

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на
озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ
АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник

(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

Рига, Латвия, e-mail: nyos@nyos.lv

Расчёты с применением компьютерной программы «SONATA» показали, что *спусковой механизм лимнологических катастроф*, произошедших в Камеруне на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986г., был *включён* в 1983г. воздействием атмосферных осадков.

В расчётах использованы данные мониторинга ежемесячных атмосферных осадков в окрестности озёр «NYOS» и «MONOUN» за период с 1929г. по 1988г..

Лимнологические катастрофы на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986г. были вызваны *мгновенным катастрофическим выбросом диоксида углерода из водопроницаемого осадка, расположенного под дном озёр.*

Дегазация вод озёр «NYOS» и «MONOUN» не может предотвратить в озёрах «NYOS» и «MONOUN» повторение *лимнологических катастроф, подобных катастрофам 1984г. и 1986г., спусковой механизм которых был включён воздействием атмосферных осадков.*

Включение спускового механизма под воздействием атмосферных осадков и последующие лимнологические катастрофы на озере «MONOUN» и на озере «NYOS» *могут произойти в любое время.*

По данным многолетнего мониторинга ежемесячных атмосферных осадков программа «SONATA» может прогнозировать *мгновенные и постепенные* (в т.ч. *катастрофические*) выбросы газа из водопроницаемого осадка озёр «Nyos» и «Monoun».

The Calculation with using the computer program "SONATA" has shown, that, *trigger mechanism of the limnological catastrophes*, who be happened in CAMEROON on lake "MONOUN" in 1984 and on lake "NYOS" in 1986 , *was switched on* by influence of the atmospheric precipitations in 1983.

The data of the monitoring of the monthly atmospheric precipitation in vicinities of the lakes "NYOS" and "MONOUN" per period with 1929 till 1988 are used in the calculation.

Limnological catastrophes on lake "MONOUN" in 1984 and on lake "NYOS" in 1986 , were caused by the *instantaneous ejections of the gaseous carbon dioxide* from the sediment stratum under the lake's bottom.

The *Degassing* the waters of the lakes "NYOS" and "MONOUN" can not prevent from the repetition in lakes "NYOS" and "MONOUN" of the limnological catastrophes, similar to the catastrophes of 1984 and of 1986 , in which the trigger mechanism was switched on by the influence of the atmospheric precipitations.

Under influence of the atmospheric precipitation *the trigger mechanism of the the limnological catastrophes* in the lake "Nyos" and the "Monoun" , in any time may *to be switched on* and in a certain time hereon *will happen of the limnological catastrophes.*

As of the data of long times of the monitoring of the monthly atmospheric precipitations the program "SONATA" may do of the forecast of the gaseous ejections(of the *instantaneous* or of the *slow* , including *catastrophical*) from the sediment stratum of the lakes "Nyos" and "Monoun".

Катастрофические выбросы газообразного диоксида углерода (CO₂) в Камеруне (22) из озера «Nyos» 21 августа 1986 г. и из озера «Monoun» 15 августа 1984 г. вызвали массовую гибель людей и животных, а также нанесли ущерб растительности.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник

(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**

02.06.2006

Катастрофы в Камеруне на озере «Nyos» и на озере «Monoun» отчетливо показали смертельную опасность внезапных выбросов из земных глубин больших количеств диоксид углерода на поверхность земли.

Изучение причин внезапных выбросов диоксида углерода особенно актуально в связи с влиянием диоксида углерода на темпы глобального потепления, в связи с работами по захоронению больших количеств диоксида углерода в глубинных геологических структурах (24).

На нашей планете имеется ряд других (озеро «Kivu» в восточной Африке, озеро «Mashu» в Японии, маар «Eifel» в Германии, озеро «Pavin» во Франции, «Mammoth Mountain» в США, ряд территорий в Италии) мест (1,2,3,22), в которых, согласно результатам настоящей статьи, выбросы газообразных диоксид углерода или метана могут вызвать катастрофические последствия.

Катастрофическими могут быть последствия утечки диоксид углерода из подземных геологических пластов, в которые его закачивают на долговременное (например, проект Statoil CO₂ закачки на Sleipner field) хранение (4,23).

В течение последних двадцати лет (5,6,7,8), изучались физико-химические процессы в объёме вод озёр «Nyos», «Monoun», «Kivu», оценивался вклад упомянутых процессов в *лимнологические катастрофы*, и высказывались предположения о *спусковом механизме лимнологических катастроф*.

Авторы работ (5,22) придерживаются гипотезы, согласно которой взрыв газа в озёрах «Nyos» и «Monoun» порождён высвобождением огромного количества, находящегося под давлением, диоксид углерода из *глубинных вод озёр*, в которых диоксид углерода был до этого растворён. В качестве *спускового механизма* предлагаются внешние возмущения (обвалы, ветры, дожди, землетрясения и др.) или внутренняя нестабильность (изменение плотности, температуры, кислотности, солёности и др.) вод озёр.

Согласно работе (6) газ образуется на большой глубине в магме, затем вблизи поверхности земли газ растворяется в подземных водах.

Растворённый в подземных водах CO₂ через источники на дне озера поступает с подземными водами в озеро и накапливается в его глубине.

Согласно *гипотезе (7) лимнологического взрыва*, концентрация CO₂ медленно растёт в столбе озерной воды, а затем, после *включения спускового механизма*, приводящего к местному перенасыщению CO₂ в водах озера, большая часть CO₂ высвобождается из *вод озера*.

Подобной же гипотезы о *лимнологическом взрыве*, применительно к озеру «Kivu», придерживаются авторы работы (8), по мнению которых *спусковым механизмом* высвобождения из озера «Kivu» диоксид углерода (CO₂) и метана (CH₄) может быть взрыв магмы в озере.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

Согласно работе (7) точная природа *спускового механизма* остаётся неизвестной.

В целом, в исследованиях *лимнологических катастроф* за истекшие двадцать лет превалировало изучение процессов в объёме вод озёр «Nyos» и «Monoun». В то же время, мало изучен вклад в *лимнологические катастрофы* процессов вне объёма вод озёр, включая, процессы питания напорных водоносных горизонтов водами атмосферного происхождения, процессы зарядки вод диоксид углеродом и метаном магматического происхождения, процессы поступления части водного раствора диоксид углерода (CO_2) и метана (CH_4) из напорного водоносного горизонта через водопроницаемый осадок в воды озёр, процессы течения водного раствора диоксид углерода и метана в водопроницаемом осадке.

Вместе с тем, для разумной интерпретации фактов, характеризующих *лимнологические катастрофы* на озёрах «Nyos» и «Monoun», наряду с оценкой вклада процессов, происходящих в объёме вод озёр, необходима оценка вклада процессов, происходящих вне объёма вод озёр «Nyos» и «Monoun».

Качественное и количественное описание механики *включения спускового механизма* катастрофических выбросов газа на озёрах «Nyos» и «Monoun» - ключ к решению задач прогнозирования сроков и масштабов выброса газа, обязательное условие обоснованного выбора мер по уменьшению разрушительных последствий катастрофических выбросов газа, и по обеспечению безопасного хранения больших количеств диоксид углерода в подземных геологических пластах.

Качественное и количественное описание *механики включения спускового механизма лимнологических катастроф* должно дать простое логическое объяснение следующим явлениям :

Катастрофические выбросы газа на озёрах «Nyos» и «Monoun» произошли **21 августа 1986г.** и **15 августа 1984г.**, и не происходили в обозримом прошлом; *Катастрофические* выбросы газа имели место на озёрах «Nyos» и «Monoun», и не имели места на других озёрах, расположенных в том же районе; Величины концентрации диоксид углерода в растворе на дне озёр «Nyos» и «Monoun» значительно отличаются; Величины концентрации диоксид углерода в растворе на дне озёр «Nyos» и «Monoun» непрерывно изменяются во времени.

