УДК 631

ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОПУСТЫНИВАНИЕ

Б.Г. АЛИЕВ*, Э.Р. АТАБАБАЕВ*, Н. А. ГАСЫМОВА*, А.Ф. ЗЕЙНАЛОВА*

В статье с помощью математических дифференциальных уравнений выведен алгоритм моделирования процессов, связанных с изменением климата, повышением температуры во всем мире, с увеличением парниковых газов в атмосфере и, как следствие, опустыниванием почвенного покрова планеты.

***Ключевые слова**: увеличение парниковых газов, аридизация почвы, опустынивание земли, моделирование процессов опустынивания.*

Введение. На протяжении всей истории развития планеты колебания климата завершались относительным потеплением или похолоданием. Потепление приводило к таянию ледников, что способствовало увеличению количества влаги и интенсивному выпадению атмосферных осадков. При похолодании, наоборот, снижалось общее количество влаги.

Во второй половине XX столетия интерес ученых к климатическим колебаниям возрос особенно, так как климатические аномалии приносили колоссальные бедствия населению, что отражалось на экономике отдельных государств. С развитием производительных сил человечество воздействовало на природу, в результате чего образовался экологический дисбаланс, отразившийся и на сельскохозяйственном производстве, и на здоровье населения всей планеты.

Ученые-климатологи считают, что возрастающее содержание углекислого газа в атмосфере ведет к потеплению климата, что, в свою очередь, способствует таянию ледяных и снеговых покровов, смещая арктическую ледовую вершину и нарушая природный баланс.

В составе атмосферы содержится определенное количество естественных газов. Состав воздуха является стабильным и неизменным на нижнем слое атмосферы, и в оптимальном состоянии постоянно происходит поглощение и эквивалентное выделение газов, выравнивается и остается одинаковое соотношение соединений азота - 78,08%, кислорода - 20,95 %, аргона - 0,94 %, углекислого газа - 0,03 %.

* Азербайджанский университет архитектуры и строительства

Однако сложившаяся экологическая обстановка на планете, создавая парниковый эффект, нарушает естественный слой атмосферы, т.е. происходит увеличение закиси азота, метана, углекислого газа. Увеличение диоксида углерода в атмосфере приобретает катастрофический характер. По данным Н.Грина, У.Стаута, А.Гейлора, при сжигании ископаемого топлива высвобождается $5x10^{12}$ кг углерода в год, что увеличивает концентрацию углекислого газа в атмосфере. На суше при фотосинтезе фиксируется $35x10^{12}$ кг углерода в год, при дыхании животных и растений выделяется $10x10^{12}$ кг углерода в год. Круговорот углерода в природе зависит от автотрофов и гетеротрофов.

Источниками углекислого газа в воздухе являются выдыхания живых существ и растении и разложение органического вещества микроорганизмами, т.е. «дыхание» почвы. С другой стороны, углекислый газ усваивается зелеными растениями при преобразовании лучистой энергии Солнца в энергию химических связей. Благодаря такому замкнутому циклу, установленному природой, содержание углекислоты в атмосфере поддерживается на постоянном уровне. Однако всевозрастающее загрязнение планеты нарушает природный баланс: увеличение углекислоты стало катастрофическим фактором в разрушении озонового слоя атмосферы.

Содержание двуокиси углерода пропускает лучистую энергию Солнца, но задерживает инфракрасное излучение. В спектре солнечного излучения УФ-лучи поглощаются озоном, парами воды, углекислотой и водяными парами, но земно-волновая часть спектра диоксида углерода не пропускает лучи в космос, исходящие от нагретой земли. Таким образом, высокое содержание диоксида углерода и других парниковых газов увеличивают температуру поверхности земли.

Влажность воздуха в земной атмосфере колеблется: у земной поверхности содержание водяного пара в воздухе составляет в среднем от 0,2% по объему в высоких широтах до 2,5 % в тропиках. Упругость водяного пара в полярных широтах зимой достигает 1 МБар, летом повышается до 5 МБар, в тропиках же оно возрастает до 30 МБар, а иногда и больше. В субтропических пустынях упругость пара понижается до 5-10 МБар. При слишком низкой или слишком высокой влажности наблюдается быстрая утомляемость человека, ухудшение восприятия и память, высыхания слизистых, микротрещины в коже, через которые в организм человека напрямую проникают вирусы, бактерии, микробы. Очевидно, что влажность воздуха является одним из основных экологических показателей.

Сейчас человечество сжигает ежегодно 4,5 млрд.т угля, 3 млрд. нефти и нефтепродуктов, а также природный газ, торф. горючие сланцы и дрова. Все это превращается в углекислый газ, содержание которого в атмосфере возросло с 0,031 в 1956 году до 0,035 % в 1992 году и продолжает расти по сей день. Кроме того, резко увеличились выбросы в атмосферу другого парникового газа – метана.

