

## Введение

Программа ООН по окружающей среде (United Nations, 1992) и Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием (CCD, 1994) определяют "опустынивание" как деградацию земель в засушливых, полусушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, в том числе изменения климата и деятельности человека. Термин "земля" в данном определении означает биопродуктивную систему, включающую в себя почву, воду, растительность, прочую биомассу, а также экологические и гидрологические процессы, происходящие внутри системы. "Деградация земель", согласно (CCD, 1994), – это снижение или потеря биологической и экономической продуктивности богарных и орошаемых пахотных земель или пастбищ в результате землепользования.

Обращает на себя внимание неполное соответствие этого термина тому содержанию, которое заключено в самом понятии "опустынивание". Оно состоит в том, что термин не распространяется на подверженные природному опустыниванию засушливые районы, остающиеся вне зоны интенсивного землепользования. Кроме того, он не указывает на возможность обратимости опустынивания при ослаблении антропогенной нагрузки на землю.

Засушливые земли классифицируются в соответствии с географическим распределением индекса влажности (Ж), который вычисляется как отношение годовой суммы осадков к годовой потенциальной эвапотранспирации. В "Мировом атласе опустынивания" (UNEP, 1992) годовая потенциальная эвапотранспирация определена по методу Торнтвейта (Thornthwaite, 1948). Значения ИМ в диапазонах 0,05–0,20, 0,20–0,50, 0,50–0,65 характеризуют соответственно аридные, семиаридные и сухие субгумидные земли. Гипераридные земли с ИМ < 0,05 исключены из классификации ввиду того, что, не являясь биопродуктивными, не подпадают под определение опустынивания.

Современное опустынивание развивается в последние десятилетия в условиях глобального потепления (Climate Change, 2001), характеризующегося повышением среднегодовой приземной температуры воздуха на суше, особенно в засушливых внутриконтинентальных регионах. Одновременно вне засушливых регионов суши отмечается слабая тенденция к увеличению количества осадков. Значимое снижение годовых осадков наблюдается в засушливых тропиках Северной Африки, что создает там климатические предпосылки для аридизации прилегающих к пустыням земель. Так как опустынивание сильно зависит от доступности воды, вопрос: находятся ли региональные ветви водного цикла в засушливых районах под воздействием глобального потепления – приобретает особую актуальность.

Как известно, характер засушливости изменчив в пространстве и во времени даже при стабильном климате, частые засухи прерываются изредка сильными дождями. Засухи поддерживают аридизацию земель, которую можно рассматривать как начальную стадию опустынивания. Многолетние группировки влажных лет создают предпосылки для восстановления растительного покрова на слабодegradированных землях. С этой точки зрения термин "деградация", относящийся к наиболее динамичной характеристике засушливых земель – продуктивности растительного покрова, должен предполагать

обратимость процесса.

Во второй половине XX века значительно возросла антропогенная нагрузка на землю. Она достигла критического уровня в засушливых районах Африки (например, в Сахельской зоне), Евразии и Австралии. Антропогенная деградация этих земель многими исследователями трактуется как необратимый процесс, по крайней мере в масштабе жизни одного поколения, и рассматривается в качестве основного фактора опустынивания. В этой связи слабо освещенным остается вопрос о возможном влиянии антропогенной деградации засушливых земель на обратные связи в климатической системе, поддерживающие или ослабляющие опустынивание.

В данной работе опустынивание представлено как результат взаимодействия двух составляющих: **аридизации и антропогенной деградации засушливых земель**. Изучение соотношения и взаимодействия этих составляющих – один из ключевых вопросов опустынивания. Ориентиром при его решении может служить дифференциация засушливых земель по степени проявления аридизации ("климатическое опустынивание").

Термин "климатическое опустынивание" ("desertification climatique") был предложен в 1940-х годах XX в. французским исследователем А. Обревилем (Aubreville, 1949) – одновременно с термином "опустынивание" – для обозначения климатического фактора опустынивания саванн по отношению к антропогенному. Ввиду того, что понятие "климатическое опустынивание" включает процессы, происходящие в компонентах природной среды в разных временных масштабах (от десятилетий до тысячелетий), его определение необходимо конкретизировать в зависимости от рассматриваемого периода времени. С другой стороны, в определении немаловажным является указание на степень антропогенной деградации земель, от которой зависит ее обратное влияние на климатическое опустынивание.