Озёра «Nyos» и «Monoun» расположены в кратерах мааров, образовавшихся несколько сот лет назад после взрывов возникших при соприкосновении раскалённой лавы с подземными водами. Расположенные на противоположных сторонах горного массива «Mount Oku» на расстоянии 95 км одно от другого, озёра «Nyos» и «Monoun» обладают своеобразным сходством.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**

02.06.2006

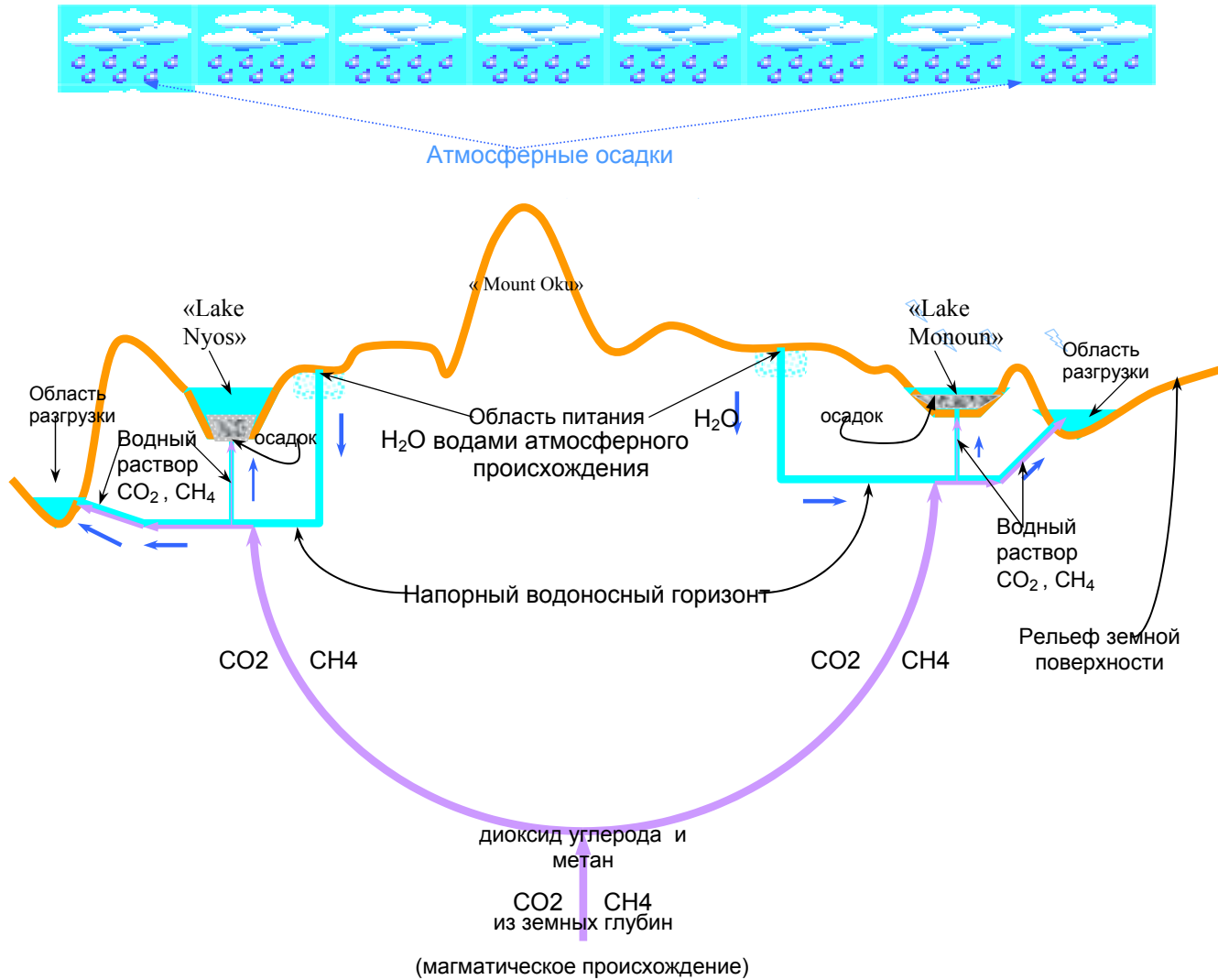


Рис.1. Схема образования водного раствора диоксид углерода и метана , питания этим раствором озёр «Nyos» и «Monoun».

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
02.06.2006

Сходство озёр «Nyos» и «Monoun» проявляется в сходстве их происхождения, в принадлежности к одной вулканической области (Oku Volcanic Field), в практическом совпадении последовательности и количества атмосферных осадков, выпадающих в их окрестностях, в наличии в озёрах водных растворов диоксид углерода и метана, и пренебрежимо малом изменении температуры воды на дне озёр.

В настоящей работе для описания механики процессов, порождающих *лимнологические катастрофы*, принята, показанная на **Рис.1.**, схема течения вод в водоносных породах и в водопроницаемом осадке, включающая схему питания напорных водоносных горизонтов водами атмосферного происхождения, схему зарядки вод диоксидом углерода и метаном магматического происхождения, и схему поступления части водного раствора диоксид углерода (CO_2) и метана (CH_4) из напорного водоносного горизонта в озёра через водопроницаемый осадок на дне озёр.

Принимая во внимание сходство озёр «Nyos» и «Monoun», описание, вышеупомянутой схемы течения вод в водоносных породах и водопроницаемом осадке (Рис.1.), можно сформулировать следующим образом :

Последовательность и количество атмосферных осадков, выпадающих на единицу площади земной поверхности в области питания напорного водоносного горизонта, одинаковы для каждой области питания в окрестности каждого из озёр «Nyos» и «Monoun»;

Количество и соотношение диоксид углерода (CO_2) и метана (CH_4), которыми земные глубины в единицу времени заряжают объём воды, протекающий в единицу времени через единицу площади поперечной к направлению течения в напорном водоносном горизонте под озером, неизменны в обозримые промежутки времени, и одинаковы для каждого напорного водоносного горизонта озёр «Nyos» и «Monoun»;

Каждое из озёр «Nyos» и «Monoun» расположено над областью напора отдельного напорного водоносного горизонта;

Каждое из озёр «Nyos» и «Monoun» соединено с областью напора отдельного водоносного горизонта;

Под дном каждого из озёр «Nyos» и «Monoun» находится слой водопроницаемого осадка;

Слой водопроницаемого осадка каждого из озёр «Nyos» и «Monoun» размещён на пронизанной разломами и микротрещинами горной породе, которая расположена между осадком и напорным водоносным горизонтом;

Разломы и микротрещины горной породы заполнены водоносной породой, по которой из области напора водоносного горизонта в водопроницаемый осадок каждого из озёр «Nyos» и «Monoun» течёт водный раствор диоксид углерода и метана магматического происхождения;

Напорный водоносный горизонт содержит водоносную породу, протянувшуюся из области питания в область разгрузки;

Между областями питания и разгрузки в глубине земли расположена область напора напорного водоносного горизонта;

В областях питания и разгрузки водоносные породы выходят на поверхность земли;

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**

02.06.2006

Область питания расположена выше области разгрузки;

Водное питание водоносных пород, выходящих на поверхность в области питания напорного водоносного горизонта, осуществляется благодаря просачиванию в них части атмосферных осадков, выпадающих в этой области;

Для напорных горизонтов озёр «Nyos» и «Monoun» одинакова часть атмосферных осадков, просачивающихся в водоносные породы через единицу площади поверхности области питания напорного водоносного горизонта;

Воды напорного водоносного горизонта текут в водоносной породе из области питания напорного водоносного горизонта в область разгрузки напорного водоносного горизонта;

В область напора напорного водоносного горизонта снизу, по разломам и тектоническим трещинам в вулканической породе, из магмы в глубине земли, поднимаются и растворяются в водах напорного водоносного горизонта диоксид углерода и метан, образуя водный раствор CO_2 и CH_4 ;

Напорные водоносные горизонты отличаются линейными вертикальными и горизонтальными размерами;

Водопроницаемые осадки под дном озёр отличаются линейными вертикальными размерами;

Озёра отличаются линейными вертикальными размерами;

Соотношение $(n'_{\text{CH}_4}/n'_{\text{CO}_2})$ мгновенных молярных концентраций n'_{CH_4} метана и диоксид углерода n'_{CO_2} , поднимающихся из магматических тел в глубине земли, остаётся, в пределах обозримых отрезков времени, постоянным;

Относительно небольшая часть водного раствора диоксид углерода и метана из области напора течёт в водоносной породе, заполняющей разломы и микротрещины горной породы, вдоль вертикали от области напора до нижней поверхности водопроницаемого осадка озера;

Основное количество водного раствора диоксид углерода и метана в напорном водоносном горизонте течёт из области напора в область разгрузки напорного водоносного горизонта ;

Слой водопроницаемого осадка и водоносная порода рассматриваются как гетерогенная смесь твёрдой пористой фазы (тела) с жидкостью (водный раствор диоксид углерода и метана, жидкий диоксид углерода) и газом (смесь газообразных диоксид углерода и метана) ;

Водный раствор диоксид углерода и метана рассматривается как вязкая несжимаемая жидкость ;

Температура водного раствора диоксид углерода и метана постоянна и положительна по шкале Цельсия;

Газ рассматривается как идеальная сжимаемая жидкость;

Твёрдая пористая фаза (тело) несжимаема, имеет ограниченную прочность на растяжение и разрушается при напряжениях растяжения в ней, равных или превышающих её прочность на растяжение;

Прочность на растяжение твёрдой пористой фазы в слое водопроницаемого осадка пренебрежимо мала по сравнению с прочностью на растяжение твёрдой пористой фазы в водоносной породе.