Антропогенные факторы, влияющие на глобальное потепление - это, в первую очередь, неосознанная деятельность человека на природные экосистемы. Интенсивное развитие научно-технической революции в XX столетии создало экологическую нестабильность на планете, в результате чего происходит повышение средней температуры Земли, увеличение содержания углекислоты в атмосфере, возникновение «парникового эффекта», повышение уровня Мирового океана, уменьшение озонового слоя, ветровая эрозия почв, утрата продуктивности земель, которые в конечном итоге ведут к опустыниванию территории и в месте с тем нарушают уникальный генетический фонд планеты.

Учеными установлено, что интенсивное возрастание диоксида углерода на планете связано со сжиганием различных видов топлива, угля нефтепродуктов, газа, окислении углерода в почве. Возрастание диоксида углерода приведет к глобальному потеплению на 1,5°-4,5° С, что будет особенно заметным в полярных областях. Изменения климата в первую очередь отразятся на распределении осадков. Процессы испарения, потепление климата приведут к таянию ледяного купола и повышению уровня моря, увеличению тропического типа климата и уменьшению бореального. Сорные растения под воздействием CO_2 будут развиваться интенсивнее, чем культурные. Возрастание средней температуры на Земле приведет к увеличению различных грибковых заболеваний сельскохозяйственных культур, размножению вредных насекомых. Регионы с незначительным количеством атмосферных осадков будут страдать от засухи. Климатические изменения температуры отразятся и на температурном режиме почвы. Для роста и развития сельскохозяйственных культур, наряду с наличием в почве воды и воздуха, необходимых для протекания биохимических процессов, играет весьма существенную роль оптимальная температура почвы - один из главных показателей для произрастания семян растений. Рост, развитие, жизнедеятельность сельскохозяйственных культур, биологические процессы зависят также от тепловых свойств и теплового режима почвенных типов, главным источником тепла в почве является лучистая энергия Солнца. Для всхожести растений требуется различная температура почвы. Температурный режим почвы играет большую роль в минеральном питании растений, при газообмене, усвоении питательных элементов. Наряду с этим активизирует деятельность микроорганизмов почвы.

Снижение или увеличение температуры почвы зависит, в первую очередь, от интенсивности солнечной радиации. Поглощение лучей Солнца почвой зависит, в первую очередь, от цвета почвы. Темные, высокогумусные почвы поглощают больше тепла, чем светлые.

Растительность, рельеф местности, экспозиция склона также оказывают влияние на теплопоглощение. При густом растительном покрове теплопоглощение почвой уменьшается, склоны южной экспозиции поглощают больше, чем северные. Механический состав, влажность почвы также играют роль при поглощении тепла почвой. Надо отметить, что в песчаных и супесчаных почвах теплоемкость невысокая, глинистые и темно-суглинистые почвы, наоборот, обладают высокой теплоемкостью, так как содержат много воды и органического вещества, поэтому медленно прогреваются и называются «холодными». Песчаные и супесчаные почвы быстро прогреваются, и также быстро теряют тепло.

Потепление вызвало большой переполох после появления в 1987 году сразу на шести языках книги «Наше общее будущее», подготовленной комиссией ООН во главе с премьер-министром Норвегии Гру Харлем Брунтландом. В книге подчеркивалось, что потепление вызывает бурное таяние льдов Антарктиды и Гренландии, резкий подъем уровня Мирового океана, затопление прибрежных территорий, что будет сопровождаться экономическими и социальными потрясениями. За прошедшие с той поры более 30 лет проведено много исследований и совещаний, которые показали, что мрачные прогнозы этой книги не состоятельны: подъем уровня Мирового океана действительно происходит, но со скоростью 0,6 мм в год, а вертикальное поднятие или опускание береговой линии достигает 20 мм в год. То есть трансрегрессии и регрессии моря определяются тектоникой в большей мере, чем подъемом уровня Мирового океана.

Связанное с колебанием климата потепление будет сопровождаться увеличением испарения с поверхности океанов и увлажнением, о чем можно судить по палеогеографическим данным. Всего 7-8 тыс. лет назад во время голоценового климатического оптимума, когда температура на широте современной Москвы была на 1,5-2°С выше нынешней, на месте Сахары расстилалась саванна с рощами и многоводными реками, а в Средней Азии река Заравбелок впадала в Амударью, река Чив - в Сырдарью, уровень Аральского моря находился на отметке 72 м, и все эти реки на территории современной Туркмении текли в огромную впадину Южного Каспия. Подобное происходило и в других, ныне аридных областях мира.

