиной Средиземного моря и рифтовыми впадинами Акаба и Красного моря, четко выражена в современном рельефе [7, 18]. Изучение других микроплит, тем не менее, представляет интерес для понимания эволюции крупных аридных равнин и будет продолжено.

3. *Изучение аридной морфоскульптуры, эолового, флювиального и антропогенного рельефообразования аридных стран*. Лидерами этого направления автор считает известного немецкого ученого Й. Вальтера, автора труда “Законы образования пустынь в прошлом и будущем” [19] и замечательного отечественного исследователя И.В. Мушкетова [11]. Первый очертил широкий круг вопросов изучения пустынь, сформулировал представления о специфике – “парадоксах” пустынного рельефообразования, рассмотрел большинство его механизмов, наметил контуры будущего учения о пустынях. И.В. Мушкетов доказал равноценность в геологической эволюции Земли внутренних – тектонических и поверхностных – денудационных процессов, заложив, в сущности, научные основы (парадигму) современной геоморфологии – взаимодействие эндогенных и экзогенных процессов; рассмотрел роль эоловых процессов в формировании рельефа аридных равнин. Наконец, мы не можем не упомянуть результаты изучения пустынь Б.А. Федоровичем, проложившим новые пути анализа динамики песчаного рельефа под действием процессов общей циркуляции атмосферы [17].

4. *Учение В.М. Дэвиса о географическом цикле в аридном климате* [20] содержит основополагающие для аридной геоморфологии представления, прежде всего о схеме аридного цикла, отнесенного им к группе специальных циклов, а также о стадиях формирования аридного рельефа: начальной, юности, зрелости и начала старости, существенно отличающихся от стадий нормального географического цикла. Ученый рассматривал такие важные вопросы аридного рельефообразования, как происхождение перерывов в аридном цикле и его видоизменения, значение аридного цикла для обоснования теорий поднятия и опускания, особенности выхода пустынного стока за пределы аридных областей и др.

5. *Антропогенные преобразования аридных равнин* на протяжении среднего, позднего голоцена и современной эпохи. Особенную интенсивность они приобрели, начиная со времени возникновения древних цивилизаций Китая, Месопотамии и Египта, а также вблизи центров распространения древних культурных растений, изученных Н.И. Вавиловым [21].

Проблемы аридной геоморфологии

Уникальность совпадения в основных чертах Афро-Азиатского аридного пояса со Средиземноморским альпийским поясом и широтной зоной развития древних цивилизаций открывает возможность изучения и сопоставления структурных, скульптурных и антропогенных черт и закономерностей формирования равнинного рельефа.