Качественное описание вышеупомянутой схемы течения вод в водоносных породах и водопроницаемом осадке использовано авторами настоящей работы при выводе замкнутой системы уравнений механики *включения спускового*

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
02.06.2006

механизма лимнологических катастроф воздействием атмосферных осадков (20), и развития таких лимнологических катастроф, включая, том числе, условия разрушения твёрдой пористой фазы в водопроницаемом осадке. Авторы настоящей работы, применив к гетерогенной смеси представления о многоскоростном континууме (9), показали, что условие разрушения твёрдой пористой фазы в водопроницаемом осадке (20) может быть записано в виде:

$$\sigma_{\text{прт}}(\theta^z, \tau) - \left(- [1/\varphi_{\tau}] \cdot \left\{ [P_{\text{фж}}(\tau)] + [(\rho'_{\text{ос}}(\tau, \theta^z) \cdot \rho_{\text{ос}}^0) / \rho_{\text{H}_2\text{O}}^0] \cdot [(\theta^z_{\text{ос}} - \theta^z)] - \right. \right. \\ \left. \left. - \varphi_{\text{г}}(\tau, \theta^z) \cdot P_{\text{г}}(\theta^z, \tau) - [\varphi_{\text{ф}}(\tau, \theta^z) \cdot ((P_{\text{фж}}(\tau)) - (P_{\text{фдн}}(\tau))) \cdot (\theta^z / \theta^z_{\text{ос}}) + (P_{\text{фдн}}(\tau))] \right\} \right) \leq 0, \quad [1.]$$

где

$\sigma_{\text{прт}}(\theta^z, \tau)$ – прочность (безразмерная, неотрицательная величина) на растяжение твёрдой пористой фазы (тело) в момент времени τ в точке с координатой θ^z ;

вычитаемое в левой части выражения [1.] описывает напряжения (безразмерные) в твёрдой пористой фазе (тело);

φ_{τ} – объёмная концентрация твёрдой пористой фазы (тело) в водопроницаемом осадке;

$\varphi_{\text{г}}(\tau, \theta^z)$ – объёмная концентрация газа (газовой смеси) в водопроницаемом осадке в момент времени τ в точке с координатой θ^z ;

$\varphi_{\text{ф}}(\tau, \theta^z)$ – объёмная концентрация водного раствора диоксида углерода и метана в водопроницаемом осадке в момент времени τ в точке с координатой θ^z ;

$P_{\text{фж}}(\tau)$ – гидростатическое давление (безразмерное) воды на границе раздела водопроницаемый осадок – воды озера ($\theta^z = \theta^z_{\text{ос}}$);

$P_{\text{г}}(\theta^z, \tau)$ – осреднённое давление (безразмерное) газа (газовой смеси) в момент времени τ в точке с координатой θ^z ;

$P_{\text{фдн}}(\tau)$ – осреднённое давление (безразмерное) в водном растворе диоксида углерода и метана в момент времени τ на границе раздела водопроницаемый осадок – водоносная порода ($\theta^z = 0$), заполняющая разломы и микротрещины горной породы, вдоль вертикали от области напора до нижней поверхности водопроницаемого осадка озера.

[$P_{\text{фдн}}(\tau)$ является функцией линейных горизонтальных и вертикальных размеров напорного водоносного горизонта, свойств водоносной породы, последовательности и количества атмосферных осадков, выпадающих и просачивающихся в водоносные породы в области питания водоносного горизонта];

$(\rho'_{\text{ос}}(\tau, \theta^z) \cdot \rho_{\text{ос}}^0)$ – величина осредненной плотности водопроницаемого осадка; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}^0$ – величина плотности воды;

θ^z – текущая координата (безразмерная) вдоль вертикали в объёме

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

водопроницаемого осадка ($0 \leq \theta^z \leq \theta^z_{oc}$);
 θ^z_{oc} - координата (безразмерная) точки (на вертикали) на границе раздела
 водопроницаемый осадок- воды озера;
 τ - момент времени (безразмерный).

Величина осреднённого давления газа $P_g(\theta^z, \tau)$ определяется величинами осреднённой мольной доли диоксид углерода $c_0(\theta^z, \tau)$ и осреднённого давления $P_f(\tau, \theta^z)$ в водном растворе диоксид углерода и метана в момент времени τ в точке осадка с координатой θ^z в соответствии с выражениями:

$$[c_0(\theta^z, \tau) - \chi_B \cdot P_g(\tau, \theta^z)] = 0 \text{ при } [c_0(\theta^z, \tau) / \chi_B] \geq [P_f(\tau, \theta^z)], \quad [2.]$$

$$[P_g(\tau, \theta^z)] = [P_f(\tau, \theta^z)] \text{ при } [c_0(\theta^z, \tau) / \chi_B] < [P_f(\tau, \theta^z)], \quad [3.]$$

где

$$c_0(\theta^z, \tau) = [n_{CO_2}(\tau, \theta^z) / (n_{H_2O} + n_{CH_4}(\tau, \theta^z) + n_{CO_2}(\tau, \theta^z))], \quad [4.]$$

$$\chi_B = [\xi_g \cdot \rho^0_{H_2O} \cdot g] / [\gamma_{CO_2} \cdot K'_{CO_2} + (n'_{CH_4} / n'_{CO_2}) \cdot (\gamma_{CH_4} \cdot K'_{CH_4})], \quad [5.]$$

$n_{CO_2}(\tau, \theta^z)$ – осреднённая мгновенная молярная концентрация диоксид углерода в водном растворе диоксид углерода и метана в момент времени τ в точке водопроницаемого осадка с координатой θ^z ,
 $n_{CH_4}(\tau, \theta^z)$ – осреднённая мгновенная молярная концентрация метана в водном растворе диоксид углерода и метана в момент времени τ в точке водопроницаемого осадка с координатой θ^z ,
 n_{H_2O} – осреднённая мгновенная молярная концентрация воды в водном растворе диоксид углерода и метана в момент времени τ в точке водопроницаемого осадка с координатой θ^z ,
 ξ_g – характерная длина (трубообразных полостей) в твёрдой пористой фазе водопроницаемого осадка,

g – величина ускорения силы тяжести,

K'_{CO_2} – константа Генри для диоксид углерода,

K'_{CH_4} – константа Генри для метана,

γ_{CO_2} – коэффициент активности для диоксид углерода,

γ_{CH_4} – коэффициент активности для метана,

$[\chi_B \cdot P_f(\tau, \theta^z)]$ – пороговое значение мгновенной мольной доли $c_0(\theta^z, \tau)$ диоксид углерода в водном растворе в момент времени τ в точке водопроницаемого осадка с координатой θ^z , ($\theta^z_{oc} \geq \theta^z \geq 0$).

Если мгновенная мольная доля $c_0(\theta^z, \tau)$ диоксид углерода меньше или равна пороговому значению, то давление газа $P_g(\theta^z, \tau)$ равно давлению в водном растворе диоксид углерода и метана (вязкая несжимаемая жидкость) $P_f(\tau, \theta^z)$ в момент времени τ в точке осадка с координатой θ^z .