В результате повышения температуры воды в Мировом океане увеличивается углекислой газ. Дело в том, что углекислый газ не растворяется в воде при повышенной температуре, то есть улетучивается в атмосферу и создает дополнительный очаг для увеличения озоновой дыры. Ученые предупреждают, что прогнозируемое изменение климата потенциально может привести к широкомасштабным и необратимым переменам в течение этого века. В частности, прогнозируется замедление поступления теплой воды в северную Атлантику, большое таяние льдов в Гренландии и западной Антарктиде, а также увеличение доли углекислого газа и метана в атмосфере по мере нагревания Земли.

Вопросами изучения глобального потепления и охраны окружающей среды занимаются все развитые государства. 1988 году Генеральной Ассамблеей ООН была создана межправительственная группа экспертов по проблемам изменения климата. В 1992 году на конференции ООН по охране окружающей среды в Рио-де-Жанейро странами-членами ООН была подписана рамочная конвенция об изменении климата, на межправительственной Мадридской конференции в 1995 году ООН провозгласила глобальное потепление научным фактом. Созданы межправительственные программы по изменению климата. Когда ООН только приступила к формированию мирового общественного мнения по борьбе с угрозой изменения климата, многие считали это теоретическими изысканиями. Картина резко изменилась в 2006 - начале 2007 года, после выхода в свет наиболее авторитетного доклада МГЭИК. Прорыв в области климатического моделирования, сбор и анализ данных, обзор актуальных научных публикаций позволили МГЭИК констатировать, что глобальное потепление прогрессирует, и темпы его нарастают, подтверждая тем самым свое антропогенное происхождение. Последствия его уже замечены, и ситуация будет только ухудшаться, если не будут предприняты решительные меры по исправлению ситуации.

Доклад, получивший единодушное одобрение как со стороны ученых и экспертов в области изменения климата 110 стран, так и со стороны правительства 113 стран, свидетельствует о том, что если будут сохранены сегодняшние темпы выброса парниковых газов, то к концу этого века в мире должно произойти повышение средней температуры на 3° С. Это повлечет за собой резкое изменение температурных режимов, периоды сильной жары, изменение розы ветров, сильные засухи в одних регионах, аномальные нормы атмосферных осадков в других, таяние арктических льдов, а также повышение уровня Мирового океана. И хотя предполагается, что число тропических циклонов (тайфунов и ураганов) будет уменьшаться, их интенсивность будет повышаться с увеличением скорости ветра и нормы осадков в результате потепления отдельных слоев Мирового океана.

Как известно, Солнце излучает в космос огромное количество энергии, которая распространяется в виде электромагнитных волн. Магнитное поле Земли влияет на поток заря-

женных частиц, испускаемых Солнцем. Поток электронов, фокусируемый магнитным полем Земли, проникает в область полярных сияний, вызывая изменение температуры и ионизацию ионосферы. Когда вторгаются в другие области ионосферы, образуются неустойчивые магнитные поля. Заряженные частицы, выбрасываемые активной частью Солнца, проникая в верхние слои атмосферы, нарушают нормальное строение ионосферы, вызывая при этом большие магнитные бури, колебания магнитного поля Земли. Нарушения в слоях атмосферы влечет за собой изменения в стратосфере. Часть стратосферы на высоте от 20 до 25 км составляет озоновый слой. В слое от 10 до 50 км свободный кислород под действием солнечной радиации превращается в озон. Озоновый слой - это тонкий газовый слой в стратосфере на расстоянии более 10 км от уровня Земли, который защищает ее поверхность от разрушительного эффекта солнечных ультрафиолетовых лучей.

В середине 1970-х годов ряд открытий подтвердил и то, что некоторые химические вещества антропогенного происхождения, включая хлорофторуглеводороды (ХФУ), содействовали разрушению содержащегося в атмосфере озона и истощению озонового слоя. Известно, что воздействие ультрафиолетовой радиации вызывает рак кожи, катаракту глаз, подавляет иммунную систему человека и наносит непредсказуемые повреждения растениям, водорослям, животным. В глобальной экосистеме молекула озона отличается от обычной молекулы кислорода тем, что состоит не из двух, а из трех атомов кислорода, соединенных друг с другом. В атмосфере озон сконцентрирован в озоновом слое на высоте примерно 30 км в пределах стратосферы. В этом слое происходит поглощение ультрафиолетовых лучей, испускаемых Солнцем, иначе солнечная радиация могла бы нанести большой вред жизни на поверхности Земли. Поэтому любая угроза озоновому слою заслуживает самого серьезного отношения.

В 1985 году британские ученые, работавшие на Южном полюсе, обнаружили, что во время антарктической весны уровень озона в атмосфере там значительно ниже нормы. Ежегодно в одно и то же время количество озона уменьшалось, иногда в большей степени, иногда в меньшей. Подобные, но не столь выраженные озоновые дыры появлялись также над Северным полюсом во время арктической весны. В последующие годы ученые выяснили, отчего появляется озоновая дыра. Когда Солнце прячется и начинается долгая полярная ночь, происходит резкое падение температуры и образуются высокие стратосферные облака, содержащие кристаллики льда. Появление этих кристалликов вызывает серию сложных химических реакций, приводящих к накоплению молекулярного хлора. Когда появляется Солнце и начинается арктическая весна, под действием ультрафиолетовых лучей происходит разрыв внутримолекулярных связей и в атмосферу устремляется поток атомов хлора.

