

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 551.5

ЗАСУХИ И ОПУСТЫНИВАНИЕ В СУББОРЕАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ РОССИИ

© 2013 г. А.Н. Золотокрылин*

Институт географии РАН

Поступила в редакцию 20.04.2013 г.

Выявлены закономерности развития засух и опустынивания в суббореальных ландшафтах России в условиях глобального потепления. Показано, что декада 1931–1940 гг. отличалась от последующих почти ежегодными сильными и обширными засухами и минимальным средним увлажнением территории. Позднее проявилась тенденция повышения увлажнения, повлиявшая, в частности, на развитие опустынивания засушливых земель в конце XX в. В этих условиях роль засух как элемента аридизации климата была ослаблена. Представлен “авторский взгляд” на проблему климатической обусловленности проявления засух и опустынивания.

Введение. Засухи и опустынивание – природные бедствия, наносящие огромный ущерб населению и хозяйству. Засуху можно считать результатом взаимодействия между природными процессами, вызывающими дефицит влаги вследствие климатической изменчивости разных временных масштабов, и потребностью воды для систем жизнеобеспечения. Засухи могут наблюдаться в природных зонах как с высоким, так и с низким уровнем осадков. На территориях с низким уровнем осадков и высокой испаряемостью (засушливые земли, *drylands*) длительные засухи становятся одним из факторов их аридизации – комплекса процессов в приповерхностных слоях, ведущего к иссушению климата и к последующей деградации земель. Таким образом, аридизация представляет собой естественный обратимый процесс расширения пустынных условий вблизи существующих пустынь и является начальной стадией опустынивания. Иногда аридизацию отождествляют с климатической составляющей опустынивания [9]. Другая составляющая опустынивания – антропогенная – обусловлена деградацией засушливых земель в результате деятельности человека. В этом случае возрастает чувствительность антропогенно деградированных земель к

засухам. Если эти составляющие действуют одновременно, последствия опустынивания становятся катастрофическими. Борьба с опустыниванием эффективна там, где возможно устранение основных причин, вызывающих антропогенную деградацию земель.

Ниже представлен авторский взгляд на проблему комплексного изучения засух и опустынивания на примере суббореальных ландшафтов равнин России. Он сформировался в результате выполнения многолетних работ по нескольким проектам Программ фундаментальных исследований отделения наук о Земле РАН. Основное внимание уделено вопросу выявления тенденции климатического изменения увлажнения территории (отношение годового количества осадков к годовой испаряемости) с середины 1930-х годов, на фоне которой происходили засухи и развивалось опустынивание на Европейской территории России (ЕТР). Дополнительно рассматривается характер изменения увлажнения, распространения засух и опустынивания в период интенсификации современного глобального потепления.

Методические вопросы изучения засухи. Засуха – комплексное природное явление с сильнейшими региональными аномалиями температуры и влажности (осадков, влагосодержания почвы) [2]. В общих чертах засуха означает временное понижение влажности окружающей среды по отношению к ее среднему состоянию. Ввиду сложной природы засухи обычно ограничиваются из-

* *Редколлегия.* Автору статьи, известному ученому, специалисту в области климатологии аридных территорий, доктору географических наук, профессору Александру Николаевичу Золотокрылину в 2013 году исполняется 75 лет. Редакция журнала желает ему долгих лет творческой жизни, здоровья и успехов. Ждем его новых публикаций.

учением одной из ее сторон, проявляющейся или в атмосфере, или в почве.

Существующие определения засухи содержат в той или иной степени неопределенности. Сходные универсальные ее определения проблематичны, так как засухи наблюдаются в разных природных зонах, в разных средах (атмосфера, почва), в разные периоды времени, в странах с разным уровнем антропогенной трансформации природной среды и развития сельского хозяйства.

Обширные засухи ассоциируются с крупномасштабными продолжительными стационарными антициклонами. В начале 1980-х годов была разработана концепция атмосферных блокирующих образований (блокингов), объясняющая корреляцию явлений блокирования и засух в средних широтах, в частности в зерновом поясе России [27]. Согласно концепции, адекватное изучение генезиса засух невозможно без понимания условий формирования и эволюции атмосферных блокингов. Проблема не может считаться решенной, хотя наметился прогресс по климатологии блокирующих антициклонов [46, 28].

Подходы к идентификации засухи развивались от *простых* индексов, рассматривающих феномен как следствие недостатка осадков и дефицита почвенной влаги, к *сложным* показателям, учитывающим составляющие водного баланса, влагоперенос в почве и в итоге количественно оценивающим влажность и ее отклонения от нормы. В России в качестве индексов засух чаще всего используются индикаторы увлажнения [5, 21, 33]. Например, в системе агрометеорологического мониторинга засух в России применяются гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) и запасы продуктивной влаги в пахотном и метровом слое почвы [29]. В последнее десятилетие наряду с абсолютным значением ГТК оценивается его аномалия, нормированная на среднеквадратическое отклонение [13]. Сохраняет свое значение подход к мониторингу условий увлажнения (в частности, засух), основанном на анализе аномалий месячных значений температуры воздуха и осадков и оценке площади их распространения [23, 24]. Часто в мониторинге засух обращаются к индексу Педея [31].