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

Увеличение мгновенной мольной доли $c_0(\theta^z, \tau)$ диоксид углерода сверх порогового значения вызывает увеличение давления газа $P_g(\theta^z, \tau)$ до величин превышающих давление $P_f(\tau, \theta^z)$.

С увеличением давления газа $P_g(\theta^z, \tau)$ напряжение сжатия в твёрдой пористой фазе обращается в нуль и вместо него возникает и растёт напряжение растяжения. В момент времени, когда напряжение растяжения в твёрдой пористой фазе становится равным или большим прочности на растяжение твёрдой пористой фазы $\sigma_{прт}(\theta^z, \tau)$, твёрдая пористая фаза разрушается.

Если мольная доля $c_0(\theta^z, \tau)$ диоксид углерода в водном растворе диоксид углерода и метана в любой точке водопроницаемого осадка меньше порогового значения, то выполняется соотношение [3.], а соотношения [1.], [2.] не выполняются. При этом выброс газа из водопроницаемого осадка в воды озера не происходит, т.е. выброс газа *нулевой*.

Транспортировка диоксид углерода и метана из водопроницаемого осадка в воды озера в этом случае осуществляется водным раствором текущим из водопроницаемого осадка в воды озера.

Если мольная доля $c_0(\theta^z, \tau)$ диоксид углерода в водном растворе диоксид углерода и метана в какой-либо точке (неподвижной) водопроницаемого осадка с координатой θ^z со временем увеличивается, то, при достижении и превышении порогового значения мольной долей диоксид углерода, может наступить такой период времени, когда в этой точке выполняется соотношение [2.], а соотношения [1.], [3.], не выполняются.

Если это происходит в поверхностном слое водопроницаемого осадка, то при переходе, в упомянутый период времени, водного раствора диоксид углерода и метана из водопроницаемого осадка в воды озера, диоксид углерода и метан, на границе раздела водопроницаемый осадок-воды озера ($\theta^z = \theta^z_{oc}$), диффундируют из перенасыщенного водного раствора в зародыши газовых пузырьков, присутствующие (11) в водах озера.

При этом, из водопроницаемого осадка в воды озера с раствором в единицу времени переходят диоксид углерода и метан в количестве пропорциональном мольным долям диоксид углерода и метана и скорости течения водного раствора диоксид углерода и метана.

Газовые пузырьки, образующиеся на границе раздела водопроницаемый осадок-воды озера, скачкообразно увеличиваясь в объёме, излучают изменяющееся во времени давление.

Изменяющееся во времени давление может восприниматься в атмосфере над озером как хлопки, взрывы или гул разной громкости.

Громкость определяется количеством образующихся в единицу времени газовых пузырьков, звуковым спектром создаваемым пульсацией оболочек газовых пузырьков при изменении их размеров.

Образовавшиеся на границе раздела водопроницаемый осадок - воды озера газовые пузырьки, пульсируя и увеличиваясь в объёме, всплывают к поверхности озера.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

Всплывающие газовые пузырьки кроме газа транспортируют (флотация) со дна озера соединения железа и других минералов, которые в дальнейшем обуславливают появление на поверхности озера окрашенных участков.

Подобным образом осуществляются *постепенные* (не мгновенные), относительно небольшие и регулярные выбросы газа. Продолжительность *постепенных* газовых выбросов – сутки и более. Количество, выделяющегося в единицу времени, газа при *постепенном* газовом выбросе–величина переменная.

Если в точке θ^z водопроницаемого осадка ($\theta^z < \theta^z_{oc}$) мольная доля $c_0(\theta^z, \tau)$ диоксид углерода, превысив пороговое значение, продолжает увеличиваться вплоть до величин , при которых выполняется соотношения [1.], то в момент времени, когда начнёт выполняться соотношение [1.], *мгновенно* разрушается верхний, толщиной $(\theta^z_{oc} - \theta^z)$, слой твёрдой пористой фазы водопроницаемого осадка.

Разрушение слоя твёрдой пористой фазы водопроницаемого осадка сопровождается *мгновенным* освобождением и расширением, содержащейся в нём газообразной смеси диоксид углерода и метана (газ), которая образует поток газовых пузырьков, всплывающих к поверхности озера.

Мгновенное разрушение на большой площади слоя твёрдой пористой фазы водопроницаемого осадка и расширение, содержащейся в нём газообразной смеси, порождают звуковое поле (грохот), которое, в некоторых местах, может восприниматься как землетрясение.

Звуковое поле, порождённое двумя различными физическими процессами (разрушение твёрдой пористой фазы, расширение газообразной смеси), обладает, по меньшей мере, двумя, несовпадающими по времени, максимумами, которые могут восприниматься как отдельные сильные взрывы.

Под воздействием звукового поля в дальнейшем разрушается часть (не более 1%) слоя твёрдой пористой фазы водопроницаемого осадка, расположенного под точкой с координатой θ^z . Звуковое поле вызывает последующее увеличение массы и объёма газа в потоке газовых пузырьков, в том числе, в водном растворе диоксид углерода и метана в разрушенном слое водопроницаемого осадка. Увеличение массы и объёма газа происходит путём диффузии в газовые пузырьки диоксид углерода и метана из перенасыщенного водного раствора (*газовая кавитация*), содержащегося в разрушенном слое водопроницаемого осадка .

При *газовой кавитации* потоки всплывающих пузырьков (*поле пузырьков*) издают свист или шипящий звук (10).

Поле пузырьков, при этом, может излучать визуально наблюдаемый в темноте свет (11).

Скорость подъёма пузырьков диаметром 0,1–2,0 см равна 20-30 см/сек (12,13).

Поле всплывающих газовых пузырьков увлекает вверх часть глубинных, заряженных диоксид углеродом и метаном, вод озера. Газ, выделяющийся (*кавитация*) из этих глубинных вод, увеличивает объём газового выброса .

Газовый выброс подобного типа происходит в течение часа и менее, сопровождается выбросом большого количества газа из водопроницаемого осадка и выглядит *мгновенными* на шкале времени медленно текущих процессов в напорных водоносных горизонтах и водопроницаемом осадке.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

Твёрдые частицы из разрушенного слоя водопроницаемого осадка впоследствии оседают на дно озера, покрывая его ровным слоем.

Мгновенные газовые выбросы происходят сравнительно редко и могут быть катастрофическими.

Согласно сказанному, газовые выбросы из водопроницаемого осадка могут быть:

Нулевыми;

Постепенными;

Мгновенными.

Нулевые газовые выбросы не являются *катастрофическими*.

Мгновенные и *постепенные* выбросы газа в зависимости от количества выброшенного газа могут быть *катастрофическими*, а могут и не быть *катастрофическими*.

Столб диоксид углерода высотой 0,2 м., смешиваясь с воздухом, способен образовать столб 15 % (объёмн.) воздушной смеси высотой в 1,5 м.. Вдыхание этой воздушной смеси смертельно для человека (21).

Катастрофическими являются газовые выбросы, при которых высота столба газа (диоксид углерода) выброшенного в течение суток над поверхностью выброса превышает, в пересчёте на нормальные (1 атм., 278,1⁰К) условия, 0,2 м.. *Катастрофические* выбросы газа смертельно опасны для человека.

Постепенные и *мгновенные* выбросы (*не катастрофические*) газа из водопроницаемого осадка озера могут быть причиной смерти людей и животных в единичных случаях.

При *катастрофических мгновенных* и *постепенных* выбросах газа из водопроницаемого осадка озера происходит массовая гибель людей, животных и растительности на озере и в его окрестностях.

Постепенные катастрофические выбросы газа не сопровождаются ощутимыми механическими разрушениями.

Мгновенные катастрофические выбросы газа сопровождаются ощутимыми механическими разрушениями.

Авторами настоящей работы, на основе вышеупомянутой замкнутой системы уравнений механики *включения спускового механизма* и развития *лимнологических катастроф*, разработана компьютерная программа “SONATA”.