Эти атомы выступают в роли катализаторов реакций превращения озона в простой кислород, протекающих по схеме:

$Cl + O \rightarrow ClO + O_2$

$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$

В результате этих реакций молекулы озона превращаются в молекулы кислорода, причем исходные атомы хлора остаются в свободном состоянии и снова участвуют в этом процессе. Вследствие этой цепочки превращенный озон начинает исчезать из атмосферы над Антарктидой, образуя озоновую дыру. Однако вскоре, с потеплением, антарктические вихри разрушаются, свежий воздух, содержащий новый озон, устремляется в этот район и дыра исчезает.

Антропогенное воздействие в результате загрязнения окружающей среды происходит не только на озоновый слой, но влияет на всю биосферу, увеличивая парниковый эффект. Как известно, основными парниковыми газами, в порядке их оцениваемого воздействия на тепловой баланс Земли, являются водяной пар, углекислый газ, метан, озон, оксиды азота и фторсодержащие газы. Водяной пар - основной естественный парниковый газ, прямое антропогенное воздействие которого незначительно. Однако увеличение температуры Земли, вызванное другими факторами, увеличивает испарение и общую концентрацию водяного пара в атмосфере при постоянной относительной влажности, что, в свою очередь, повышает парниковый эффект.

Естественными источниками углекислого газа в атмосфере Земли являются вулканические выбросы, жизнедеятельность организмов, деятельность человека. Антропогенными источниками является сжигание биомассы, ископаемого топлива, сведение лесов, некоторые промышленные процессы. Потребителями углекислого газа являются растения. В норме биоценоз поглощает приблизительно столько же углекислого газа, сколько и производит. Парниковая активность метана намного выше, чем углекислого газа. Основными антропогенными источниками метана является пищеварительная ферментация у скота, рисоводство, горение биомассы. Как показали недавние исследования ученых [1-3], быстрый рост концентрации метана в атмосфере происходил и в I тыс. н. э.

Итак, увеличение тепличных газов в атмосфере, создавая парниковый эффект, вызывает существенное изменение климата, негативно влияя на все области жизнедеятельности человека. Климатические изменения отражаются на сельском хозяйстве, медицине, экономике, промышленности, водном, лесном хозяйстве и т.д.

Постановка задачи. Для решения проблемы глобального потепления в атмосфере Земли следует рассмотреть несколько задач, связанных с антропогенными и природными факторами. Эти задачи требуют точной оценки факторов, влияющих на глобальное потепление всего мира.

Тенденцией последних десятков лет является многократный рост численности населения Земли, что на фоне ограниченного количества ресурсов нашей планеты порождает, в первую очередь. продовольственную проблему. В этой связи является критически важным грамотное и рациональное использование каждого потенциально плодородного участка суши. Для решения проблемы увеличения плодородных участков необходимо уменьшить процессы опустынивания.

Опустынивание является одним из самых ярких примеров комплексной деградации почв и включает в себя такие неблагоприятные процессы, как эрозия, дефляция, засоление, осолонцевание, переуплотнение и др. В Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием явление опустынивания определяется как «деградация земель в аридных, субаридных и засушливых субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека».

По данным ООН, на засушливые районы приходится до 43 процентов возделываемых земель в мире. Деградация земель приводит к потерям сельскохозяйственной продукции на сумму примерно 42 $ млрд. в год. Около трети всех возделываемых земель в мире в последние 40 лет были заброшены по причине утраты своей продуктивности в результате эрозии почвы. Ежегодно еще 20 млн. гектаров сельскохозяйственной земли настолько деградируют, что перестают использоваться для выращивания сельскохозяйственной продук-

ции, либо поглощаются городами вследствие ускорения темпов урбанизации. В течение последних трех десятилетий необходимость увеличения объемов сельскохозяйственного производства, для того чтобы прокормить растущее население Земли, оказывала все большее давление на земельные и водные ресурсы.

По сравнению с 1970 г. в настоящее время прокормить необходимо на 2,2 млрд. человек больше. До сих пор темпы производства продовольствия не отставали от темпов роста численности населения, однако увеличение численности населения означает, что в ближайшие 30 лет нам может потребоваться на 70 процентов больше продовольствия.

Одной из основных экологических проблем в Азербайджане является проблема опустынивания, причиной чего является чрезмерный выпас домашнего скота, сообщило министерство экологии и природных ресурсов Азербайджана. В настоящее время 3,7 миллиона гектаров территории Азербайджана подвержено эрозии, до 1,2 миллиона гектаров почвы подвержены засолению.