В предлагаемой работе климатическое опустынивание в масштабе нескольких десятилетий, по мере усиления антропогенного воздействия, характеризуется: (1) обратимой утратой части растительного покрова и (2) деградацией части растительного покрова, обладающего низкой способностью к восстановлению. В определении, с одной стороны, подчеркивается важная природная особенность климатического опустынивания – обратимость процесса; с другой стороны, учитывается хрупкость равновесия в системе засушливые земли–атмосфера, которое может быть нарушено деятельностью человека.

В настоящей работе обобщены результаты многолетних научных исследований теплового баланса и характеристик подстилающей поверхности, а также результаты диагноза климата, спутниковых наблюдений за характеристиками поверхности, выполненных как лично автором, так и под его руководством в лаборатории климатологии Института географии РАН (ИГРАН). Исследования охватывают засушливые земли в умеренных широтах Евразии (Россия, Казахстан, Туркменистан, Узбекистан, Монголия) и в тропических широтах Африки (страны Сахеля). Это первое сравнительное обобщение результатов наблюдений, объясняющее географические особенности опустынивания на исследуемых территориях. Временной интервал исследования определен объемом имеющегося полевого материала, метеорологических рядов, спутниковых данных и колеблется от нескольких лет до столетия. В работе обосновывается концепция опустынивания, раскрываются его природа и закономерности в условиях глобального потепления и антропогенного воздействия на засушливые земли. Актуальность проблемы опустынивания очевидна в связи с ее социально-экономической значимостью для засушливых регионов Российской Федерации.

Исследование проблемы включает: (1) выявление циркуляционных причин климатического опустынивания; (2) изучение факторов и механизмов теплообмена засушливых земель с

атмосферой; (3) разработка общей концепции климатического опустынивания, в том числе характеристика региональных особенностей проявления его факторов и механизмов, а также индикаторов, географического распространения и тенденций.

Положения концепции, разработанные на примере засушливых земель Евразии и тропиков Северной Африки, имеют практическое значение. Они могут быть применены при разработке на федеральном уровне долговременной стратегии контроля, мониторинга и прогноза опустынивания, включающей вопросы: (1) индикации опустынивания и засух с учетом региональных особенностей России; (2) выявления возможности использования гидрометеорологической наблюдательной сети России для специального мониторинга опустынивания и засух; (3) теоретического обоснования возможных путей раннего предупреждения опустынивания на территории России; (4) создания карты опустынивания России; (5) создания базы данных по опустыниванию. Географические закономерности проявления механизмов климатического опустынивания могут быть использованы при моделировании изменений климата в засушливых регионах в условиях антропогенной деградации земель.

Основным итогом работы является обоснование концепции, выявление природы и закономерностей климатического опустынивания в условиях глобального потепления и антропогенного воздействия на засушливые земли. В концепции излагается климатоцентристский взгляд на опустынивание. Преобладающая в настоящее время антропоцентристская точка зрения, связывающая деградацию засушливых земель с хозяйственной деятельностью человека, не в полной мере раскрывает природу этого явления. Сторонники антропоцентристской точки зрения представляют опустынивание в виде нарастающего процесса, не рассматривая при этом вопрос его обратимости. Они также не объясняют опустынивание в ксеротермические фазы голоцена.

В концепции опустынивание рассматривается лишь как одно из проявлений глобальных изменений природной среды в прошлом, настоящем и будущем. В настоящее время оно может быть представлено находящимися во взаимодействии климатической и антропогенной составляющими. Разделение составляющих и изучение природы климатической открывает возможность для формирования нового взгляда на опустынивание.

Согласно ему, климатическое опустынивание в настоящем эквивалентно опустыниванию в прошлом и состоит из двух взаимодействующих процессов регионального масштаба, протекающих вблизи пустынь: аридизации и деградации засушливых земель. Климатический фактор остается ведущим в этом процессе. Он определяет поступление влаги в засушливые регионы, которое регулируется направлением и интенсивностью крупномасштабной атмосферной циркуляции. Со смещением направления циркуляции связано изменение влажности климата, а с интенсивностью – климатическая изменчивость в засушливых регионах. Численные эксперименты на моделях климата, подтвержденные данными наблюдений, указывают на зависимость атмосферной циркуляции от аномалий температуры поверхности океана, изменения океанической термохалинной циркуляции. Инструментальные наблюдения за климатом в XX в. выявляют повышение среднегодовой температуры воздуха в засушливых регионах Евразии и Северной Африки. Но они не позволяют уверенно говорить об изменении годовых осадков. С другой стороны, климатическая изменчивость в этих регионах остается большой и выражается в увеличении повторяемости и амплитуды экстремумов, в частности засух, в фазовом сдвиге сезонных осадков. Так происходит в Сахеле, где отмечается продолжающаяся, с перерывами, более 30 лет засуха. Комбинированное воздействие антропогенной деградации земель и засухи усиливает здесь антропогенное опустынивание. Аральский кризис также спровоцирован засухой в горной части бассейна Амударьи и Сырдарьи. Он поддерживается

нерациональным водопользованием и развивается по типу положительной обратной связи.