Проблема происхождения морфоструктуры аридных равнин. Афро-Азиатский аридный пояс расположен в зоне умеренных широт северной части Восточного полушария, характеризуется многообразием пустынных, полупустынных и степных равнин платформенного и эпиплатформенного происхождения. Как отмечено выше, на всем протяжении в пространственном и эволюционном отношении он связан со Средиземноморским альпийским поясом, протянувшимся от побережья Атлантического океана до Индонезии на расстояние около 16 тыс. км при ширине 500–1500 км, – этой главной трансконтинентальной геотектурой Восточного полушария, сформированной в геоморфологический этап развития Земли [2, 5, 18]. В плане альпийский пояс имеет общую субширотную ориентировку, по простиранию делится на несколько ветвей, состоящих, по В.Е. Хаину, из четко видных сменяющих друг друга складчатых горных сооружений, разделенных межгорными прогибами и впадинами [5], в число которых входят глубоководные впадины Средиземного, Черного, Каспийского морей и мелководная Аральского моря. Процессы их формирования отразились в развитии морфоструктуры смежных аридных равнин, а деградация Аральского моря привела к расширению песчаной пустыни [7]. Аридные равнины пояса по-разному связаны и взаимодействуют с альпийским орогеном: одни включены в его состав, другие занимают периферические части, третьи удалены от него. В пределах северной ветви орогенного пояса формируются аридные равнины Пиренейского полуострова, Рифско-Атласского региона, Сицилии, Апеннинского и Пелопонесского п-овов, Малой Азии, Восточного Кавказа, Копетдага и Центрального Афганистана, Синцзяна и Монголии; в пределах южной – аридные и экстрааридные равнины Сахары, Синайского п-ова, Ближнего и Среднего Востока и севера Индостана. К северу от Средиземноморского альпийского пояса развиваются аридные равнины юга Восточно-Европейской платформы (на Скифской и Туранской плитах и в Прикаспийской впадине), Средней Азии и Казахстана, юга Западно-Сибирской равнины, Центральной и Восточной Азии. У большинства аридных равнин предшественниками были холодные пустыни позднего плейстоцена (20–18 тыс. л.н.), но современные равнины аридных стран практически всюду молодые – не древнее голоцена. Морфология и пространственная структура аридных равнин Афро-Азиатского пояса предопределены системой тектонических структур, а их контуры – зонами глубинных разломов ВСВ, ССЗ и меридионального простираний [5]. Но морфоструктуры крупных равнин, в целом вписываясь в “раму” тектонических нарушений, существенно видоизменяют исходные, предопределившие их тектонические структуры. Наиболее крупные аридные равнины приурочены к окраинам платформ (Северо-Африканская, Русская), плитам (Аравийская, Скифская, Туранская) и микроплитам (серия микроплит Атласского поднятия, Синайская и др). Границы сегментов альпийского пояса контролируются поперечными линеamentами – длительно живущими зонами глубинных разломов, которые в современном рельефе выражены частично или не выражены вовсе. Представляют интерес широтные простирания структур, фрагментарно проявляющиеся в разных сегментах. Например, в западной части альпийского пояса впадины Средиземного и Черного морей имеют широтное простирание. Несмотря на сложный, несимметричный – колеччатый рисунок альпийского пояса, широтное простирание его структур транслируется вдоль него на значительном протяжении, оканчиваясь в хр. Яньшань Восточного Китая. Заложение широтной ориентировки структур было предопределено исходным широтным положением границ Пангеи “А” и Пангеи “В” в ранней и поздней перми [22]. Несмотря на значительные перемещения литосферных плит в мезозое и кайнозое, в процессе эволюции тектоники плит это направление продолжало проявляться и сохранилось в новейшее время в формировании ряда крупных линейных поднятий, например, Тянь-Шаня [23].

Анализ рельефа крупных равнинных морфоструктур пояса позволяет установить характерные черты тектоники и морфоструктур аридных регионов и выделить *аридную тектонику и аридные морфоструктуры*. Типичными представителями первой являются крупные тектонические впадины Северной Африки и Азии с днищами, опущенными ниже уровня моря (алжиро-туниские шотты, Мертвое море, Карагие, Турфан и др.) и районы грязевого вулканизма (Таманский п-ов, Восточный Кавказ, Южно-Каспийская впадина и др.).

Аридная тектоника во взаимодействии с аридным рельефообразованием приводит к формированию аридных морфоструктур. Последние могут быть подразделены на две группы. К наиболее крупным морфоструктурам относятся впадины с обширными динамичными озерами (Чад) и внутренними морями (Арал), горные поднятия аридной зоны с увенчанными ледниками вершинами, крупные вулканы центрального типа на платформах (Килиманджаро, Эрджияс и др.) и внутриконтинентальные вулканические плато (Дариганга), цепи отдельных островных массивов в пределах отдельной горной страны (Загрос).

Аридные горы альпийского пояса и в тьянь-шаньской широтной зоне продолжают формироваться в наше время. На экстрааридной платформенной равнине Заалтайской Гоби автору удалось наблюдать результаты процесса современного орогенеза, происходящего при расширении на восток крайнего восточного фланга поднятия Тянь-Шаня, сопровождающегося испариванием платформенного чехла плоской равнины, возникновением первичных локальных антиклинальных поднятий и их дальнейшей трансформацией в цепь высоких, крупных блоковых массивов Атас-Богдо-Ула, Цаган-Богдо, Сэврей-Ула и соседних с ними [24].

Участки равнин, смежных с воздымающимися аридными горами, вовлекаются в поднятие, и одновременно с этим формируются подгорные педименты, “съедающие” горы на заключительном этапе их развития.