Наряду с самим фактом опустынивания происходит биологическое обеднение, уничтожаются различные виды флоры и фауны.

Решение экологических проблем непосредственно примыкает к экономике. К примеру, для маловодных стран внедрение капельного орошения является наиболее экономически выгодным, оно дает двойной эффект - усиление экономики и более рациональное использование водных ресурсов.

Ежегодные мировые потери плодородных почв на обрабатываемых землях в настоящее время, по некоторым оценкам, составляет 24 млн. т. Для сравнения, такая же площадь засевается зерновыми во всей Австралии. Опустынивание на данный момент является одной из самых значимых глобальных проблем человечества.

Всего в мире подвержено опустыниванию более 1 млрд. га практически на всех континентах. Причины и основные факторы опустынивания различны. Как правило, к опустыниванию приводит сочетание нескольких факторов, совместное действие которых резко ухудшает экологическую ситуацию.

На территории, подверженной опустыниванию, ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, засоляются грунтовые воды, резко падает биологическая продуктивность, следовательно, подрывается и способность экосистемы восстанавливаться. «И если эрозию можно назвать недугом ландшафта, то опустынивание – это его смерть» (Доклад ФАО ООН). Процесс этот получил столь широкое распространение, что явился предметом международной программы «Опустынивание». В докладе ЮНЕП (организация ООН по окружающей среде) подчеркивается, что опустынивание – это результат длительного исторического процесса, в ходе которого неблагоприятные явления природы и деятельность человека, усиливая друг друга, приводят к изменению характеристик природной среды.

В последние десятилетия со всей очевидностью обнаружилось, что на состояние земельного фонда планеты особенно большое отрицательное воздействие оказывают процессы аридизации, т. е. распространение пустынь и полупустынь. Пустыни и полупустыни существовали на Земле еще в доисторические времена. И в наши дни они образуют огромный по территории аридный пояс, занимающий, по разным оценкам, от 36 до 48 млн. км^2. По расчетам известного эколога Н.Ф. Реймерса, он соответствует 43 % площади жизнепригодной суши, в том числе собственно пустыни как области с постоянно жарким климатом, где растительность не образует сплошного покрова, занимают около 20 % поверхности суши.

Аридизация не только не сокращается, а напротив, возрастает. При этом распространение получили обе формы опустынивания – дезертификация и дезертизация.

Особенно опасна первая из них, поскольку она приводит к росту территорий, занимаемых пустынями, причем к такому росту, что именно дезертификация стала ныне едва ли не главным «пожирателем пространства». На расширение пустынных территорий, несомненно, влияют и некоторые природные причины. Среди них общее потепление климата на нашей планете, наблюдающееся в последнее время. И тем не менее главным фактором этого процесса остается человеческая деятельность. Следовательно, нужно говорить об антропогенном опустынивании, которое еще в конце1980-х гг. охватывало около 10 млн. км^2, или 6,7 % всей территории жизнепригодной суши (это равно площади Канады и превышает площадь Китая и США). С тех пор эта цифра еще более возросла. Для решения проблемы крайне необходимо рассмотреть проблемы опустынивания.

Опустынивание (дезертификация, прогрессирующее образование пустынь, или Сахельский синдром) – это процесс деградации земель в относительно сухих (аридных, полуаридных и засушливых субгумидных) областях нашей планеты, вызываемый различными факторами, включая естественное изменение климата и деятельность человека. Эта деградация земель приводит к расширению или образованию пустынь, либо к возникновению условий внешней среды, схожих с условиями пустыни. При этом стадия образования степей, предшествующая опустыниванию, называется степеобразованием. В настоящее время в результате этого процесса общая площадь плодородных земель на планете ежегодно сокращается приблизительно на 12 миллионов гектаров, что приблизительно равняется площади пахотных угодий Германии. При этом наблюдается тенденция к дальнейшему ухудшению ситуации.

По Б.Г. Розанову, опустынивание – это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню.

Изучая проблемы опустынивания необходимо выяснить причины возникновения опустынивания.

Дефицит воды – нехватки водных ресурсов для удовлетворения биологической потребности сельскохозяйственных культур и других видов растительности для их нормального роста и развития, а также требования окружающей среды по стабилизации развития экологических процессов.

Засуха – длительный период времени года с недостаточным количеством осадков при повышенных температурах воздуха.