В концепции предлагается метод оценки распространения климатического опустынивания. Область засушливых земель, в которой климатический фактор опустынивания преобладает по отношению к антропогенному, примыкает непосредственно к пустыням. Она отличается повышенной изменчивостью теплообмена, характеристик климата и подстилающей поверхности. В области отмечается изменение механизмов теплообмена и происходит принципиальное изменение обратной связи альbedo–осадки на положительную при пороговом значении фитомассы. Область в общем слабо пересекается с территорией антропогенного опустынивания, где происходит деградация растительности и возможна стабилизирующая обратная связь.

В масштабе десятилетий климатическое опустынивание области означает обратимую утрату поверхностью суши части растительного покрова ("опустынивание–реопустынивание"). Результат климатического опустынивания в случае пересечения его области с территорией антропогенного опустынивания (запасы зеленой фитомассы ниже установленного порогового значения) – деградация растительного покрова с низкой его способностью к восстановлению. Области с доминированием климатического опустынивания предложено называть в соответствии с их географическим положением – Северо-Туранской и Сахельской.

В концепции рассматривается новый механизм воздействия повторяемости осадков разной интенсивности на климатическое опустынивание засушливых земель. Повторяемость осадков вегетационного сезона определяется главным образом числом дней со слабо- и среднеинтенсивными осадками. Более частые слабоинтенсивные осадки эффективнее для водного питания растений, чем сильные и очень редкие. Установленная стабильность повторяемости слабоинтенсивных осадков севернее Северо-Туранской области в сухие и влажные десятилетия подтверждает значение повторяемости осадков в процессе опустынивания.

Для климатического опустынивания важен другой новый механизм – конвективно-фильтрационный перенос воздуха в порах почвогрунта. Он уменьшает контрасты между температурой поверхности и приземной температурой, ослабляющие сухую конвекцию в пограничном слое. Дополнительно он выносит из почвы водяной пар, что ослабляет иссушение воздушной среды обитания растений.

В концепции оценивается роль изменения теплообмена засушливых земель (факторов терморегулирования подстилающей поверхности) в климатическом опустынивании. Зональная закономерность этого изменения включена в гипотезу переключения обратной связи альbedo–осадки в региональной климатической системе.

В концепции обоснован индикатор (пороговое значение запасов зеленой фитомассы и его эквивалент – вегетационный индекс, NDVI) распространения климатического опустынивания. Электронные карты областей климатического опустынивания свидетельствуют о том, что в умеренных широтах Евразии основные массивы деградированных в результате человеческой деятельности земель расположены вне Северо-Туранской области. Запасы зеленой фитомассы на этих землях в среднем остаются выше порогового значения, что сдерживает распространение там климатического опустынивания. В то же время Северо-Туранская область расширяется за счет опустынивания речных дельт в Приаралье и осушенной части дна Аральского моря.

В засушливых тропиках Северной Африки массивы деградированных (измененных человеком) земель непосредственно примыкают к Сахельской области или пересекаются с ней. Запасы зеленой фитомассы на этих землях в среднем превышают пороговое значение. Но в периоды сильных засух они снижаются до пороговой величины и ниже. Тогда эти земли включаются в область климатического опустынивания.

Смещение крайней западной части Сахельской области в подзону сухих низкотравных саванн свидетельствует о создании там предпосылок для климатического опустынивания. Стабильность северной границы Северо-Туранской области подтверждается ее положением по отношению к выделенным ранее природным зонам.

В последние годы отмечается тенденция к ослаблению климатического опустынивания семиаридных земель европейской части России и Казахстана. Одновременно в тропиках Северной Африки, особенно на крайнем западе Сахеля, происходит распространение аридных условий в измененных человеком сухих низкотравных саваннах, а местами даже во влажных высокотравных.

Источник:

Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. – М.: Наука, 2003. – 246 с.