Программа “SONATA” производит количественную оценку процессов *включения воздействием атмосферных осадков спускового механизма лимнологических катастроф*, и процессов последующего развития этих *лимнологических катастроф*. Программа “SONATA” также производит расчёт изменения мольных долей диоксид углерода и метана в водных растворах в водопроницаемом осадке и в водоносной породе, определение сроков газовых выбросов и количества, выбрасываемых при этом, газообразных CO₂ и CH₄.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

В настоящей работе программа “SONATA” применена для расчёта процессов, породивших в 1984г. и в 1986г. *лимнологические катастрофы* в озёрах «Nyos» и «Mopoun».

Программа “SONATA” позволяет рассчитывать газовые выбросы из водоносной породы, порождающие *лимнологические* и другие *катастрофы*, вызванные газовыми выбросами в других местах земного шара.

При толщине осадка 10 м. и параметрах, характеризующих озёра «Nyos» и «Mopoun», разрешающая способность программы “SONATA” по срокам газовых выбросов равна +/- 10 суток.

В расчётах использованы исходные данные, которые характеризуют диоксид углерода и метан магматического происхождения. Данные диоксид углерода и метана биогенного или техногенного происхождения оставлены без внимания.

В исходных данных озёр «Nyos» и «Mopoun» в программе “SONATA” использованы данные мониторинга ежемесячных атмосферных осадков (14) метеорологической станцией «BAMENDA», (WMO station code: 64893.1 BAMENDA, coordinates: 6.00N , 10,10E, 1608m), за период 1929г. – 1988г..

Станция «BAMENDA» расположена практически на равном расстоянии от озёр «Nyos» и «Mopoun». Период мониторинга ежемесячных атмосферных осадков, выполненного метеорологической станцией «BAMENDA», охватывает отрезок времени наибольший, по сравнению с другими станциями, список которых приведён в работе (15).

На **Рис.2.** показано распределение по годам количества ежегодных атмосферных осадков, определённое с использованием мониторинга ежемесячных атмосферных осадков метеорологической станцией «BAMENDA».

Программа “SONATA”, применена для расчёта *шести сценариев* газовых выбросов в озёрах «Nyos» и «Mopoun», указанных в шести правых колонках **Таблицы 1.**

Использованные при расчёте исходные данные, величины которых не указаны в настоящей работе, одинаковы для каждого сценария.

В **Таблице 1.** расстояния по вертикали и по горизонтали, характеризующие геометрию напорного водоносного горизонта, определяют, исходя, из взаимно однозначного отображения кривой линии, проходящей вдоль природного напорного водоносного горизонта, и ломаной линии, состоящей из вертикальных и горизонтальных отрезков прямой линии.

Длина соответственных участков линий при взаимно однозначном отображении не меняется.

Высоты и толщины, указанные в **Таблице 1.**, при взаимно однозначном отображении не меняются.

Ломаная линия, в дальнейшем, характеризует геометрию напорного водоносного горизонта.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

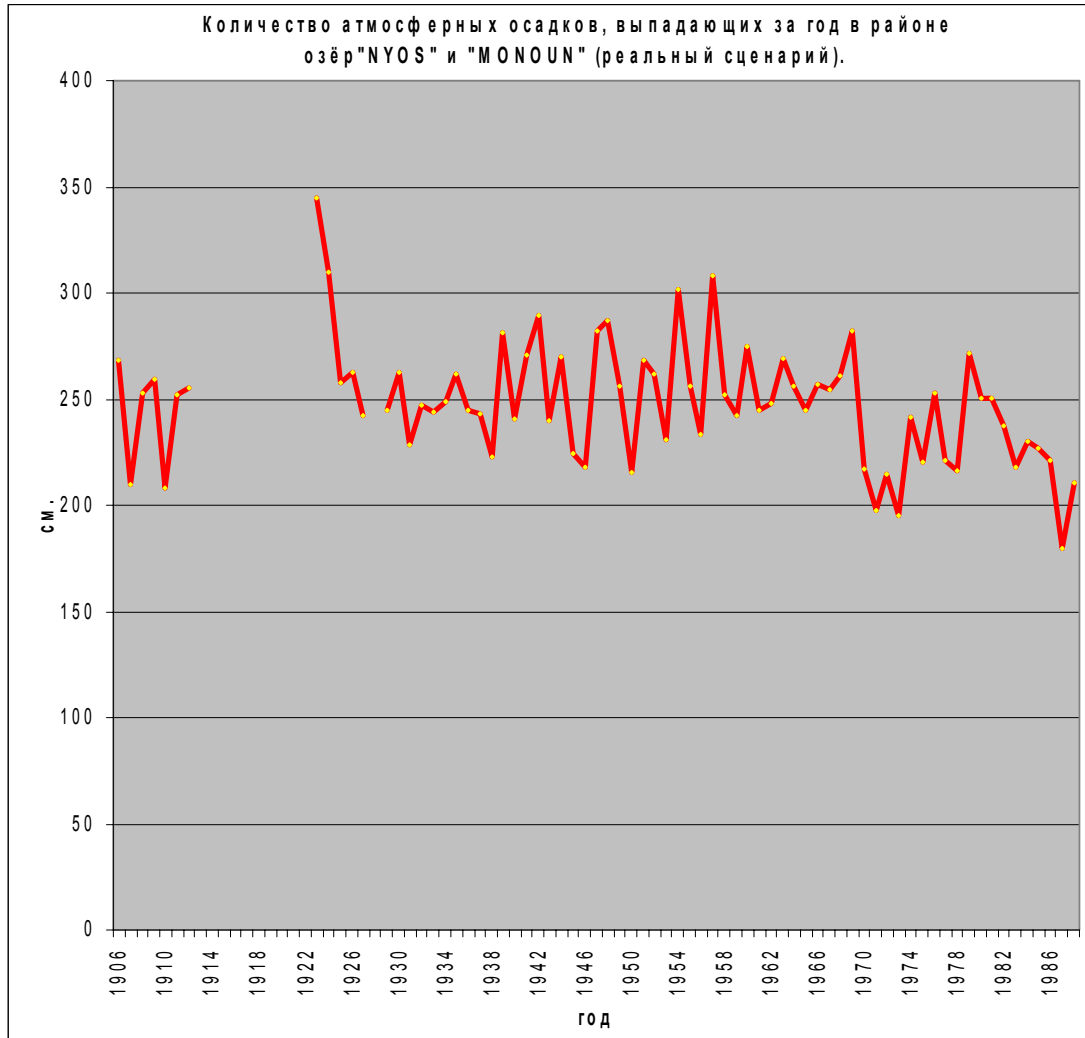


Рис. 2. Количество ежегодных атмосферных осадков в районе озёр «NYOS» и «MONOUN».

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**
02.06.2006

Таблица 1.

Параметры:	Озеро «Nyos»	Озеро «Mon oun»	Озеро «Nyos» R	Озеро «Mon oun» R	Озеро «Nyos» A	Озеро «Mon oun» A
Высота области питания напорного водоносного горизонта отн. ур. моря., м.	1148,97	1140,84	1148,97	1140,84	1152,97	1144,84
Высота области разгрузки напорного водоносного горизонта отн. ур. моря., м.	1079,21	1061,85	1079,21	1061,85	1079,21	1061,85
Высота поверхности озера отн. ур. моря., м.	1090,72	1027,05	1090,72	1027,05	1090,72	1027,05
Глубина озера, м.	209,00	95,24	209,00	95,24	209,00	95,24
Толщина слоя водопроницаемого осадка, м.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Расстояние по вертикали от нижней поверхности водопроницаемого осадка до области напора напорного водоносного горизонта, м.	61,34	89,94	61,34	89,94	61,34	89,94
Расстояние по вертикали от поверхности озера до области напора напорного водоносного горизонта, м.	280,34	195,18	280,34	195,18	280,34	195,18
Расстояние по горизонтали от области питания до области разгрузки напорного водоносного горизонта, м.	12000,00	7500,00	12000,00	7500,00	12000,00	7500,00
Расстояние по горизонтали от области питания напорного водоносного горизонта до озера, м.	6000,00	3000,00	6000,00	3000,00	6000,00	3000,00
(n'_{CH_4}/n'_{CO_2})	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Площадь дна маара, км ²	0,435	0,032	0,435	0,032	0,435	0,032
Площадь поверхности озера, км ²	1,580	0,526	1,580	0,526	1,580	0,526
Φ_T	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
$\Phi_g(\tau, \theta^z)$	0,020... ...0,200	0,020... ...0,200	0,020... ...0,200	0,020... ...0,200	0,020... ...0,200	0,020... ...0,200
$\Phi_f(\tau, \theta^z)$	0,400... ...0,580	0,400... ...0,580	0,400... ...0,580	0,400... ...0,580	0,400... ...0,580	0,400... ...0,580
Количество ежегодных атмосферных осадков в 1983 г., см.	217,90	217,90	228,80	228,80	217,90	217,90

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

Реальные сценарии, с использованием параметров из колонок **Озеро «Nyos»** и **Озеро «Monoun»** Таблицы 1., авторы настоящей статьи считают *правдоподобными*.