Во вторую группу входят локальные аридные морфоструктуры: островные аридные холмы, гряды, горы и массивы, мелкосопочник, котловины типа плайя, котловины временных озер с такырами. Морфологические особенности многих элементов аридных морфоструктур становятся ярче в результате обработки ветром и ветро-песчаными потоками: например, раскрытие трещин гранитных массивов, моделировка крутосклонных ложбин, иногда каньонов, заложенных вдоль крупных активных разломов, обнажение и расчленение фронтальных частей надвигов и многое другое. В триаде “структура – скульптура – антропогенные преобразования” тектонический фактор является определяющим на высшем уровне организации: в пространственном распределении равнин, их орографии, высотном положении, в основных особенностях эндогеодинамики – сейсмотектоники, в образовании зон повышенной трещиноватости и др.

В *проблеме поверхностей выравнивания аридных стран* главное – выявление роли пенеппленов и педиппленов (педиментов) в рельефе. При изучении денудационных равнин Афро-Азиатского пояса не выявлено регионально развитых, выраженных в современном рельефе пенеппленов. Рельеф высоких водораздельных каменистых равнин не несет полезной генетической информации. Отдельные плиоценовые равнины с редкими низкими холмами внешне сходны с фрагментами пенепплена, но холмы окружены, как бы “насажены” на короткие скальные пьедесталы типа педиментов. Полученные материалы позволяют судить о педиментах, как о наиболее активно развивающихся формах рельефа, а создающие их процессы параллельного отступания склонов считать главной формой аридной денудации. При сближении отступающих противоположных склонов педиментированное поднятие снижается до островной горы или скального останца, но созданная при этом денудационная равнина остается скальной, а мощности рыхлых отложений субаллювиальных бенчей – небольшими (свойственными педиментам), т.е. формируется педипплен, а не пенепплен. Скорости формирования аридных педиментов могут быть весьма значительными, а проникновение педиментов по фронту отступающих склонов – сплошным. В этом автор солидарен с выводом Г.Ф. Уфимцева об агрессии педиментов по узким трещинам в пределы гранитных массивов Каркарولينска (Казахстан) [25].

Масштабы отступления склонов при формировании аридных педиментов весьма значительны, о чем можно судить по наблюдениям, сделанным в разных регионах пояса. Например, в Иранском нагорье наблюдается значительное, чтобы не сказать наибольшее разнообразие педиментов, которые на десятки километров внедрились в окружающие нагорье горные сооружения, создав обширные педиплены [26].

Проблема формирования эоловой морфоскульптуры в настоящее время может быть сведена к двум наиболее актуальным направлениям – изучению эоловых аккумулятивных и дефляционных равнин. Эоловый песчаный рельеф подробно анализировался нашими предшественниками. Б.А. Федорович выделил 45 типов эоловых песчаных форм [17], позже к весьма близким результатам пришли американские исследователи при изучении рельефа песчаных морей Земли по материалам космического зондирования, полученным экспедициями НАСА [27]. Обширная, постоянно обновляющаяся информация о современных пустынях, содержащаяся в Интернете, позволяет судить о еще большем морфологическом разнообразии песчаного эолового рельефа. Морфология эоловых форм изучена, но механизмы их образования во многом не выяснены. И многие аспекты формирования эолового песчаного рельефа нуждаются в дальнейшем изучении. Например, актуален ответ на вопрос: какова должна быть продолжительность ветров одного направления для формирования эолового рельефа при данных крупности песчаных зерен и сухости поверхности перевеваемых песков? По А.Н. Сажину, около (порядка?) 30% от направлений ветров за год [28]. Не ставя под сомнение полученные данные, уместен вопрос: всегда ли достаточно $\frac{1}{3}$ годовых ветров для образования или перемещения каждой из песчаных форм?