Эти индексы обладают заметным недостатком, так как с их помощью начало и конец засухи можно определить только с точностью до месяца (декады). Но они полезны в оценке повторяемости, интенсивности и площади распространения засух. Список перечисленных выше индексов дополняется опасной атмосферной засухой [2]. Доступность глобальных данных индекса суро-

вости засухи Палмера (Palmer Drought Severity Index, PDSI) с разрешением $2.5 \times 2.5^\circ$ [49] открыла возможность его использования в России [17, 41]. Другие известные индексы, как, например, стандартизованный индекс осадков (Standardized Precipitation Index, SPI) [47] и индекс SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) [53], пока не анализировались в России.

Важен вопрос сравнимости между собой различных индексов засух. Между средними областными индексами Педея и ГТК коэффициент корреляции достаточно высокий ($r = -0.92$) [24]. В то же время индекс Педея теснее связан с аномалиями областной урожайности, чем ГТК. В работе [43] наибольшая теснота связи установлена между рядами индекса нормированной аномалии ГТК и индексом Палмера (коэффициенты корреляции 0.81 для слабой, 0.83 умеренной и 0.76 сильной засухи). Годы с атмосферными засухами, выявленными с мая по август в период 1936–2010 гг. на основе анализа значений нормированной аномалии ГТК и индекса Педея, согласуются уже хуже (коэффициенты корреляции 0.69 для слабой, 0.76 – для умеренной и 0.77 – сильной засухи). Наименьшее соответствие за аналогичный период обнаружено между значениями индекса Педея и индексом Палмера (коэффициенты корреляции: 0.57 для слабой, 0.70 умеренной и 0.62 для сильной засухи).

Со второй половины 1980-х годов в мировую практику мониторинга засух стали внедряться индексы, построенные на основе спутниковой информации. В настоящее время число спутниковых индексов засухи, построенных на комбинации измеряемых параметров поверхности земли, приближается к 100 [41]. Отметим только недавно разработанный применительно к изучению экстремумов увлажнения засушливых земель спутниковый индекс климатических экстремумов (Satellite Climatic Extremes Index, SCEI) [19]. Он вычисляется как алгебраическая сумма нормированных на среднеквадратическое отклонение аномалий альбедо, температуры поверхности, вегетационного индекса (NDVI) и влажности почвы (SWI, Soil Water Index). Отрицательное значение SCEI определяет засуху (Drought, D), а положительное – переувлажнение (Moisture, M). Верификация SCEI проводится по данным альбедо, температуры поверхности, NDVI спектральной камеры MODIS (the MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer), спутников Terra (Aqua) и влажности почвы по данным SWI из архива Технологического университета Вены. Данные MODIS накапливаются с 2000 г. При отсутствии данных о влажности почвы SCEI вычисляется

только по MODIS-данным. Дополнительно применяется показатель MD, представляющий собой разность площадей с положительными (М) и отрицательными (D) значениями SCEI.

Наблюдаемые климатические изменения увлажнения, индексов засух. Климатические изменения индексов засух полезно сопоставить с меняющимся увлажнением территории в годовом и сезонном масштабах. Увеличение годового увлажнения преобладающей части зернового пояса России было зафиксировано в результате анализа оценок значимых положительных линейных трендов за период с середины 1970-х годов до начала XXI в. [29]. Повышение увлажнения не охватило только северо-западную часть зернового пояса (нечерноземные и часть центрально-черноземных районов ЕТР), где в последние десятилетия доминировал отрицательный тренд увлажнения. Независимое сопоставление среднесуточного увлажнения территории России в период 1976–2005 гг. по отношению к периоду 1946–1975 гг. в работе [38] также подтверждает приведенную выше картину изменения увлажнения.

Территориальные особенности увеличения увлажнения за более длительный период были выявлены в работе [12, 16, 44, 45]. Авторы, дополнив период исследования данными с 1936 г., пришли к выводу, что увлажнение суббореальных ландшафтов в среднем медленно повышалось с 1936 г. до начала 1990-х годов, то есть на протяжении более 50 лет. Расчеты коэффициента увлажнения по данным нескольких длиннорядных станций свидетельствуют о минимальных значениях увлажнения в декаду 1930–1940-х гг. в течение всего XX в. Это подтверждается экстремальным многолетним маловодьем в бассейне Волги [7]. Например, в лесостепи и степи Поволжья средний коэффициент годового увлажнения возрос с 0.7 до 1.0, то есть от слабозасушливого к оптимальному значению. Затем в северо-западной части суббореальных ландшафтов возникли признаки смены положительной тенденции на отрицательную. Эти признаки (снижение годовых осадков, рост повторяемости засух, волны тепла, падение вегетационного индекса) со сдвигом 5–10 лет смещалась по направлению к востоку (восточная часть Центрального Черноземья, Поволжье, Заволжье, Предуралье). В конце первой декады XXI в. признаки смены тенденции еще не наблюдались в Западной Сибири и Алтайском крае. Таким образом, зафиксированный минимум увлажнения территории в 1930-е годы можно условно считать началом фазы гумидизации кли-

мата суббореальных ландшафтов, продолжавшейся в некоторых районах до начала XXI в.