Термин *правдоподобный* в настоящей работе означает, что в исходных данных озёр «Nyos», «Monoun» и напорных водоносных горизонтов не все параметры получены в результате полевых измерений. Ряд параметров в исходных данных получен путём анализа косвенных данных по озёрам «Nyos» и «Monoun».

В колонках **Озеро «Nyos» R** и **Озеро «Monoun» R** Таблицы 1., *Реальный* сценарий выпадения атмосферных осадков заменён *Условным* сценарием, в котором параметры «Количество ежегодных атмосферных осадков в 1983 г.» в озёрах «Nyos» и «Monoun» увеличены на 5% по сравнению с данными станции «BAMENDA».

Замена *Реального* сценария *Условным* сценарием связана с необходимостью выяснения роли последовательности и количества атмосферных осадков в качестве регулятора мольных долей диоксид углерода и метана в водном растворе, текущем в области напора напорных водоносных горизонтов озёр «Nyos» и «Monoun».

В колонках **Озеро «Nyos» A** и **Озеро «Monoun» A** Таблицы 1., *Реальный* сценарий заменён *Изменённым* сценарием, в котором параметры топографии «Высота области питания напорного водоносного горизонта отн. ур. моря» озёр «Nyos» и «Monoun» увеличены на 4 метра.

Замена *Реального* сценария *Изменённым* сценарием связана с необходимостью объяснения экспериментально наблюдаемой разницы в мольных долях диоксида углерода в озёрах «Nyos», «Monoun» и в др. озёрах в том же районе.

Согласно **Рис 3.** (озеро «Nyos») и **Рис 8.** (озеро «Monoun»), максимальная мольная доля диоксид углерода (*Реальный* сценарий) в 1983 г. в точках смешивания в области напора напорного водоносного горизонта, питающего водным раствором диоксид углерода озеро «Nyos» или «Monoun», аномально высока по сравнению с максимальными мольными долями диоксид углерода в водном растворе в том же напорном горизонте в любой другой год за период 1929-1988 г.:

0,1940 в напорном горизонте озера «Nyos»;

0,0249 в напорном горизонте озера «Monoun».

Под воздействием атмосферных осадков 1983 года в водном растворе напорных водоносных горизонтов озёр «Nyos» и «Monoun» в 1983 году возникли вышеуказанные аномально высокие мольные доли диоксид углерода.

Последующее перемещение в водопроницаемый осадок озёр «Nyos» и «Monoun» раствора, характеризуемого упомянутыми аномально высокими мольными долями диоксид углерода, вызвало разрушение твёрдой пористой фазы водопроницаемого осадка в озере «Monoun» (**Рис 9.**) на **231 сутки 1984г.** и в озере «Nyos» (**Рис 4.**) на **239 сутки 1986г.**

В момент разрушения твёрдой пористой фазы водопроницаемого осадка мольная доля диоксид углерода в точке разрушения составляла:

0,1940 в водопроницаемом осадке озера «Nyos»;

0,0249 в водопроницаемом осадке озера «Monoun».

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**

02.06.2006

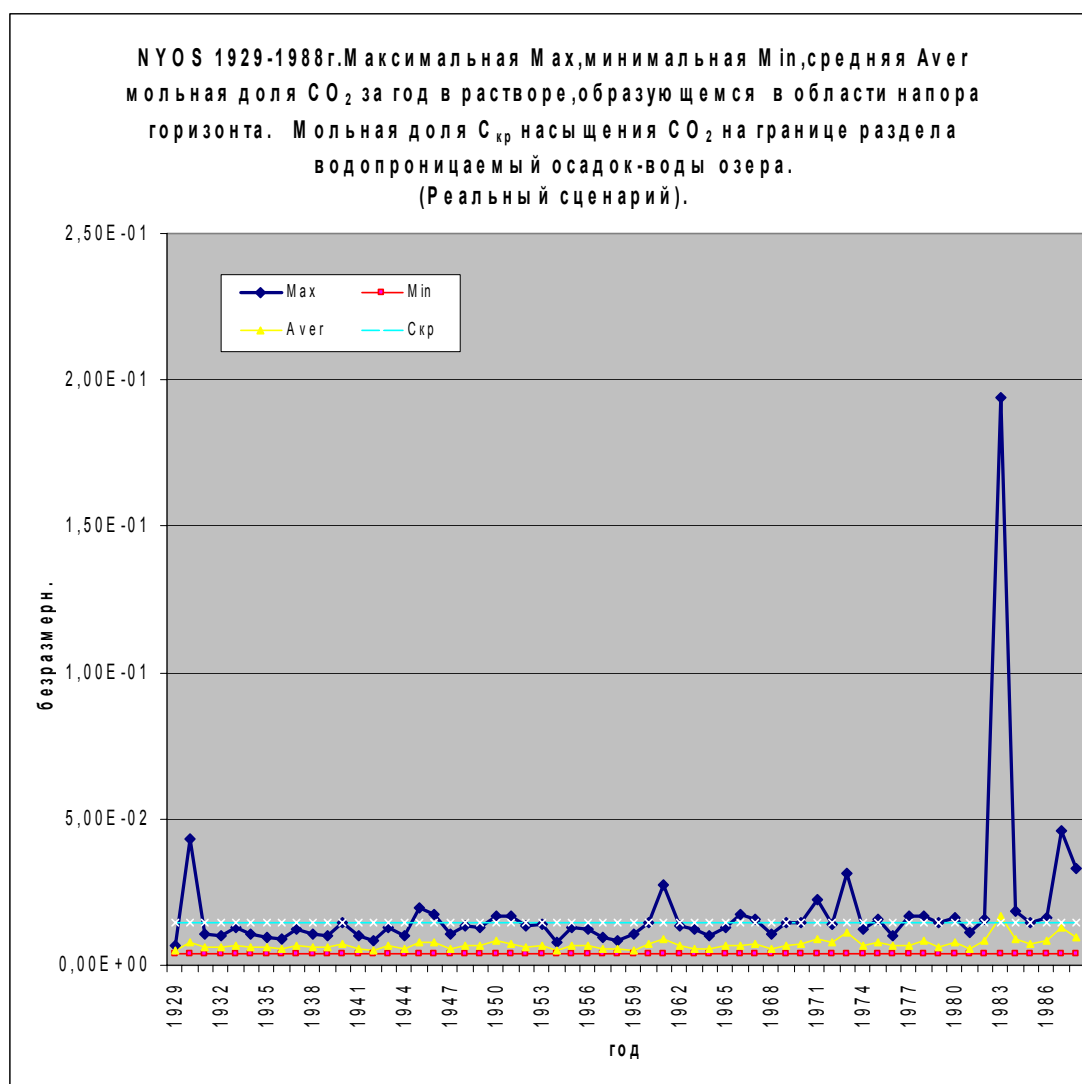


Рис. 3. NYOS 1929-1988г. распределение по годам максимальной Max ,
 минимальной Min и средней Aver мольных долей диоксида углерода в точке
 смешения в области напора напорного горизонта , а так же мольная доля
 насыщения $S_{\text{кр}}$ диоксид углерода на верхней поверхности водопроницаемого
 осадка . (Реальный сценарий).