Дефляционные равнины, происхождение их исходного, “немого” в информационном отношении рельефа, эволюция и механизмы их выравнивания – сложный, слабо изученный объект. Результаты наших работ в пределах дефляционной Восточно-Монгольской равнины показали, что ее исходным рельефом была песчаная цокольная равнина. На протяжении позднего плейстоцена сильные ветры длительно и активно перевевали песчаные отложения и, по-видимому, к концу позднего плейстоцена полностью удалили их с поверхности равнины, обнажив ее скальный цоколь, и “упаковали” часть песчаных отложений в долине древней реки пра-Молтог. Процесс осадконакопления в ней шел неравномерно, этапы интенсивной дефляции чередовались с этапами ее затухания и образования почв. Нами с О.А. Чичаговой были изучены сохранившиеся в толще песков палеопочвы и определен их радиоуглеродный возраст. Выяснилось, что в среднем голоцене – 6–5 тыс. л.н. – на аллювии формировались мощные лугово-черноземовидные почвы, климат был влажным, р. пра-Молтог характеризовалась значительной водностью и в ее пойме были озера. Позже активизировалась дефляция, проявлявшаяся во времени неравномерно. Этапы ее затухания были зафиксированы прослоями маломощных светло-каштановых почв, созданных 3 и 2 тыс. л.н. [29]. Таким образом, удалось восстановить основные этапы эволюции “немой” в информационном отношении аридной равнины.

Проблема упорядоченности в строении аридного равнинного рельефа тесно связана с предыдущей проблемой и представляет теоретический и практический интерес в плане выявления типов и закономерностей пространственного распределения аридных форм рельефа и коррелятивных им отложений, как результата взаимодействия денудационных и аккумулятивных процессов. Нами введены и развиваются представления об эоловых морфодинамических системах разных рангов (разной сложности), начиная с элементарной пары – котловины выдувания и смежной с ней песчаной дюны – и кончая парой “континент – океан” [8, 30]. Главным и наиболее сложным вопросом проблемы представляется выявление характера связи между областями развевания и аккумуляции, так как только в элементарной паре этот переход резкий – по линии контура окончания котловины выдувания. По мере укрупнения и усложнения денудационной и аккумулятивной частей эоловой системы рельеф переходной зоны значительно усложняется и контуры системы становятся все менее четкими. Возникает кажущаяся парадоксальной ситуация: в эоловой системе “континент – океан” грани-

цы площади ветровой денудации становятся неясными, а область эоловой аккумуляции в Тихом океане, как показали результаты глубоководного бурения, обобщенные А.П. Лисицыным, оконтуривается достаточно четко [31]. Дальнейшие исследования континентальных эоловых морфодинамических систем представляются в целом перспективными, они могут помочь выяснить ряд важных вопросов: характер геоморфологических границ, структура рельефа денудационной и аккумулятивной частей и др. Первоочередной задачей в этом направлении является специализированное геоморфологическое картографирование эоловых систем.

Проблема антропогенных преобразований в целом не разработана, несмотря на получение отдельных результатов, разрозненных тематически, территориально и во времени [7–10]. Удалось подтвердить известные представления наших предшественников о значительной, порой определяющей роли антропогенной деятельности в образовании агрессивных песчаных массивов. Выяснилось, что большинство песчаных пустынь Афро-Азиатского пояса в современном виде оформилось сравнительно недавно – после климатического оптимума среднего голоцена. Наиболее крупные песчаные моря разрастались в разных направлениях и с разными последствиями для человека. Крупные песчаные пустыни Центральной Азии – Такла-Макан и Ордос, по данным китайских исследователей, продолжали последовательно расширяться в историческую эпоху, заставляя население переносить древние города к югу, ближе к предгорьям и в их пределы [32].

В Северной Африке наоборот, пески Большого Восточного Эрга наступали с юга, они засыпали развитую древнюю античную инфраструктуру (города, населенные пункты, дороги, ирригационные системы, водные бассейны, крупные массивы масличных и фруктовых деревьев, пашен и проч.) и были остановлены алжиро-туниССскими шотами. Самой устойчивой зоной древнего заселения и наибольших антропогенных изменений были подгорные денудационные (педименты) и пролювиальные равнины [8, 33, 34]. Геоморфологические последствия антропогенных преобразований разнообразны. Они включают пастбищную, дорожную дигрессию, ирригационную денудацию (термин предложен А. Арнагельдыевым), линейные нарушения линиями трубопроводов разного назначения, связи и др. Выяснились значительные масштабы военных разрушений.