Повышение увлажнения происходило на фоне увеличения общего количества осадков в Европе и роста интенсивности экстремальных осадков за последние 60 лет с изменением их структуры [8]. Также было отмечено общее повышение фазы водности рек почти во все сезоны за последние 30 лет [29, 32]. Увеличение увлажнения нашло отражение в росте климатообусловленной урожайности [30] и в восстановлении естественной степной растительности [26, 35].

Правомерен вопрос о характере повышения увлажнения как флуктуационном или как устойчивом процессе, обусловленном изменением регионального гидрологического цикла в связи с глобальным потеплением? Вероятнее всего, это флуктуация, так как в последнее десятилетие все чаще появляются признаки (засухи 2010 и 2012 гг.) затухания фазы нарастания увлажнения.

В этой связи представляет интерес оценка пространственно-временных особенностей формирования засух в суббореальных ландшафтах в условиях слабой гумидизации климата. Отмеченная выше неопределенность индексов засух, отсутствие универсальных индексов не позволяют однозначно заключить о характере изменения повторяемости, площади, интенсивности, продолжительности засух, даже при добавлении к используемым в практике Росгидромета индексам зарубежных и других индексов [17, 43, 50].

Все индексы отражают только наибольшую повторяемость засух, их максимальное распространение и повышенную способность к группированию в течение 4–5 лет в декаду 1931–1940 гг. Как правило, это были сильные засухи продолжительностью не менее двух месяцев и с охватом трех и более зерносеющих районов [37]. Гумидизация территории не способствовала сокращению засух. В итоге по четыре сильные обширные засухи отмечались в 1951–1960 и 1991–2000 гг., а в остальных четырех декадах – по две-три засухи. Даже в декаду повышенного увлажнения 1991–2000 гг. число сильных и обширных засух не сократилось.

Результаты численных экспериментов на климатических моделях показывают, что глобальное потепление должно сопровождаться изменением гидрологического цикла на суше умеренных широт, выражающимся в увеличении интенсивности осадков, числа экстремумов, засух и т.д. [28, 46], поэтому актуально изучение распространения засух в период интенсификации современного

глобального потепления, начало которого большинством исследователей датируется 1981 г.

В этом случае ориентиром изменения числа засух может служить линейный тренд числа блокингов в мае–августе в Европейско-Азиатском секторе Северного полушария (20–140° в.д.), мониторинг которых ведется с 1948 г. [25]. По данным мониторинга, линейный тренд числа блоков за период 1948–2010 гг. достоверно отрицательный, хотя количество блоков возрастало в 1950–1960 и 1979–1986 годы. Принимая этот результат во внимание, мало вероятно ожидать рост числа засух в период интенсивного глобального потепления.

Анализ площадей очень сильных (экстремальных) засух по индексам Педея, нормированной аномалии ГТК, Палмера в целом на Европейской территории России указывает, что их средняя площадь возросла в период 1981–2010 гг. по отношению к периоду 1951–1980 гг. только по данным индексов Педея и Палмера [17]. Неопределенность сохраняется и в результате анализа повторяемости экстремальных засух. Например, рост повторяемости засух в 1981–2010 гг. по сравнению с 1950–1980 гг. не подтверждается индексом Педея и индексом нормированная аномалия ГТК. Напротив, индекс Палмера фиксирует рост повторяемости экстремальных засух [17].

Результаты анализа числа дней с опасной атмосферной засухой в июле 1989–2008 гг. по сравнению с периодом 1950–1980 гг. не уменьшают неопределенность в вопросе предполагаемого повышения повторяемости засух в период интенсивного глобального потепления [50].

Таким образом, несмотря на существующие неопределенности оценок засух, можно заключить, что в период 1981–2010 гг., по сравнению с периодом 1951–1980 гг., повторяемость засух возросла в большей степени в северной части зернового пояса (Центральном, Волго-Вятском). Она почти не изменилась в Центрально-Черноземном, Поволжском, Уральском и Западно-Сибирском районах. Повторяемость засух сократилась на юго-западе зернового пояса (Северо-Кавказский район). Глобальное потепление не привело к общему увеличению повторяемости засух, а только к изменению их интенсивности и охвату территории.

Наметившаяся отрицательная тенденция годового увлажнения суббореальных ландшафтов в первой декаде XXI в. может иметь последствием расширение площадей засух, увеличения их интенсивности, повторяемости и продолжительности.

Аналогом в этом случае может служить краткосрочное глобальное потепление 1930-х годов.

Опустынивание засушливых земель. С глобальным потеплением связана постановка новых вопросов уязвимости засушливых земель (субгумидных, семиаридных и аридных) к воздействию изменений климата и, возможно, их вкладу в смягчение последствий. В этом контексте важно учитывать адаптационный потенциал засушливых земель и их способность к восстановлению в условиях меняющегося климата. В начале XXI в. стала проявляться ограниченность парадигмы опустынивания засушливых земель как их деградации в результате действия разных факторов, включая вариации климата и деятельность человека [51]. Неполнота деградационной парадигмы отмечалась, например, в работах [9, 10, 11, 15], в которых показана динамичность климатической составляющей опустынивания и способность к быстрому восстановлению растительности в условиях изменений климата. Ограниченность деградационной парадигмы была подчеркнута в работе “Климат и опустынивание: взгляд на старую проблему через новые очки” [52]. Почти одновременно с предыдущей работой была опубликована контр-парадигма развития засушливых земель (Drylands Development Paradigm, DDP) [48]. В ней основное внимание исследователей переключается с деградации на способность к быстрому восстановлению или эластичности (resilience) засушливых экосистем при определенных условиях.