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
 «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
 02.06.2006

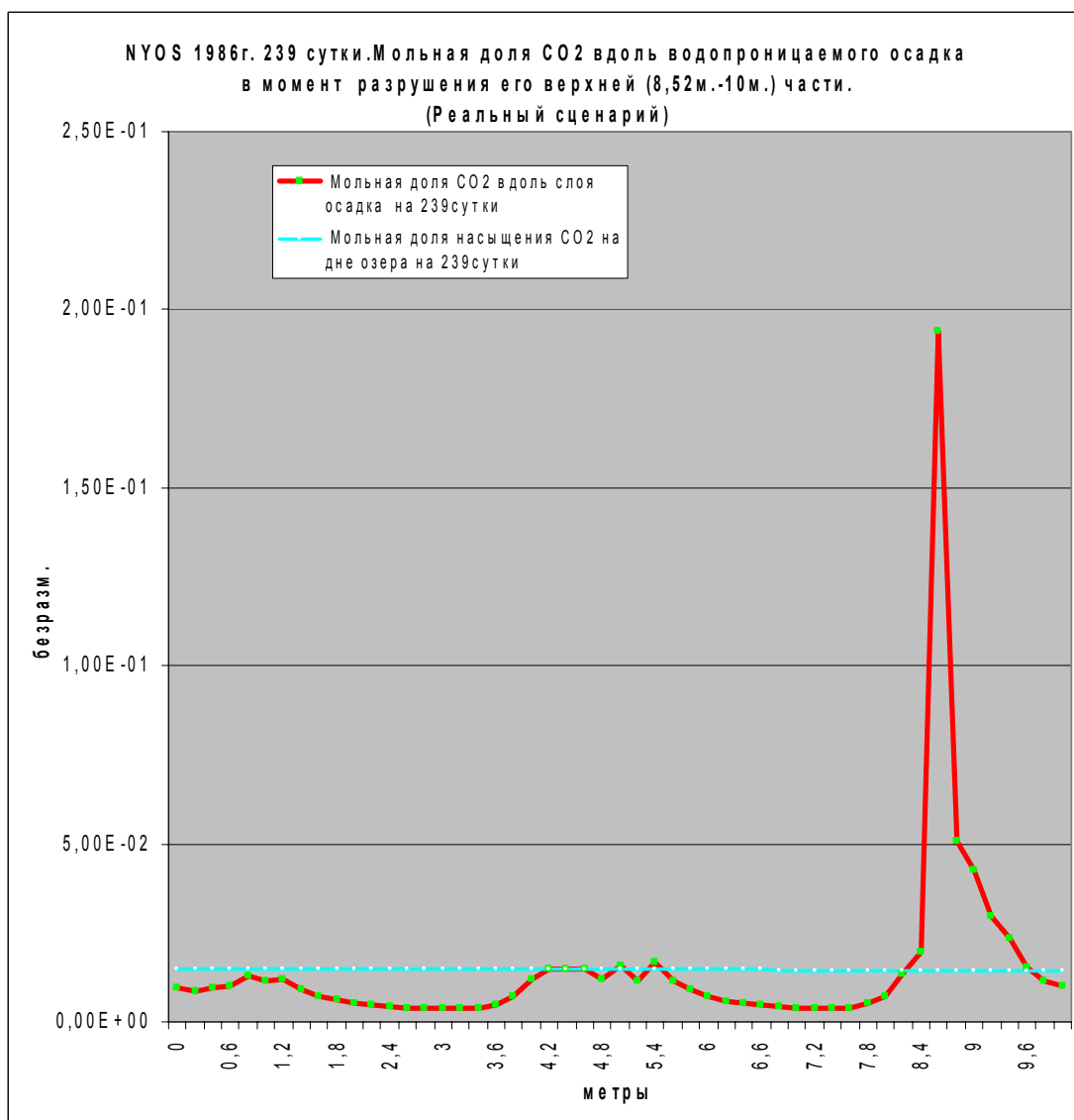


Рис. 4. NYOS 1986г. 239 сутки. Мольная доля диоксид углерода в водном растворе вдоль водопроницаемого осадка в момент разрушения его верхней (8,52м.-10м.) части и мольная доля насыщения диоксид углерода.
(Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**
02.06.2006

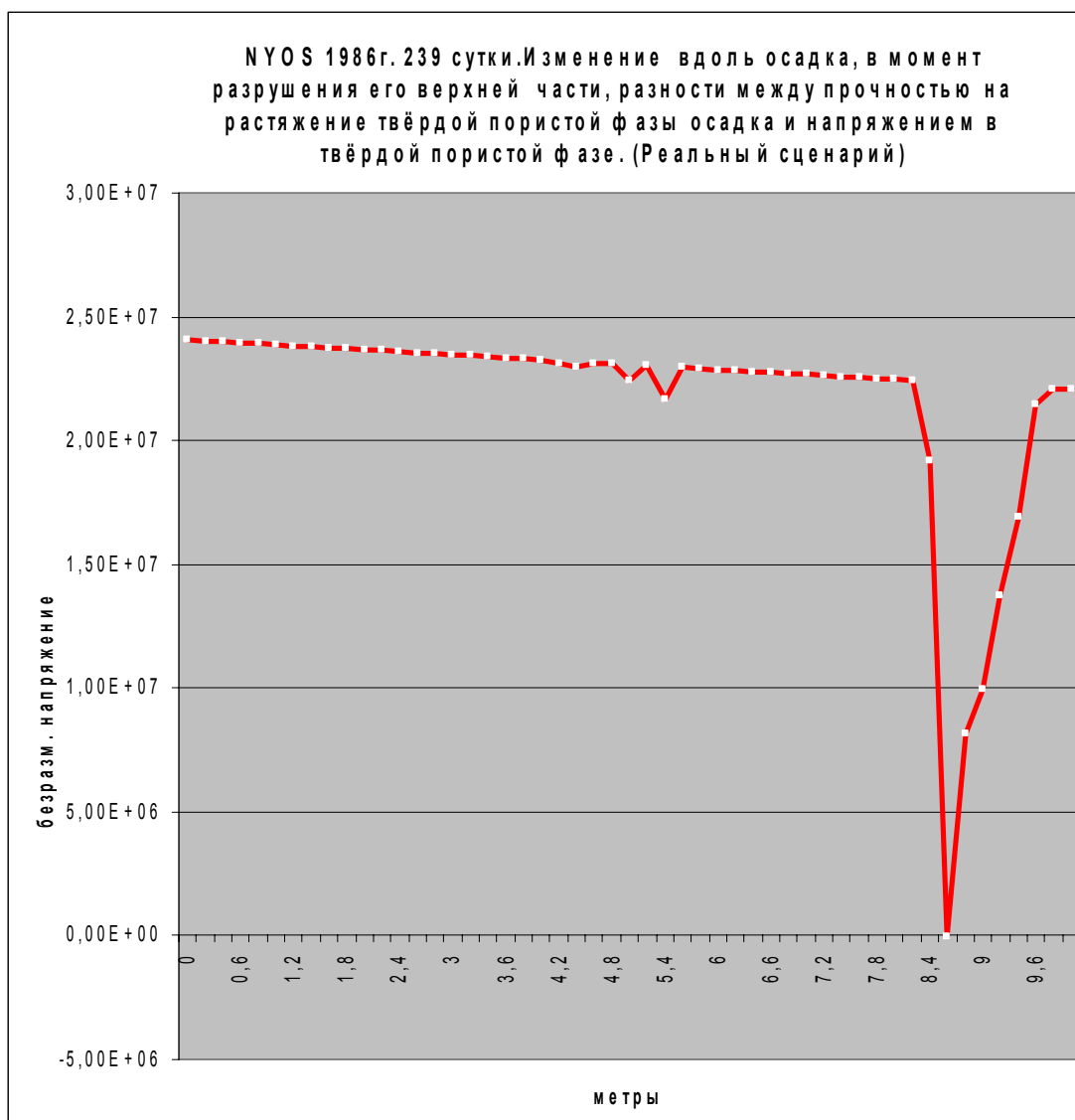


Рис. 5. NYOS 1986г. 239 сутки. Изменение вдоль осадка, в момент разрушения его верхней части, разности между прочностью на растяжение твёрдой пористой фазы осадка и напряжением в твёрдой пористой фазе. (Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