Результаты антропогенных преобразований аридных равнин весьма значительны и могут приводить к природно-антропогенным катастрофам как в целых областях, так и в локальных песчаных массивах. Рассмотрим две из них. В последние годы в Юго-Восточном Забайкалье, в Приаргунье началась природно-антропогенная катастрофа, вызванная уменьшением стока р. Аргунь в связи с отбором вод в ее верхнем течении на нужды промышленности КНР. В результате в обширном трансграничном заповеднике “Даурия” (смежные районы России, северо-востока Монголии и придалайнорских равнин Китая) сложились неблагоприятные природные условия. При усилении общего климатического опустынивания в российской части заповедника полностью высохли два крупных озера – Зун- и Барун-Тореи. Одновременно отбор части воды из р. Хайлар (название верхнего течения Аргуни на территории Китая) на промышленные нужды китайской провинции Хулунчи явился причиной интенсивного обсыхания проток р. Аргуни, где уничтожаются заливные луга и места гнездования редких птиц. Кроме того, происходит дополнительное иссушение аридных равнин Приаргунья, что в районах сельскохозяйственного освоения, например, на равнине высокой третьей песчаной террасы р. Онон, может активизировать развевание песчаных отложений, занос пашен и населенных пунктов. Судя по распространению реликтового эолового песчаного рельефа и наличию серии погребенных в песках почв [35], здесь происходило несколько всплесков активизации эоловых процессов, последняя из которых была в позднем плейстоцене. В отличие от современной – природно-антропогенной – она имела природный характер.

Результаты наших исследований в смежных частях Восточно-Монгольской равнины позволяют судить о возможном дополнительном иссушении водораздельных равнин

левобережья р. Халхин-Гол, являющихся регулятором обводнения и уменьшении стока этой реки. Последнее может быть чревато непредсказуемыми негативными последствиями для придалайнорских равнин. Дело в том, что оз. Далай-Нор до 1906 г. питалось только водами монгольской р. Керулен и имело сравнительно небольшие размеры. В современных границах оз. Далай-Нор существует с 1906 г., когда в него начался приток вод Халхин-Гола через оз. Буйр-Нуур и протоку Оршон-Гол. На монгольской стороне проектируется канал, по которому часть воды Керулена будет направлена в пределы расположенной южнее сухой степной равнины. Если воды Халхин-Гола и Керулена перестанут поступать в оз. Далай-Нор, то большая часть р. Хайлар будет направлена в него, и тогда равнины Приаргунья обсохнут; в регионе активизируются процессы опустынивания и на аккумулятивных равнинах усилятся опасные эоловые процессы.

Если природно-антропогенные катастрофы, типа описанной выше в Приаргунье, развиваются медленно, то в песчаных пустынях они могут протекать поразительно быстро. В 2010 г. Е.А. Таланов познакомил автора с районом локальной катастрофы в песках Жаманкум (юг песчаной равнинной пустыни Муюнкум в Казахстане). Здесь 28.01.1988 г. сошел мощный песчаный сель, сопровождавшийся созданием в песчаной равнине глубокого (до 70–80 м) каньона и унесший человеческие жизни [36, 37]. Селевый поток сформировался при прорыве озера – накопителя сточных вод в песках Жаманкум [36]. Озеро в песках Жаманкум отделял от р. Каскелен массив среднеплейстоценовых эоловых песков протяженностью около 6 км. Выброшенные из каньона селевым потоком песчаные массы мощностью 7–10 м пересекли долину равнинного Каскелена, сорвали мост с автомашиной (пассажиры погибли) и образовали распластанный конус выноса площадью до 5.5 км² и объемом в 14.8 млн. м³. Отсюда сель продолжал движение вниз по долине Каскелена, где отложил около 33 млн. м³ песков, и вынес в Капчагайское водохранилище около 4 млн. м³ песчаной массы. В дельте Каскелена в водохранилище мощность песчаных осадков варьирует в пределах 0.5 м. Постепенно влажные песчаные отложения заполнили каньон, образовавшийся в песках после прохождения селя. В современном рельефе не осталось даже его следов. Значение рассмотренного примера велико для учета возможных природно-антропогенных катастроф этого рода в песчаных пустынях и песчаных массивах полупустынной и степной зон.