Принимая во внимание все сказанное выше, опустынивание в контексте изменений климата можно рассматривать как результат взаимодействия аридизации и антропогенной деградации засушливых земель. Аридизация регулируется преимущественно региональными изменениями климата. В то же время циклическая природа аридизации в значительной степени влияют на интенсивность локальных процессов антропогенной деградации земель и на способность к восстановлению засушливых экосистем. В итоге динамика опустынивания обусловлена взаимодействием разномасштабных циклических процессов аридизации (региональных) и антропогенной деградации земель (преимущественно локальных). В фазу ослабления аридизации возрастает вероятность восстановления растительного покрова.

Опустынивание – это специфический случай затрагиваемых аридизацией деградированных земель, определяемых как засушливые. По рекомендации Конвенции по борьбе с опустыниванием ООН (Конвенция) засушливые земли

выделяются по отношению среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации (испаряемости), меняющемуся в диапазоне от 0.05 до 0.65 (UNCCD, 1993). При этом годовая испаряемость вычислялась по методу Торнтвейта (Thornthwaite, 1948). Таким образом, определение опустынивания в Конвенции четко обозначает территорию борьбы с ним – засушливые земли.

В России к районам, затрагиваемым опустыниванием, часто относят деградированные территории, лежащие севернее изолинии коэффициента увлажнения 0.65 [36]. В результате площадь затрагиваемых опустыниванием районов преувеличена в основном за счет неоправданного включения деградированных субгумидных и отчасти гумидных земель на юго-востоке Европейской территории России. На это обстоятельство обратили внимание исследователи [3, 4], когда анализировали российские субрегиональные национальные программы по борьбе с опустыниванием (НПДБО). Они справедливо отметили несостоятельность включения в зону опустынивания деградированных сельскохозяйственных земель в относительно благоприятных для земледелия районах.

Однако точка зрения на расширение засушливых земель за пределы изолинии 0.65 имеет своих сторонников в России [20]. Они предлагают отказаться от термина “опустынивание” в трактовке Конвенции по борьбе с опустыниванием при принятии внутренних политических и законодательных решений в Российской Федерации, полностью заменив его термином “деградация земель”. При этом рассматривать термин “деградация земель” более широко, во всем спектре деградационных явлений природного и антропогенного характера, включая социально-экономические и природные системы [20].

Динамика аридизации засушливых земель Европейской территории России. Территория исследования охватывает сухостепную Кумо-Манычскую впадину (45-47.5 N, 40-46 E), а также полупустынный и пустынный Северо-Западный Прикаспий (45-51 N, 45-51 E). Рассмотрены осредненные по территориям коэффициенты годового увлажнения (КУТ) и увлажнения сезона активной вегетации (ГТК), рассчитанные по данным 11 метеостанций. Межгодовые изменения годового увлажнения и сезона вегетации однотипны, что указывает на значимость вклада увлажнения сезона вегетации в годовое увлажнение. Также в большинстве случаев совпадают годы экстремумов увлажнения на сравниваемых территориях. Периоды значимого для раститель-

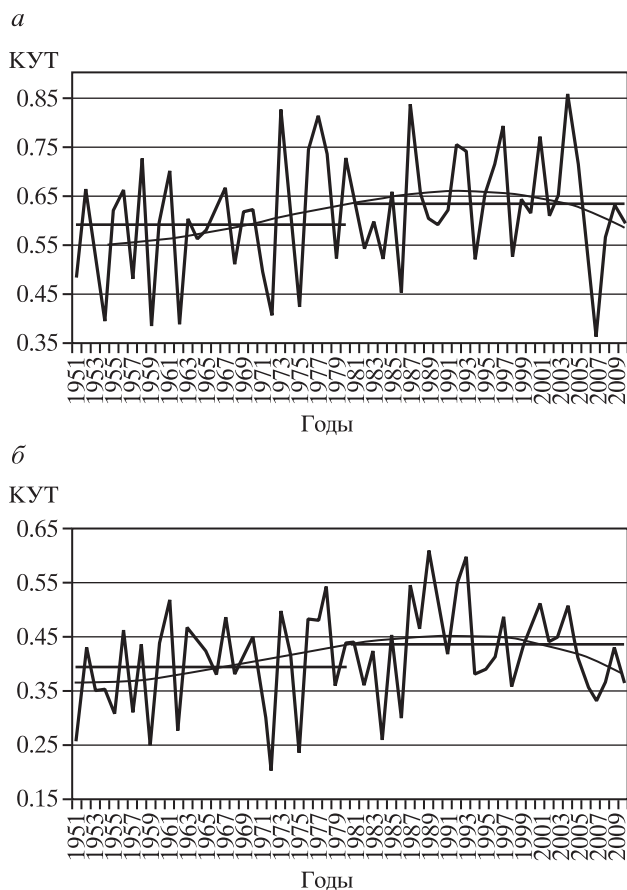


Рис. 1. Изменение годового увлажнения территории (КУТ) в период 1951–2010 гг.:

а) Кумо-Манычская впадина, б) Северо-Западный Прикаспий. Толстые линии: средние значения КУТ в периоды 1951–1980 и 1981–2010 гг. Тонкая линия: тренд 3-го порядка

ности повышения увлажнения наблюдались в Кумо-Манычской впадине в 1974–2006 гг., а в Северо-Западном Прикаспии – в 1987–2006 гг. Они тракуются как фазы ослабления аридизации и увереннее выделяются по годовому увлажнению, чем по сезонному (рис. 1). Продолжительность этих фаз оказалась достаточной для запуска процесса восстановления растительного покрова.

Изменение годового увлажнения в обоих рассмотренных районах было синхронным до 1987 г. Наиболее резкий качественный скачок в сторону увеличения годового увлажнения Северо-Западного Прикаспия произошел в период 1983–1989 гг. Затем увлажнение территории Северо-Западного Прикаспия, достигнув наибольших значений в 1989–1995 гг., стало медленно понижаться. Увлажнение территории Кумо-Манычской впадины повышалось дольше (до 2005 г.) и только после этого пошло на спад.

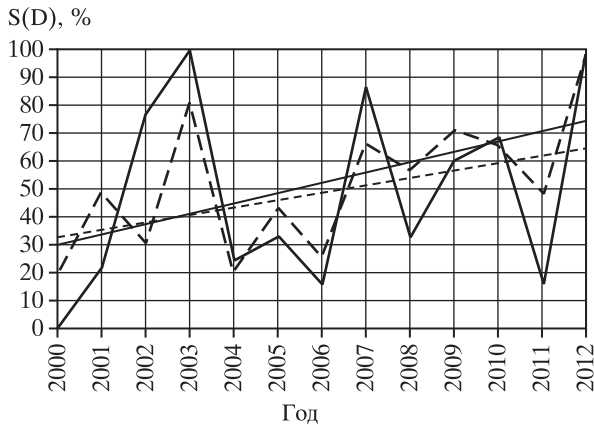


Рис. 2. Межгодовой ход площади (%) охвата территории засухой, диагностированной по индексу D (отрицательное значение спутникового индекса климатических экстремумов, SCEI) в период 9–25 мая 2000–2012 гг. Сплошная линия – площадь на территории 45–47.5 с.ш., 40–46 в.д., покрывающей Кумо-Манычскую впадину, и прерывистой линией 44–51 с.ш., 44–51 в.д. – Северо-Западный Прикаспий

Наибольшее увлажнение в сезон активной вегетации в период 1951–2010 гг. наблюдалось на территории рассмотренных районов в различные временные интервалы: на территории Кумо-Манычской впадины – в 1973–1978 гг., а в Северо-Западном Прикаспии – в 1989–2003 гг.

Существуют две точки зрения, объясняющие ослабление аридизации на исследуемой территории, 1) это следствие глобального потепления [6] или 2) очередная флуктуация регионального климата [11]. Выраженная цикличность аридизации служит доводом в пользу скорее второй точки зрения, чем первой.

Межгодовая динамика засух в Кумо-Манычской впадине и Северо-Западном Прикаспии как фактора аридизации рассмотрена по расчетам индекса вегетационных условий (VCI) и SCEI. По данным VCI, в периоды 1982–1986 и 2000–2006 гг. доминировали кратковременные засухи в мае, а в остальные месяцы вегетационного сезона – средние и длительные засухи. В более влажный период 1987–1999 гг. наблюдались в основном кратковременные засухи в мае–июле и средние по продолжительности засухи в августе–сентябре [14].

Межгодовое изменение распространения засух (площади) оценено по индексу D (отрицательное значение SCEI) за период июль–сентябрь 2000–2012 гг. [19]. В качестве примера на рис. 2 изображен межгодовой ход индекса D в период 9–25 мая. Каждый год майские засухи охватывали более 20% территории Северо-Западного Прикаспия. В Кумо-Манычской впадине повторяемость ох-

вата засухой территории более 20% меньше в 3 раза. Обширные засухи (60% и более) отмечались на обеих территориях в 2003, 2007, 2010 и 2012 гг. Засуха с охватом всей территории отмечалась дважды в Кумо-Манычской впадине и один раз в Северо-Западном Прикаспии. Слабая тенденция нарастания площади засух прослеживается на обеих территориях.

На заданных территориях площадь с положительными экстремумами увлажнения M в начале периода в среднем превышала площадь с отрицательными D. Перелом в изменении соотношения между площадями экстремумов произошел в 2006 г., что можно рассматривать в качестве признака нового усиления аридизации климата. Насколько устойчив этот перелом в сторону аридизации, оценить в данный момент не представляется возможным.

Современные климатические модели дают два разных сценария антропогенного потепления для исследуемой территории к середине XXI в.: гумидный и аридный [28]. Наметившийся перелом в увеличении площади отрицательных экстремумов увлажнения (засух) по сравнению с положительными можно рассматривать лишь только как довод в пользу сценария аридизации климата засушливых земель.