Аридизация климата – усиление засушливости климата за счет увеличения температуры воздуха, испаряемости и уменьшения количества осадков, т.е. повышения дефицита влажности воздуха по Торвейту и снижения коэффициента увлажненности. Аридизация почвы – это сложный и разнообразный комплекс процессов уменьшения увлажненности обширных территорий и вызванного этим сокращения биологической продуктивности экологических систем «почва – растение». Проявления аридизации (от частых засух до полного опустынивания) на обширных территориях Африки, юго-восточной Южной Азии, ряда стран южной Америки крайне обостряют проблемы продовольствия, кормов, воды, топлива, вызывают глубокие изменения экосистемы. Угодья, окаймлявшие пустыни, не выдерживают

нагрузки и сами превращаются в пустыни, что приводит к ежегодной потере тысяч гектаров пригодных для сельского хозяйства земель. Процесс усугубляют и примитивное земледелие, нерациональное использование пастбищ и других сельскохозяйственных угодий, хищническая эксплуатация огромных территорий, которые возделываются без всякого севооборота или ухода за почвой.

Из вышеизложенного следует рассмотреть математический анализ путем моделирования. При этом рассмотрим вопросы математического моделирования всех процессов.

Многие ученые доказывают, что негативные антропогенные факторы, влияющие на природу, в конечном этапе приведут к опустыниванию территорий живой природы. Исходя из этого, при разработке математических моделей мы рассмотрим задачи, связанные с процессом опустынивания.

Математическое моделирование процессов:

Пустыня W объединяет множество участков R, отмеченных малой густотой растительности P. Скорость изменения площади можно описать уравнением [4–7]

$$\frac{dS}{dt} = N + A, \tag{1}$$

где N - природные явления, A - антропогенные, W - пустыня, S – площадь пустыни.

Пустыня характеризуется по следующей формуле:

$$W = \frac{R_i}{P} < P_{min} \tag{2}$$

здесь P - характеристика густоты растительности покрова, R_i - регион.

Задача, представленная уравнением (1), имеет следующие особенности: изменение опустыненной площади описывается дифференциальными, алгебраическими и трансцендентными уравнениями; изменения, происходящие из-за антропогенной деятельности, могут быть описаны только в терминах экспертных оценок, но оценка последствий антропогенной деятельности опять-таки требует применения методов математического моделирования, упомянутого выше.

Таким образом, задача является гибридной задачей экспертного моделирования.

Влияние природных условий на опустынивание.

Рассмотрим площадь пустыни, равную сумме площадей участков:

$$S_w = \Sigma S_W W_i + W_i < W \tag{3}$$

Учитывая (3), выражение (1) целесообразно рассматривать в следующем виде:

$$\frac{dSw}{dt} = \Sigma N_i + \Sigma A_i \tag{4}$$

$$W_i < W,$$

когда суммирование в правых частях уравнения ведется по участкам. Опустынивание на рассматриваемой территории как природный фактор связано с засолением и карбонатизацией почвы; с недостаточностью гумуса Г в почве; с развитием природной эрозии почвы; с развитием естественной дефляции почвы; с развитием антропогенных факторов.

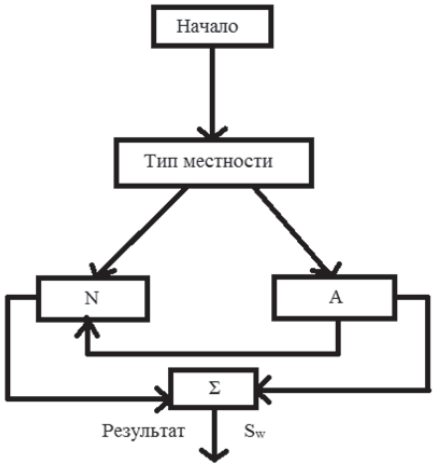
Гибридная задача экспертных оценок опустынивания

Представляет интерес построение и изучение основополагающей зависимости

$$P = \mathfrak{z}\beta_g + \varsigma T + u\beta_a + \eta S_g + \lambda C_g + \mu G + \theta_D \tag{5}$$

Здесь, ʒ, ς, η, λ, u, θ, μ - эмпирические коэффициенты, которые должны быть определены для рассматриваемого региона; G - эрозия почвы; θ_D – дефляция; β_a - влажность атмосферного воздуха; S_g - интенсивность засоления; C_g - интенсивность карбонатизации почвы.

Параметры модели (5) могут быть легко идентифицированы методом множественной регрессии. При этом ʒ, u, η, λ образуют вектор, который оценивается решением системы нормальных уравнений с использованием опытных данных P, β_a, Γ, β, S_g, C_g, d. Модель (5) позволяет учесть изменение плотности растительного покрова, плодородность почвы, характеризующаяся значением P. Им может быть любой из перечисленных ниже и доступных контролю показателей расчета 1 га: ρ_1 - количество растений, ρ_2 - объем корней, ρ_3 - вес плодов, ρ_4 - объем надземной части растений, ρ_5 - средний рост растений при $h > h_{min}$, $\rho_1\rho_4$ - суммарный объем надземный части растительного покрова.



