

УДК 550.551

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55478

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ МЕТОДАМИ ГЕОДЕЗИИ И ГЕОФИЗИКИ

© 2014 Т.А. Келоев^{1,2}, проф., д.т.н., И.Н. Гудиева²

¹Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и PCO-A, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru; ²Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, 362021, PCO-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

Защита атмосферы Земли – это вопрос морали, потому что, повреждая природную среду, человек наносит ущерб той или иной части общества, а также оказывает неблагоприятное воздействие на другие жизненные формы, тем самым сокращая биоразнообразие.

Ключевые слова: атмосфера, озоновый слой, тропосфера.

Чтобы успешно прогнозировать природные изменения и сводить до минимума вредное воздействие человека на природу, необходимо глубоко понимать факторы, определяющие ход геологических процессов на поверхности Земли. Нарушение равновесного состояния атмосферных слоев могут оказать катастрофическое воздействие на человеческую жизнедеятельность, когда на людей обрушиваются землетрясения, наводнения или вулканические извержения.

Озоновый слой – часть атмосферы на высоте от 12 до 50 км (в тропических широтах 25-30 км, в умеренных 20-25, в полярных 15-20), в которой под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца молекулярный кислород (O_2) диссоциирует на атомы, которые затем соединяются с другими молекулами O_2 , образуя озон (O_3).



Рис. 1. Озоновый слой в атмосфере.

Относительно высокая концентрация озона (около 8 мл/м^3) поглощает опасные ультрафиолетовые лучи и защищает все живущее на суше от губительного излучения. Более того, если бы не озоновый слой, то жизнь не смогла бы вообще выбраться из океанов, и высокоразвитые формы жизни типа млекопитающих, включая человека, не возникли бы. Наибольшая плотность озона встречается на высоте около 20-25 км, наибольшая часть в общем объеме – на высоте 40 км. Если бы можно было извлечь весь озон, находящийся в атмосфере, и сжать под нормальным давлением, то в результате вышел бы слой, покрывающий поверхность Земли толщиной всего 3 мм. Для сравнения, вся сжатая под нормальным давлением атмосфера составляла бы слой в 8 км (рис. 1).

Реакции образования озона: $\text{O}_2+h\nu\rightarrow 2\text{O}$, $\text{O}_2+\text{O}\rightarrow\text{O}_3$. Фотолиз молекулярного кислорода происходит в стратосфере под воздействием ультрафиолетового излучения с длиной волны 175-200 нм и до 242 нм. Озон расходуется в реакциях фотолиза и взаимодействия с атомарным кислородом: $\text{O}_3+h\nu\rightarrow\text{O}_2+\text{O}$, $\text{O}_3+\text{O}\rightarrow 2\text{O}_2$ (рис. 2).

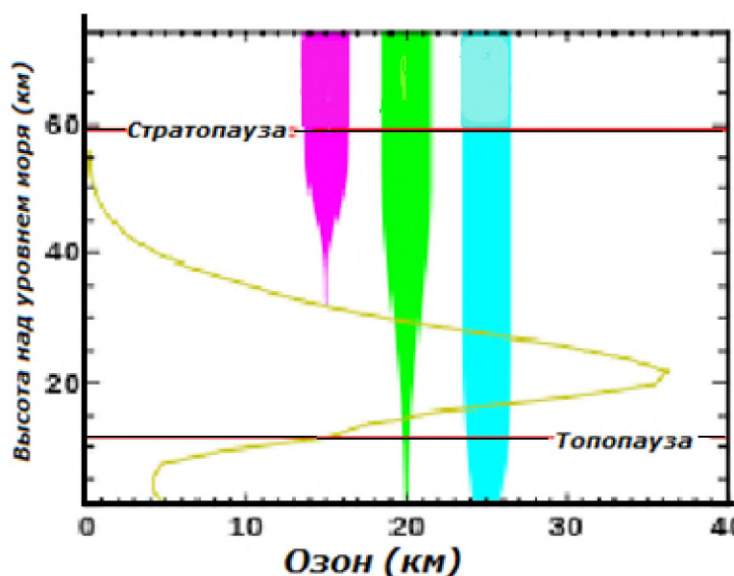
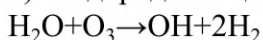
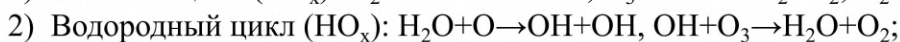
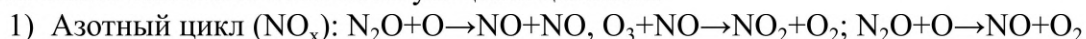


Рис. 2. Абсорбция ультрафиолетового излучения озоновым слоем.