Принимая во внимание тенденции межгодового хода увлажнения и засух, важно рассмотреть изменение антропогенной составляющей опустынивания засушливых земель Европейской территории России. Основная их часть представлена природными пастбищами, состояние которых характеризует процессы их опустынивания. Площадь, занимаемая природными пастбищами, составляет 70–85% территории, а населенные пункты, пашня и другие виды угодий вкраплены в общий фон.

Несмотря на ослабление аридизации климата в конце XX – начале XXI в., деградация природных пастбищ в результате чрезмерных антропогенных нагрузок в некоторых районах продолжалась [39]. Она вызвала негативные изменения состава их растительности, деградацию и снижение продуктивности. Это на отдельных территориях привело к полной потере кормовой ценности, эрозии почв, другим негативным изменениям окружающей среды. В то же время в районах регулируемого выпаса при снижении, а в ряде случаев и в отсутствие выпаса скота на фоне увеличения влажности климата наблюдалось полное восстановление коренной растительности [42]. Важно отметить, что восстановление зональной растительности прикаспийских пустынь с характерным для них

доминированием полынных (*Artemisia lerhiana*) за 20 лет охранного режима в заповеднике Черные земли не происходит [40]. В результате на месте лерхополынных пустынь наблюдается распространение злаковых (“остепнение”) и эфемеровых сообществ. Растительность Северо-Западного Прикаспия в последние 20 лет претерпела существенные изменения, выражающиеся в увеличении доли степных видов (злаков) и в сокращении площадей, занятых полынноками.

Наряду с известными отечественными методическими подходами к оценке степени деградации пастбищ [1, 22, 34, 39] об изменении антропогенной составляющей опустынивания засушливых земель косвенно можно судить по вариации годового поголовья скота (рис. 3). С 1990 г. в Республике Калмыкия и Астраханской области оно уменьшалось медленнее, чем считалось ранее. Основной минимум поголовья был не в начале 1990-х годов, а в самом конце XX в. Это обстоятельство еще раз подчеркивает первичную роль климатической флуктуации в ослаблении опустынивания и восстановления растительного покрова в эти годы. Общая картина изменения поголовья скота остается неизменной также в случае учета крупного рогатого скота и лошадей.

Обращают на себя внимание заметный рост поголовья в первое десятилетие XXI в. и начало слабого его снижения в Калмыкии с 2007 г. В последние три года наблюдалась стабилизация поголовья в Астраханской области. Намечившееся ослабление антропогенной нагрузки на землю имеет противоположный знак по отношению, хотя и слабый, тенденции усиления аридизации, что, возможно, будет сдерживать развитие опустынивания. Синергетический эффект обострения опустынивания в ближайшие годы можно ожидать в случае нового роста выпасаемого поголовья и продолжающегося усиления аридизации.

Для изучения динамики очагов опустынивания (аридизации) предложен подход, апробированный на примере засушливых земель Северо-Западного Прикаспия [18]. По данным MODIS (альбедо и температура поверхности) за период 2000–2009 гг. выделены очаги опустынивания природного и антропогенного происхождения, где аридизация усилена обратной связью “альбедо-осадки”. Сравнение площади очагов опустынивания в 2005–2009 и 2000–2004 гг. выявило разнонаправленные изменения: Черноземельский очаг антропогенного происхождения сократился, а в Астраханской области и Западном Казахстане очаги расширились и произошло их слияние.

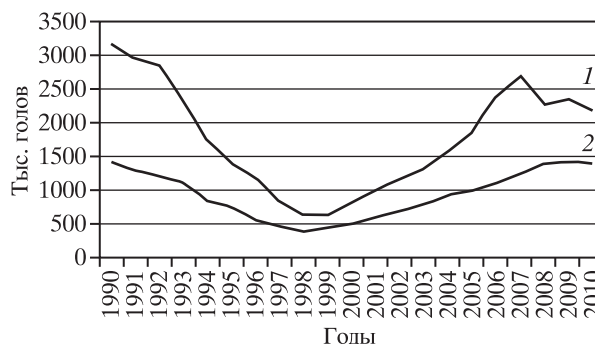


Рис. 3. Изменение годового поголовья овец и коз в Республике Калмыкия (1) и Астраханской области (2) в период 1990–2010 гг.

Таким образом, опустынивание засушливых земель Европейской территории России поддерживается в основном антропогенной нагрузкой на экосистемы. Региональная флуктуация влажности климата в конце 1980-х и до начала XXI в. вызвала восстановление растительности даже в условиях сильной антропогенной нагрузки. Также на интенсивность восстановления повлияло временное снижение перевыпаса в конце XX в. Антропогенный очаг опустынивания в районе Черных земель резко сократился, в то время как произошло расширение очагов опустынивания преимущественно на границе с Казахстаном.

Заключение. Сильные и обширные засухи почти ежегодно наблюдались в суббореальных ландшафтах России в 1930-е годы. В эти же годы среднее годовое увлажнение территории было минимальным. Но в последующие декады проявилась тенденция повышения увлажнения, сохранившаяся на большей части территории почти до начала XXI в. Хотя сильные и обширные засухи охватывали территорию реже, чем в 1930-е годы, их повторяемость возрастала в отдельные декады. При этом повторяемость засух все же не превышала повторяемости в декаду 1931–1940 гг. Период интенсификации современного глобального потепления характеризуется не увеличением повторяемости засух, а увеличением их интенсивности и охвата территории.