Эти показатели не являются универсальными и зависят от типа растений, составляющих растительный покров конкретного региона. Репараметризация альтернативной модели (5), которая требует сбора большого стратегического материала можно представить в виде:

$$S' = \Sigma S_{wi}(\beta_i<\beta_{min}) + \Sigma S_{wi}(\Gamma_i< \Gamma_{min}) + \Sigma S_{wi}(S_k<S_{max}) + \Sigma S_{wi}(C_i<C_{max}) + \Sigma S_{wi}(C_m<C_{max}) + \Sigma S_{wi}(G_n) \quad (6),$$

где G-эрозия почвы.

Недостаток модели (6) в том, что она требует сбора меньшего объема статического материала. Тем не менее, эта модель достаточно адекватно описывает исследуемый процесс опустынивания.

Преимущество модели (6) в том, что она требует сбора меньшего объема статического материала. Процесс опустынивания является развивающимся во времени, поэтому для его описания используются дифференциальные уравнения в комбинации с иными способами описания. Очевидно, что условия установившегося стационарного состояния могут быть получены путем приравнивания к нулю правых частей системы дифференциальных уравнений.

<u>Модель влажности почвы</u>. Влажность почвы в основном зависит от влажности воздуха, величины испарения, величины осадков, величины речного стока, наличия склонов южной экспозиции, плотности подземных вод, а также от индекса альбедо Земли.

Для ее оценки используем следующее дифференциальное уравнение, учитывающее вышесказанное:

$$\frac{d\beta_g}{dt} = A_g\beta_g + A_a\beta_a + A_pP + A_zZ + A_dD + A_LLos(\Sigma) + A_aT_a + A_Tt_g + A\alpha\lambda + A_EE \quad (7)$$

здесь β_g - влажность почвы, t - время, β_a - влажность атмосферного испарения, E - величина испарения, P - величина осадков, A_g ,A_a , A_p , A_z , A_d, A_L , A_T , A_λ, A_E - эмпирические коэффициенты, λ - альбедо Земли, Z - глубина подземных вод, D - индекс сухости, L - длина склонов южной экспозиции, Σ - угол направления склонов южной экспозиции, t_g - температура почвы, T_a - температура атмосферного воздуха.

Из известных соображений относительно физики рассматриваемых явлений можно положить A_E=-1;A_p= 1; A_z= 1 при $Z > Z_{max}$, то есть при учете большой глубины залегания подъемных вод, в противном случае $A_z = 0$. В общем случае $A_z < 0$.

Решения уравнения (7) с учетом указанного имеет вид:

$$B_g(t) = B(1+\exp(A_g t)) + C(t) - C(0) \quad (8)$$

Включение в модель (8) при наличии в ней E и P не добавляет в нее новую информацию. Поэтому в (8) члены C, D отсутствуют. Необходимо отметить, что влажность почвы зависит не только от условий текущего месяца, но и от условий прошлых лет. Исходя из этого, дифференциальное уравнение влажности почвы должно иметь более общий вид, близкий к уравнению авторегрессии:

$$\frac{d\beta_g}{dt} = \Sigma \text{cond}^* (t-i) B \quad (9)$$

Здесь cond* - вектор условий в момент времени; B - вектор коэффициентов.

Модель засоления почвы. Процесс засоления почвы описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dS}{dt} = V_{TP}TP - V_{SP}SP \quad (10)$$

Здесь V_{TP} , V_{SP} - эмпирические коэффициенты, T - засоленность почвообразующих пород.

Это уравнение описывает освобождение солей при гидролизе минералов из солесодержащих пород и растворение их в почвах с образованием новых соединений.

Второе уравнение системы – это уравнение скорости изменения засоленности почвообразующих пород, что описывается уравнением:

$$\frac{dT}{dt} = -XP \quad (11)$$

здесь X - оцениваемый коэффициент.

Таким дифференциальным уравнением описаны и остальные процессы природы, а именно: карбонатизация почвы, температура почвы, температура воздуха, эрозия почвы, дефляция, глубина залегания подземных вод, изменения объема запасов подземных вод, влажность воздуха. При математическом моделировании каждого из указанных процессов дана оценка влияния процесса опустынивания на исследуемые регионы и выбраны параметры его восстановления [7-9].

Заключение. Достоверно доказано, что возрастающее содержание углекислого газа в атмосфере ведет к потеплению климата. Климатические изменения температуры отражаются и на температурном режиме почвы. В результате повышения температуры воды в Мировом океане увеличивается содержание углекислого газа в атмосфере, вследствие того, что углекислый газ не растворяется в воде при повышенной температуре. Прогнозируемое изменение климата потенциально может привести к широкомасштабным и необратимым переменам в течение этого века. Одним из проявлений этого является опустынивание - процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню. Авторы на основе математической постановки задачи, применяя инструменты экспертной оценки и дифференциальных уравнений, описывают основы моделирования процессов опустынивания. Опустынивание на рассматриваемой территории как природный фактор связывается с недостаточной влажностью почвы, с засолением и карбонатизацией почвы, с недостаточностью гумуса в почве,

с развитием природной эрозии почвы, с развитием естественной дефляции почвы, с развити-развитием антропогенных факторов.