В древности в песчаных пустынях происходили катастрофические события, наиболее крупное из которых относится к 523 г. до н. э., когда в восточной части Ливийской пустыни бесследно пропала 50-тысячная армия персидского полководца Камбиза. Сравнительно недавно были обнаружены предметы, по предположению ученых, принадлежавшие ей, но причины гибели огромного войска, имеющего большой опыт проведения военных операций в пустынях, так и не установлены. Вдумайтесь: 50 тысяч закаленных воинов и опытных военачальников погибли в песчаной пустыне за короткое время! Погибли и не были найдены более двух с половиной тысяч лет... Может быть какое-то непредвиденное, катастрофически быстрое перемещение песков типа песчаного селя накрыло их?

Проблема изучения эоловой скульптуры планет земной группы ныне представляется более значительной, чем ранее. Сбор и анализ материалов по строению эолового рельефа родственных Земле планет – Марса и Венеры – поможет изучению эолового процесса в “чистом”, свободном от флювиальных процессов виде и типичных форм эолового рельефа, таких, как гигантские ярданги, наиболее высокие дюны, дюнные поля большой площади и др. Эти данные могут помочь решению вопросов эолового рельефообразования.

Помимо рассмотренных научных проблем нуждаются в решении вопросы организационного, поискового характера и среди них информационные – потеря и поиск полезной информации, сбор материалов, полученных учеными и исследователями многих других наук; анализ картографических и литературных, исторических и военно-историографических источников разных веков и эпох с датированными (хотелось бы надеяться, с точностью до года) данными о состоянии природы, о рельефе и событиях на древних аридных равнинах. Приведем один пример. После фундаменталь-

ных обобщений Э.М. Мурзаева материалов географического изучения Монголии [38] и Н.А. Маринова о геологической изученности этой страны [39] трудно было ожидать появления новых данных о ранних исследователях Центральной Азии. Но в 2010 г. М.А. Глазовская опубликовала письма своего учителя Б.Б. Польшова, из которых впервые стал известен его маршрут по Центральной Монголии. В них содержится интересные данные об антропогенном происхождении песчаных массивов и подгорных педиментах, которые он называл “педмонтами” [40].

Заключение

Актуальность изучения аридной геоморфологии в теоретическом и практическом отношениях, а также ее региональных аспектов, например, применительно к Афро-Азиатскому аридному поясу и для территории России несомненна. Эоловые процессы и разрушительные события, характерные для экстремальных зарубежных территорий, при сочетании неблагоприятных климатических условий и массивованного антропогенного пресса, могут проявиться в пределах степных регионов, в частности, на испытывающих опустынивание равнинах 26 субъектов Российской Федерации. Долгосрочный прогноз изменения климата в условиях глобального потепления предполагает увеличение среднегодовых осадков для аридных равнин юга Европейской части России за счет роста доли зимних осадков [41]. Это может улучшить влагозарядку почв пахотных земель, помочь их использованию под озимые зерновые культуры и принесет пользу сельскому хозяйству, но большая часть земель в засушливые летние месяцы останется в неблагоприятных условиях и при увеличении пастбищных нагрузок может снова подвергнуться опустыниванию.

О перспективах развития аридной геоморфологии. Прежде всего, необходимо более активное взаимодействие с почвоведомы, в частности, в решении проблем опустынивания, которым была посвящена монография В.А. Ковды [42]. Приведенная в ней картосхема аридности, вероятности засух и вторичного засоления в определенной мере отражает современное состояние аридной морфоскульптуры и должна быть использована в дальнейших исследованиях. Не менее результативным представляется продолжение сотрудничества с геоботаниками, преемниками Е.А. Лавренко, в изучении истории и закономерностей формирования степей Евразии [43, 44].

Значительную роль в решении проблем формирования засушливых равнин должен играть комплекс современных методов – от исследований морфологии песчаных зерен до изучения глобальных изменений природной среды, отражающихся в изменении процессов и объектов аридной геоморфологии. Необходимо оптимальное сочетание полевых, дистанционных и камеральных методов и работ.

Приобретает актуальность отслеживание глобальных климатических изменений для прогнозирования экстремальных процессов. Одним из следствий общего глобального потепления являются резкие, порой катастрофические эоловые события 2009 г., например, необычайно сильная пыльная буря на юго-востоке Австралии и грандиозные флювиальные катастрофы в пустынях, например, невиданной силы наводнения на Синайском п-ове.