Засухи сильнее влияли на опустынивание засушливых земель в декады с низким уровнем увлажнения, чем в более влажные декады в конце XX – начале XXI в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Б.В., Кулик К.Н., Сорокин А.Д., Федотов П.Б. Изодинамическое картографирование

- и долговременный мониторинг опустынивания и деградации земель с применением нелинейных методов моделирования // Почвоведение. 1999. № 4. С. 494–504.
2. Гидрометеорологические опасности / Под ред. Голицына Г.С. и Васильева А.А. М.: Изд. фирма КРУК, 2001. 296 с.
3. Гунин П.Д., Панкова Е.И. О роли российских ученых в становлении концепции опустынивания аридных и семиаридных экосистем // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей Виктора Абрамовича Ковды / Отв. ред. Глазовский Н.Ф. М.: Изд. КМК, 2004. С. 226–238.
4. Гунин П.Д., Микляева И. Современные процессы деградации и опустынивания экосистем восточно-азиатского сектора степей и лесостепей // Современные глобальные изменения природной среды. Т. I. М.: Научный мир, 2006. С. 389–412.
5. Дроздов О.А. Засухи и изменение увлажнения. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 93 с.
6. Еланский Н.Ф. Спасет ли Калмыкию потепление климата? // Сб. научно-популярных статей. Российская наука: Мечта светла. М.: Октопус, Природа, 2006. С. 276–284.
7. Зайцева И.С. Маловодные годы в бассейне Волги: природные и антропогенные факторы. М.: 1990. 184 с.
8. Золина О.Г. Изменение длительности синоптических дождевых периодов в Европе с 1950 по 2008 годы и их связь с экстремальными осадками. Доклады РАН. 2011. Т. 436. № 5. С. 690–695.
9. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. 246 с.
10. Золотокрылин А.Н. Климат и опустынивание // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 2. С. 27–35.
11. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. Соотношение между климатическим и антропогенным факторами восстановления растительного покрова юго-востока Европейской России // Аридные экосистемы. 2007. Т. 13. № 33–34. С. 7–16.
12. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. Изменения индикаторов соотношения тепла и влаги, биопродуктивности в зональных равнинных ландшафтах России во второй половине XX в. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. № 3. С. 19–28.
13. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Черенкова Е.А. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. XXI. 2007. С. 160–181.
14. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. Исследование засух на юго-востоке европейской России в конце XX – начале XXI века по спутниковым данным // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2010. Т. XXIII. С. 128–137.
15. Золотокрылин А.Н. Программы борьбы с опустыниванием/деградацией и засухами: пути реализации // Рациональное природопользование: международные программы, российский и зарубежный опыт. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 104–118.
16. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. Динамика зон увлажнения суббореальных ландшафтов России в XX–XXI вв. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2011. № 4. С. 33–41.
17. Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. Экстремальные засухи на Европейской территории России в период 1936–2010 гг. // Проблемы региональной экологии. 2012. № 5. С. 41–46.
18. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. Новый подход к мониторингу очагов опустынивания // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 3(48). С. 14–22.
19. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. Спутниковый индекс климатических экстремумов засушливых земель // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 4(53). С. 5–12.
20. Куст Г.С. Еще раз об использовании и трактовке термина “опустынивание” в России // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 4. С. 5–13.
21. Логинов В.Ф., Неушкин А.И., Рочева Э.В. Засухи, их возможные причины и предпосылки предсказания. Обнинск, 1976. 71 с.
22. Методические указания по дистанционному эколого-экономическому мониторингу аридных пастбищ на основе ГИС-технологий / Автор. коллектив: акад. РАСХН. Кулик К.Н., д.с.-х.н. Рулев А.С., к.т.н. Юферев В.Г, к.с.-х.н. Бакурова К.Б. и др. М.: Россельхозакадемия, 2009. 37 с.
23. Мещерская А.В., Блажевич В.Г. Каталоги площадей комплекса осадки-температура для основных сельскохозяйственных районов юга ЕТС, Северного Казахстана и Западной Сибири // Метеорология и гидрология. 1977. № 9. С. 76–84.
24. Мещерская А.В., Мирвис В.М., Голод М.П. Засуха 2010 г. на фоне многолетнего изменения засушливости в основных зерносеющих районах Европейской части России // Труды ГГО. 2011. Вып. 563. С. 94–122.
25. Неушкин А.И., Сидоренков Н.С., Санина А.Т., Иванова Т.Б., Бережная Т.В., Панкратенко М.В., Макарова М.Е. Мониторинг общей циркуляции атмосферы. Северное полушарие. Обнинск: ФГБУ НИГМИ-МЦД, 2012. 123 с.
26. Новикова Н.М., Волкова Н.А., Уланова С.С., Шаповалова И.Б., Вышивкин А.А. Ответные реакции экосистем на изменение водного режима территорий в степной зоне // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 3(48). С. 38–48.
27. Обухов А.М., Курганский М.В., Татарская М.С. Динамические условия возникновения засух и других