Имеется целый ряд других реакций, приводящих к гибели озона. Эти реакции объединяют в несколько семейств, главными из которых являются азотное, водородное и хлорное. Эти реакции представляют собой каталитические циклы, поэтому их также называют соответствующими циклами:



Ошибочно полагая, что можно сохранить озоновый слой без систем, выделяющих кислород, и не оберегая эти системы, человечество вновь выбрало ложный и смертельно опасный путь. Всем известно о проблеме «озоновых дыр», из-за которых «может погибнуть все живое на Земле». Озвучивается эта проблема так: в атмосфере Земли есть некий озоновый слой, который защищает Землю от ультрафиолетового излучения Солнца. Но из-за сортов газа фреона, используемого в холодильных агрегатах и спреях, которые содержат хлор и бром, в озоновом слое

появляются дыры, через которые Солнце испепелит на земле все живое ультрафиолетовым излучением [Ларин, 2000].

Вспомним, что атмосфера Земли, то есть воздушная среда, содержит 78,1% азота, 21% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого и 0,01% других газов. Молекула кислорода представляет собой два соединенные между собой атома, как два шарика, скрепленные вместе. Но если молекулу кислорода подвергнуть интенсивному облучению, к примеру, электрической дугой, молнией или излучению ультрафиолетовым спектром солнечного света, то три молекулы двухатомного кислорода вступают в реакцию друг с другом и образуют две молекулы кислорода, в которых уже не по два, а по три атома. Этот трехатомный кислород называется озоном.

Первое, что отсюда следует, – не озон защищает Землю от ультрафиолета, а обычный двухатомный кислород, озон же – побочный продукт этой защиты. Если убрать из атмосферы весь озон, но пока Солнце светит, оставшийся кислород будет защищать Землю, при этом кислород, защищая Землю от ультрафиолетового света, будет образовывать озон.

Когда речь идет о таком светозащитном материале, как стекло или иной полупрозрачный материал, то он отражает солнечную энергию в воздух, поэтому сам не сильно греется. Но озоносфера это и есть воздух, ей некуда отразить тепло, кроме как в саму себя, озоносфера может только принять на себя всю энергию задержанного ею ультрафиолетового излучения.

Процесс превращения кислорода в озон самопроизвольно протекать не может, для его осуществления необходима затрата энергии. Следовательно, озоновый слой в атмосфере Земли может существовать только потому, что Солнце дает кислороду энергию для образования озона. Потухнет Солнце, исчезнет озоновый слой, как он исчезает над Антарктидой в условиях полярной ночи. Отсюда следует вывод о том, что надо беспокоиться об атмосферном кислороде, как об исходном материале для устойчивого функционирования озонового слоя.

Количество свободного (не находящегося в составе химических соединений) кислорода (O_2), образовавшегося и поддерживаемого в результате фотосинтеза можно определить по формуле:

$$P_B = \sum_{i=1}^n S_{\sigma i} V_i, \quad (1)$$

где P_B – воспроизводство кислорода, т/год; $S_{\sigma i}$ – площадь i -ого биоценоза, га (смешанный лес – 1000-1500 кг/год, пашня – 500-600 кг/год, пастбище – 400-500 кг/год, водная поверхность – 100 кг/год, растительность – 80-100 кг/год); V_i – ежегодное производство кислорода i -ым растительным сообществом с одного, га.

Поступление кислорода в атмосферу Земли в результате фотосинтеза ежегодно составляет 240-300 млрд. тонн. Организмы биосферы расходуют на дыхание 90% этого количества. Оставшиеся 10%, т. е. 24-30 млрд. тонн расходуется промышленностью и транспортом. Техногенные аварии, войны, испытание различных видов оружия, использование интернета, бесконтрольное увеличение транспорта (одна транспортная единица в среднем в год сжигает 40 тонн O_2), а также большие темпы развития промышленности – все эти факторы наносят колоссальный ущерб кислородовыделяющим природным системам. Если не ограничить и не изменить технологию сжигания горючих ископаемых, то содержание кислорода в атмосфере снизится с 21% до 8%.