Наконец, большое внимание необходимо уделить геоморфологическим последствиям нерационального использования сельскохозяйственных земель аридной зоны, что может помочь предотвратить разрушительные последствия ветровой деятельности, подобные случившимся после освоения целинных и залежных земель в СССР. Следует ограничить зоны линейных антропогенных нарушений дорожными сетями, трубопроводами и проч., а также сократить площади засушливых земель, нарушаемых в военных целях, например, при учениях. Австралийский опыт оценки убытков и их материальной компенсации за последствия военной деструкции мог бы быть использован как в России, так и во всем СНГ.

Выше были рассмотрены результаты многолетних работ автора и перспективы дальнейших исследований в области аридной геоморфологии. При этом преследова-

лась цель применить результаты изучения аридных равнин зарубежных регионов к решению вопросов оптимизации природной среды и современного опустынивания засушливых регионов России. Большую опасность могут представлять последствия осуществления крупных проектов, например, создания рукотворных морей в алжиротунисских шотгах (Северная Африка) и, возможно, в Калмыкии. Следует запретить продолжение военных действий в пустынях Ближнего и Среднего Востока, природные последствия которых весьма значительны, а затраты – колоссальны. По данным ЮНЕП производство вооружений поглощает более 10% общих затрат человечеством на производство сырья и энергии! Один день войны в Кувейте в 1991 г. стоил 1.5 млрд. долл. На пять дней военных расходов в мире в настоящее время затрачивается 11.5 млрд. долл. На эти средства можно проводить мероприятия по борьбе с опустыниванием в течение целого года [45].

Таким образом, в широкий круг изучаемых аридной геоморфологией вопросов наряду с научными и прикладными вопросами входят нетрадиционные для наук о Земле, но весьма важные в практическом отношении сюжеты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков К.К. Основные проблемы геоморфологии. М.: Географгиз, 1959. 344 с.
2. Герасимов И.П. Структурные черты земной поверхности в пределах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 100 с.
3. Меццераков Ю.А. Структурная геоморфология равнинных стран. М.: Наука, 1965. 390 с.
4. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 346 с.
5. Хаин В.Е. Мегарельеф Земли и тектоника литосферных плит // Геоморфология. 1989. № 3. С. 3–14.
6. Герасимов И.П. Архитектура Земли (геотектуры) в свете теории глобальной тектоники плит // Геоморфология. 1976. № 2. С. 3–14.
7. Чичагов В.П. Аридная геоморфология. Антропогенные платформенные равнины. М.: Науч. мир, 2010. 520 с.
8. Чичагов В.П. Аридные равнины северо-запада Африки. М.: Ин-т географии РАН, 2008. 172 с.
9. Чичагов В.П. История сезонно-засушливых равнин Юго-Восточной Азии. М.: Ин-т географии РАН, 2009. 152 с.
10. Чичагов В.П. Эоловый рельеф Восточной Монголии. М.: Ин-т географии РАН, 1996. 274 с.
11. Мушкетов И.В. Физическая геология. СПб.: 1884. 302 с.
12. Бэр К.М. Дневники (Волжская часть пути) // Научное наследие. Естественнаучная серия. М.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. 1. С. 88–136.
13. Соколов Н.А. Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. СПб.: 1884. 288 с.
14. Тутковский П.А. Ископаемые пустыни Северного полушария. СПб.: 1910. 188 с.
15. Чичагов В.П. Ураган 1980 года в Восточной Монголии и особенности эолового рельефообразования в Центральной и Восточной Азии. М.: Ин-т географии РАН, 1996. 207 с.
16. Институт географии и его люди. М.: Наука, 2008. 677 с.
17. Федорович Б.А. Закономерности формирования пустынь. М.: Наука, 1982. 238 с.
18. Хаин В.Е., Чичагов В.П. Глобальная геоморфология и тектоника плит // Многоликая география. М.: КМК, 2005. С. 14–36.
19. Вальтер Й. Законы образования пустынь в прошлом и настоящем. СПб.: 1910. 189 с.
20. Дэвис В.М. Географический цикл в аридном климате // Геоморфологические очерки. М.: Изд-во Иностран. лит., 1962. С. 38–56.
21. Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений. Пг.: 1926. 248 с.
22. Muttoni G., Girardini N., Guiran R. et al. Early Permian Pangea B to Late Permian Pangea A // Earth and Planetary Science Letters. 2003. V. 215. P. 379–394.
23. Хаин В.Е., Яблонская Н.А. Структурный рисунок Альпийско-Гималайского и Центрально-Азиатского поясов как отражение верхнекоровых упруго-пластичных деформаций // Докл. РАН. Сер. 6. Геология. 1997. Т. 353. № 5. С. 655–658.
24. Чичагов В.П. Морфоструктура Гобийского Тянь-Шаня // Землеведение. 1982. Т. 14. С. 130–143.
25. Уфимцев Г.Ф. Байкальская тетрадь. М.: Науч. мир, 2009. 238 с.