- крупномасштабных погодных аномалий // Метеорология и гидрология. 1984. № 10. С. 5–13.
28. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008 а. 227 с.
 29. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008 б. 227 с.
 30. Павлова В.Н., Сиротенко О.Д. Наблюдаемые изменения климата и динамика продуктивности сельского хозяйства России // Тр. ГГО. Вып. 565. СПб.: 2012. С. 132–151.
 31. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения // Тр. Гидрометцентра СССР. Вып. 156. 1975. С. 19–39.
 32. Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Многолетние изменения гидрометеорологических условий на территории Волжского бассейна // Тр. XI съезда РГО. 2000. Т. 5. С. 102–104.
 33. Раунер Ю.Л. Климат и урожайность зерновых культур. М.: Наука, 1981. 163 с.
 34. Рулев А.С., Юферева В.Г., Юферева М.В. Картографо-аэрокосмический мониторинг аридных агроландшафтов // Вестник Института. ИКИАТ. 2011. № 1(22). С. 57–62.
 35. Сажин А.Н., Петров С.А., Погосян Н.В., Васильев Ю.И., Волошенкова Т.В., Козина О.В., Монилов С.Н. Связь внутривековых изменений увлажнения со сменой циркуляционных эпох и ее отражение в природных процессах Атлантико-Европейского сектора Евразии // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. №1. С. 26–34.
 36. Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) для юго-востока Европейской части Российской Федерации. Волгоград, 1999. 313 с.
 37. Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В. Агрометеорологические особенности засухи 2010 года в России по сравнению с засухами прошлых лет // Труды Гидрометцентра России. Вып. 345. 2011. С. 171–188.
 38. Титкина С.Н., Гершишкова Д.А., Семенов С.М. Климатические изменения увлажнения на территории России и соседних стран в конце XX века – начале XXI века // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2011. Т. XXIV. С. 393–400.
 39. Трофимов И.А. Методологические основы аэрокосмического картографирования и мониторинга природных кормовых угодий. М.: Россельхозакадемия, 2001. 74 с.
 40. Федорова Н.Л. Ботаническое разнообразие прикаспийских пустынь в пределах региона Черных земель // Вестник ин-та. ИКИАТ. 2011. № 1 (22). С. 108–116.
 41. Хлебникова Е.И., Павлова Т.В., Сперанская Н.А. Засухи // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Рук. колл. мон. Семенов С.М. М.: Росгидромет, 2012. С. 126–164.
 42. Чемидов Т.А. Трансформация пастбищных экосистем в условиях снижения антропогенной нагрузки // Вестн. ин-та. ИКИАТ. 2009. № 1. С. 104–107.
 43. Черенкова Е.А. Анализ особенностей обширных атмосферных засух на юге европейской России // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 4 (53). С. 13–21.
 44. Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. Реакция границ зон увлажнения равнин России на изменения климата // Метеорология и гидрология. 2010. № 12. С. 17–25.
 45. Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. Модельные оценки динамики увлажнения равнин России к середине XXI века // Метеорология и гидрология. 2012. № 11. С. 29–37.
 46. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Margius M., Averyt K.B., Tignor M., and Miller H.L., Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge Univ. Press, 2007. 996 p.
 47. Heim Jr.R.R. A review of twentieth-century drought indices used in the United States, Bull. Amer. Meteorol. Soc. 2002. V. 83. P. 1149–1165.
 48. Mortimore M., Anderson S., Cotula L., Davies J. et al. Dryland Opportunities: A new paradigm for people, ecosystems and development, IUCN, Gland, Switzerland, 2009; IED, London, UK and UNDP/DDC, Nairobi, Kenya. 86 p.
 49. Palmer W.C. Meteorological Droughts, US Department of Commerce Weather Bureau Research Paper, 1965. 45. 58 p.
 50. Shmakina A.B., Popova V.V., Zolotokrylin A.N., Cherenkova E.A., Titkova T.B. Droughts in North Eurasia and Climate Warming: Regional Changes and Consequences, The northern river basin: land use change and environmental change of the Amur river basin. 2013 (in press).
 51. UNCCD, United Nations Convention on Combating Desertification. United Nations Convention to Combat Desertification. Bonn, 1993. Germany.
 52. Verstraete M.M., Scoles R.J., Smith M.S. Climate and desertification: looking at an old problem through new lenses // Front Ecol Environ. 2009. № 7(8). P. 421–428.
 53. Vicente-Serrano S.M., Beguerla S., López-Moreno J.I. A Multiscalar Drought Index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index // J. Climate. 2010. V. 23. P. 1696–1718.

Droughts and desertification in sub-boreal landscapes of Russia

A.N. Zolotokrylin

Institute of Geography RAS

The regularities of droughts and desertification dynamics in sub-boreal landscapes of Russia in the context of global warming are presented. Period of 1931–1940 was remarkable for almost yearly strong and vast droughts and minimal average humidification. Subsequently trend on humidification growth became apparent. This trend affects, specifically, arid lands desertification in the late 20th century. Under such conditions, the role of droughts, as part of climate aridization, decreased. The author's opinion on the issue of climate-driven dynamics of drought and desertification is presented.