Баланс воспроизводства кислорода данного региона рассчитывается по формуле:

$$B_K = 0,04 P_B - (P_H + P_L), \quad (2)$$

где P_B – региональное воспроизводство кислорода, $m/год$; P_H – фактическое потребление кислорода предприятиями региона, $t/год$; P_L – фактическое потребление кислорода населением (один человек в сутки потребляет 15 кг O_2) региона, $t/год$.

Атмосфера образует хорошо выраженные слои вокруг Земли. Эти слои удивительно похожи по химическому составу, но чем выше располагается каждый следующий слой, тем меньше его плотность. Внутри каждого слоя также наблюдаются значительные перепады температуры в зависимости от высоты. В самом нижнем слое, который называется тропосфера, существует жизнь, в нем под действием солнечного тепла меняется погода. Солнечные лучи проходят сквозь атмосферу и нагревают поверхность Земли, воздух начинает перемещаться, а вода испаряется или конденсируется. Благодаря этому образуются различные климатические пояса. Губительные ультрафиолетовые лучи задерживаются озоновым слоем, тонким слоем газа в стратосфере.

Самый нижний атмосферный слой – тропосфера, где воздух движется вертикально и горизонтально, а также происходит интенсивное смешивание воздушных потоков. Температура воздуха уменьшается с высотой. Поднимаясь вверх, теплый воздух теряет часть энергии и охлаждается. Поднимаясь все выше и выше, теплый воздух постепенно охлаждается, но, достигнув температуры и плотности окружающей атмосферы, останавливается. Это первый уровень из тех, что разделяют земную атмосферу на несколько различных слоев. На этом уровне заканчивается тропосфера и начинается стратосфера. Выше находится мезосфера и термосфера. Еще выше термосферы температура достигает $1000^\circ C$ из-за поглощения ультрафиолетового излучения. Это самый верхний атмосферный слой постепенно переходит в безвоздушное пространство (то есть в космос), поэтому у земной атмосферы нет четко выраженной верхней границы.

Атмосферные открытия продолжаются, причем весьма неожиданные – в 1993 г. обнаружено, что в нижних слоях земной атмосферы (на высоте около 3 км) протекают настоящие «реки, водяных паров, по объемам водосброса способные соперничать с Амазонкой». До этого никто и представить себе не мог, что водяной пар способен образовывать в атмосфере относительно узкие и чрезвычайно длинные полосы. Оказалось, что эти потоки влаги шириной 700-800 км и длиной до 8000 км являются основным механизмом перемещения воды из экваториальных областей к полюсам. Объем перемещаемой ими воды составляет около 165000 тонн в секунду. Пока обнаружено пять атмосферных рек в северном полушарии и пять в южном, причем каждая имеет свои характерные особенности. Несмотря на то, что количество и «география» подобных рек, а тем более «притоков», почти неизвестны, уже они применяются в целях модификации погодных условий.

Чтобы принять своевременные меры к защите населения и растений от воздействия загрязненного воздуха, вводится показатель качества воздуха (индекс загрязнения атмосферы). В расчетах этого показателя применяют формулу:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{g_i}{ПДК_i} \right)^{K_i}, \quad (3)$$

где g_i – фактическое количество отдельно взятого загрязненного вещества в одном кубическом метре воздуха; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация каждого загрязняющего вещества, присутствующего в анализируемом воздухе, $mg/$

m^3 ; K_i – степенная функция, позволяющая соотнести i -ю загрязняющую примесь к определенному классу опасности: $K_i = 1,5$ (первый класс опасности), $K_i = 1,3$ (второй класс опасности), $K_i = 1,0$ (третий класс опасности), $K_i = 0,9$ (четвертый класс опасности).