26. *Чичагов В.П.* Аридные подгорные равнины и их организованность // Геоморфологические системы: свойства, иерархия, организованность. М.: Медиа-ИРЕСС, 2010. С. 31–47.
27. A study of global sand seas. Geol. Survey Prof. Paper. 1052. NASA. 1970. US Government Office. Washington. 429 p.
28. *Сажин А.Н., Кулик К.Н., Васильев Ю.И.* Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: Перемена, 2010. 306 с.
29. *Чичагов В.П., Чичагова О.А.* Радиоуглеродная хронология палеопочв эоловых отложений Восточной Монголии в голоцене // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1987. С. 61–67.
30. *Чичагов В.П.* Устойчивость и изменчивость семиаридных эоловых систем // Развитие рельефа и его устойчивость. М.: Наука, 1993. С. 97–125.
31. *Лисицын А.П.* Седиментогенез в Мировом океане. М.: Наука, 1997. 487 с.
32. *Mainquet M.* Desertification Natural Background and Human Mismanagement. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1991. 306 p.
33. *Алибеков Л.А.* Взаимодействие горных и равнинных ландшафтов (на примере Средней Азии). Ташкент: ФАН, 1994. 183 с.
34. *Чичагов В.П.* Аридные равнины Малой Азии // География и природные ресурсы. 2010. № 1. С. 157–164.
35. *Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф.* Пески и песчаные почвы. М.: ГЕОС, 1999. 252 с.
36. *Хайдаров А.Х., Шевырталов Е.П.* Селевые явления в песках Жаманкум 28–29 января 1988 г. // Селевые потоки. 1989. № 11. С. 49–59.
37. *Таланов Е.А.* Региональная оценка эколого-экономического риска от водной эрозии и селей. Алматы: КазНУ, 2007. 351 с.
38. *Мурзаев Э.М.* Географические исследования Монгольской Народной Республики. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 234 с.
39. *Маринов Н.А.* Геологические исследования Монгольской Народной Республики. М.: Недра, 1967. 843 с.
40. *Глазовская М.А., Польшов Б.Б.* Докучаевская школа. Автобиографические рассказы Б.Б. Польшова // Природа. 2010. № 8. С. 64–73.
41. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008. Т. 1. 227 с.; Т. 2. 288 с.
42. *Ковда В.А.* Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов Мира. М.: Наука, 2008. 415 с.
43. *Лавренко Е.М.* Степи евразийской степной области, их география, динамика и история // Вопр. ботаники. 1954. Т. 1. 312 с.
44. *Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И.* Степи Евразии. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1984. 202 с.
45. *Чичагов В.П.* Война и пустыня. М.: ИГРАН, 2007. 103 с.

Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию
07.12.2010

PROBLEMS OF ARID GEOMORPHOLOGY

V.P. CHICHAGOV

Summary

Arid geomorphology – a scientific direction proposed and developed by the author. The region of investigation in this field – sublatitudinal Afro-Asian arid belt, which has geographical (temperate zone of the north-eastern quarter sphere), tectonic (Mediterranean Alpine belt), morphostructural (platforms, young platforms, microplates), landscape-climatic (deserts, semideserts, steppes), geomorphologic (large plains), and historic-civilization (centers of the main ancient civilizations) unity.

Arid plain relief is the subject of investigation; the end of the Late Pleistocene, Holocene, and contemporaneity constitute its time limits. The objectives of arid geomorphology are learning the eolian geomorphic systems – the relief of adjacent deflation and accumulation plains developing in unity, reconstruction of relief evolution in the arid plain regions, and using certain geomorphologic situations and scenarios of evolution for forecasting their possible recurrence in the future.