REFERENCES

1. **Aliev B.G.** Problema opustynivaniya v Azerbajdzhane i puti ee reshenija. Baku, 2000.
   Алиев Б.Г. Проблема опустынивания в Азербайджане и пути ее решения. Баку, 2000.
2. **Arnageldyev A., Kostyukovski V.** Pustyni: Racionalnoe ispolzovanie i ohrana, MVO, «Agropromizdat», 1990.
   Арнагельдыев А., Костюковски В. Пустыни: Рациональное использование и охрана, МВО, «Агропромиздат», 1990.
3. **Kaljankov K.S.** Dinamika processov vetrovoj erozii pochv. M.: «Nauka», 1976.
   Кальянков К.С. Динамика процессов ветровой эрозии почв. М.: «Наука», 1976.
3. **Geokchayskij Sh.Ju.** Osnovy geograficheskoj ekologii. Baku, 2010.
   Геокчайский Ш.Ю. Основы географической экологии. Баку, 2010.
4. **Zoan I.S., Orlovskij N.S.** Opustynivanie, strategija borby. Ashhabad, 1983.
   Зоан И.С., Орловский Н.С. Опустынивание, стратегия борьбы. Ашхабад, 1983.
5. **Drejser N., Smit G.** Prikladnoj regressionnyj analiz. M.: Finansy i statistika, 2001.
   Дрейсер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика, 2001.
7. **Aliev B.H., Atababayev E.R., Gasimova N.A., Zeynalova A.F.** Magnetized water using low-intensity irrigation in agriculture of Azerbaijan. Herald of the Azerbaijan Engineering Academy. Baku. Vol.10 (1) 2018, 112-121.
8. **Aliev B.G., Atababaev E.R., Gasymova N.A., Zejnalova A.F.** Primenenie malointensivnogo oroshenija omagnichennoj vodoj v selskom hozjajstve Azerbajdzhana // Vestnik Azerbiajanskoj Inzhenernoj Akademii. Tom 10 (1), 2018, s. 112-121.
   Алиев Б.Г., Атабабаев Э.Р., Гасымова Н.А., Зейналова А.Ф. Применение малоинтенсивного орошения омагниченной водой в сельском хозяйстве Азербайджана // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. Том 10 (1), 2018, с. 112-121.
9. **Shefalo G.** Dispersnyj analiz. M.: Fizmatgiz, 2011.
   Шефало Г. Дисперсный анализ. М.: Физматгиз, 2011.

ATMOSFERDƏ QLOBAL İSTİLƏŞMƏNİN PROBLEMLƏRİ VƏ ONUN SƏHRALAŞMAYA TƏSİRİ

B.H. ƏLİYEV, E.R. ATABABAYEV, N.A. QASIMOVA, A.F. ZEYNALOVA

Yer kürəsində temperaturun yüksəlməsi ilə müşahidə olunan atmosferdə istixana qazlarının artımı prosesi iqlim dəyişgənliyinə səbəb olur. İstixana qazlarının miqdarının artması həm təbii proseslərdən həm də insan fəaliyyətindən qaynaqlana bilər. Mənşəsindən asılı olmayaraq sözü gedən amil yer kürəsinin torpaq qatının səhralaşmasına gətirib çıxara bilər. Bəşəriyyətin ərzaq təhlükəsizliyi tamamilə torpaq qatından və onun məhsuldarlığından asılıdır. Yer alan proseslərin sürəti adekvat qabaqlayıcı tədbirlərin alınmasını tələb edir. Məqalə müəllifləri riyazi differensial tənliklər vasitəsilə göstərilən proseslərin modelinin alqoritmini irəli sürməyə cəht edirlər.

***Açar sözlər**: istixana qazlarının artması, iqlim dəyişikliyi, torpağ qatının qurağlaşması, torpağın səhralaşması, səhralaşma proseslərinin modelləşdirilməsi.*

PROBLEMS OF GLOBAL WARMING IN ATMOSPHERE AND ITS IMPACT ON DESERTIFICATION

B.H. ALIEV, E.R. ATABABAEV, N.A. GASIMOVA, A.F. ZEYNALOVA

Greenhouse gases growth in atmosphere followed by temperature increasing over the world lead to climate change. Greenhouse gases growth can has natural or anthropogenic origin. Independently of origin this effect can born planets soil surface desertification. Food security of humanity fully depends on soil surface and its fertility. Speed of ongoing processes demands the adequate preventive measures to be taken. The authors of article try to suggest the algorithm of designed processes through mathematic differential equation.

***Keywords**: greenhouse gases growth, climate change, soil aridization, land desertification, desertification processes modeling.*