Экономическая оценка ущерба, причиняемого годовым выбросом загрязнений в атмосферный воздух для всякого источника, определяется по формуле:

$$Y_A = \alpha OKM, \quad (4)$$

где Y_A – экономический ущерб, руб./год; α – константа, численное значение которой равно 48, руб./усл. т; O – показатель, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от типа территории; K – коэффициент, учитывающий характер рассеивания примеси в атмосфере; M – приведенная масса годового выброса загрязнения из источника, рассчитывается по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i m_i, \quad (5)$$

где m_i – масса годового выброса примеси i -го вида в атмосферу, т/год; A_i – показатель относительной агрессивности примеси i -го вида, усл. т/год; N – общее число примесей, выбрасываемых источником в атмосферу.

Значение коэффициента K определяется в соответствии с подпунктами *а*, *б*, *в*:

а) Для газообразных примесей и легких мелкодисперсных частиц с очень малой скоростью оседания (менее 1 см/сек.) принимается

$$K_i = \frac{100(m)}{100(m) + Vh} \cdot \frac{4(m/сек.)}{1(m/сек.) + I}, \quad (6)$$

где h – геометрическая высота устья источника по отношению к среднему уровню загрязняющего атмосферу источника, м; V – поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосферу, вычисленная по формуле

$$V = I + \frac{\Delta T}{75^\circ C};$$

ΔT – среднегодовое значение разницы температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере на уровне устья; I – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/сек.

Важным показателем устойчивости природной среды является состояние поверхностного почвенного слоя Земли. На первом месте этого оценочного показателя указывается эрозия, то есть разрушение горных пород и почв ветрами, льдами и водными потоками, что приводит к сглаживанию неровностей или расчленению рельефа, смыву плодородного слоя. Эрозия уменьшает площадь пашни, снижает плодородные почвы, затрудняет обработку полей, разрушает дороги и другие сооружения.

При определении ущерба от эрозии земельных ресурсов необходимо учитывать следующие показатели:

- площадь эродированных земель;
- среднюю глубину плодородного слоя (А+Б), устанавливаемого, исходя из его мощности, по основным типам несмытых почв.

В ходе исследований установлено, что по сравнению с несмытыми почвами на слабоэродированных угодьях теряется 25% гумусного горизонта А, на средних по

эродированности почвах – 75%, на сильноосмытых – весь горизонт А и 75% горизонта Б, а на площади оврагов – весь гумусовый слой горизонтов А и Б.

Полный прямой годовой ущерб от ветровой эрозии можно определить по формуле:

$$Q_g = \frac{3,62 \cdot 1250 \cdot t(V_{cp.})^3}{(18,5)^3 \cdot L \cdot N}, \quad (7)$$

где Q_g – вес потерь почвы от эрозии на один га; 3,62 – максимальная величина переноса мелкозема в пылевоздушном потоке шириной в один см при скорости ветра 18,5 м/сек.; 1250 – коэффициент пересчета с 80% на 100% мелкозема, отчужденного за пределы полей, соответственно скорректированный с учетом конечного выражения результата, т/га; t – число часов с пыльной бурей за год, равное произведению числа дней с пыльными бурями в год на среднюю продолжительность бури, час.; $V_{cp.}$ – средняя скорость ветра во время пыльных бурь в данном регионе, м/сек.; N – периодичность пыльных бурь; L – среднее расстояние переноса мелкозема во время пыльных бурь (м), которое определяется по формуле:

$$L = \frac{L_1 S_1 + L_2 S_2 + \dots + L_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (8)$$

где S_1, S_2, \dots, S_n – площади почв различного механического состава, га; L_1, L_2, \dots, L_n – расстояния переноса мелкозема при данном механическом составе почв, м.

б) Для частиц, оседающих со скоростью до 20 см/сек., принимается

$$K_2 = \left(\frac{1000(m)}{60(m) + Uh} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{4(m/сек.)}{1(m/сек.) + 4}, \quad (9)$$

в) Для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 см/сек., принимается $K_3 = 10$, независимо от значений $h, U, \Delta T, U$ [Орленок, 2000; Чернышев, 2002].

Величина K_1 принимается при расчетах ущерба от выбросов газообразных соединений, а также от пылевых выбросов, поступающих в атмосферу после аппаратов тонкой очистки.

Величина K_2 принимается при расчетах ущерба от пылевых выбросов, поступающих в атмосферу после аппаратов средней очистки.

Величина K_3 не зависит от высоты трубы и температуры отходящих газов и равна 10.

Степень воздействия человеческого фактора на устойчивое состояние земельных ресурсов, характеризуется следующими динамическими показателями [Сойер, 1993]:

- Стабильные – скорость увеличения площадей нарушенных земель менее 0,5% в год;
- Умеренно динамичные – площади нарушенных земель увеличиваются до 2% в год (возможно полная смена биогеоценотического покрова за 50-100 лет);
- Средне динамичные – площади нарушенных земель увеличиваются до 3% (возможно полная смена экосистем в течение 30-50 лет);
- Сильно динамичные – площади нарушенных земель увеличиваются более 4% в год (полная смена экосистем возможна за 25 лет).

В инженерно-геодезическом отношении очень важно определить способность некоторых пород давать просадку, то есть деформироваться под влиянием увлажнения.

нения и уменьшать свой объем. Наиболее отчетливо эта особенность выражена у лёссов и лёссовидных суглинков. Просадка лёссовых пород вызывает неравномерную осадку сооружений, что приводит к деформации фундаментов. Образованию в стенах сооружений трещин, неравномерному наклону сооружений, нарушению работы находящихся в зданиях механизмов.

Просадки возникают в результате увлажнения пород, в частности при подъеме уровня грунтовых вод под фундаментами сооружений, при наводнениях, землетрясениях и т. д.

В строительных нормах и правилах рекомендуется характеризовать просадочность толщ лёссовых пород величиной S , которая определяется по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \sigma_{np.i} + H_i + m, \quad (10)$$

где $\sigma_{np.i}$ – относительная просадочность породы, определяемая для каждого слоя лёссовой породы, см; H_i – толщина каждого слоя, см; n – число слоев в разрезе; m – коэффициент, принимаемый равным 2 в пределах слоя толщиной 1,5 в, где v – наименьший размер фундамента. Относительная просадочность каждого слоя $\sigma_{np.i}$ определяется по формуле:

$$\sigma_{np.i} = \frac{h - h'}{h_0}, \quad (11)$$

где h – высота образца пород с естественной влажностью обжатого давлением P_i в условиях невозможности бокового расширения; h' – высота того же образца после пропуска через него воды при сохранении того же давления; h_0 – начальная (до обжатия) высота образца породы с естественной влажностью и структурой; P_i – давление от веса сооружения и собственного веса породы.

Для определения степени просадочности следует пользоваться показателем просадочности, определяемым по формуле:

$$M = \frac{S_3}{S_n}, \quad (12)$$

где S_3 – осадка опытного штампа после замачивания породы при данном давлении; S_n – осадка штампа до замачивания.

Основной вывод, вытекающий из данной статьи: любое нарушение естественных форм рельефа местности искажает движение потоков ветра, что способствует сокращению растительного покрова, а, следовательно, вызывает эрозию почвы. Кроме того идет процесс осаднения на неровностях рельефа тяжелых металлов, которые связывают биологические компоненты, изменяя жизнедеятельность микроорганизмов почвы.

Литература

1. Ларин И.К. Журнал «Химия и жизнь – XXI век», № 7, 2000 г.
2. Орленок В.В. Основы геофизики: учебное пособие – Калининград, 2000 г.
3. Соьер К. Климатология: данные наблюдений из космоса говорят о существовании рек в атмосфере // Вашингтон пост, 1993 г.
4. Чернышев С.Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии. – М.: Высшая школа, 2002 г.

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55478

ANALYSIS OF THE STEADY STATE OF THE EARTH'S ATMOSPHERE BY THE METHODS OF GEODESY AND GEOPHYSICS

© 2014 T.A. Keloev^{1,2}, Dr. Techn. Sci., Prof., I.N. Gudieva²

¹Center of Geophysical Investigations VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov st., Vladikavkaz, 363002, Russia, E-mail: cgi_ras@mail.ru; ²North-Caucasian Mining & Metallurgical Institute (State Technological University), 44, Nicolaeva st., Vladikavkaz, 363002, Russia, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

The protection of the Earth's atmosphere – this is a question of morals, because, damaging natural medium, man does damage to one or other part or of the society, and also exerts unfavorable influence on other vital forms, thus reducing bio diversity.

Key words: the atmosphere, ozone layer, the troposphere.