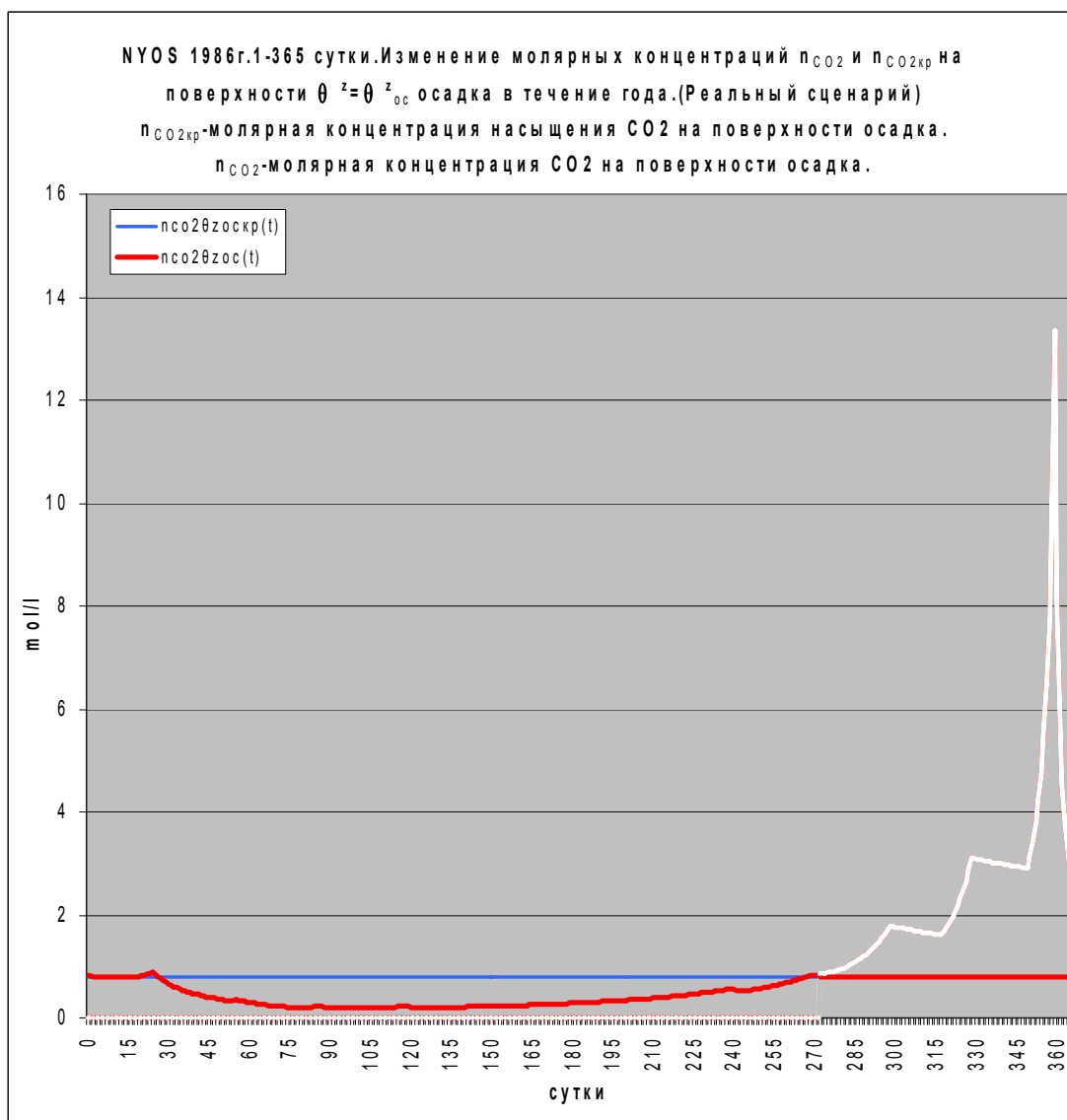


Рис. 6. NYOS 1986г.1-365 сутки. Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка в течение года.

n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка (красная линия).

$n_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка (синяя линия).

Кривая белого цвета показывает какой была бы молярная концентрация n_{CO_2} на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка, если бы не произошёл катастрофический выброс газа.

(Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
02.06.2006

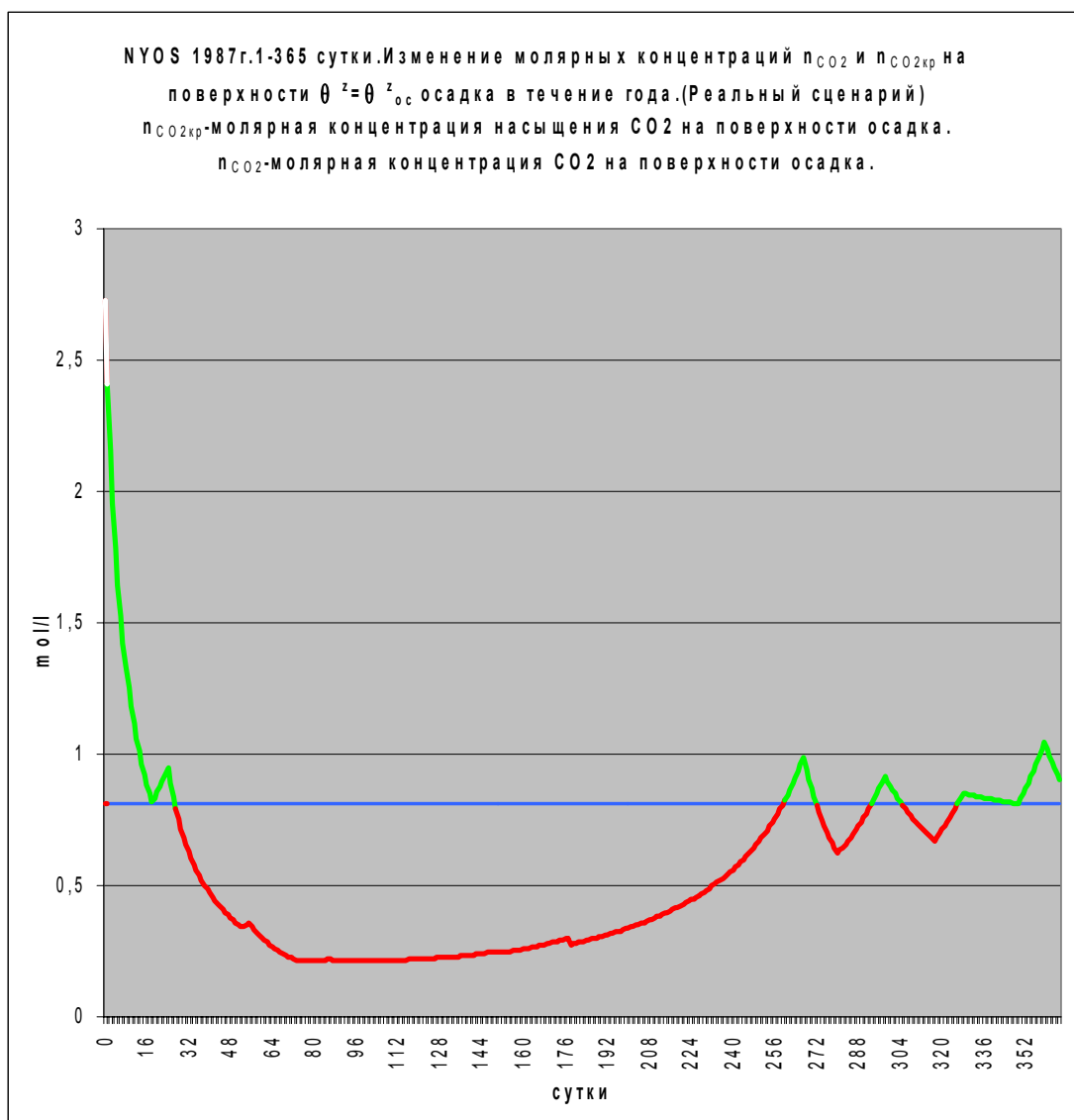


Рис. 7. NYOS 1987г.1-365 сутки. Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка в течение года.
 n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка (красный цвет- соответствует нулевым газовым выбросам; зелёный цвет соответствует постепенным газовым выбросам) .
 $n_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка (синий цвет).
 Кривая белого цвета показывает какой была бы молярная концентрация n_{CO_2} на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка, если бы не произошёл катастрофический выброс газа.
 (Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

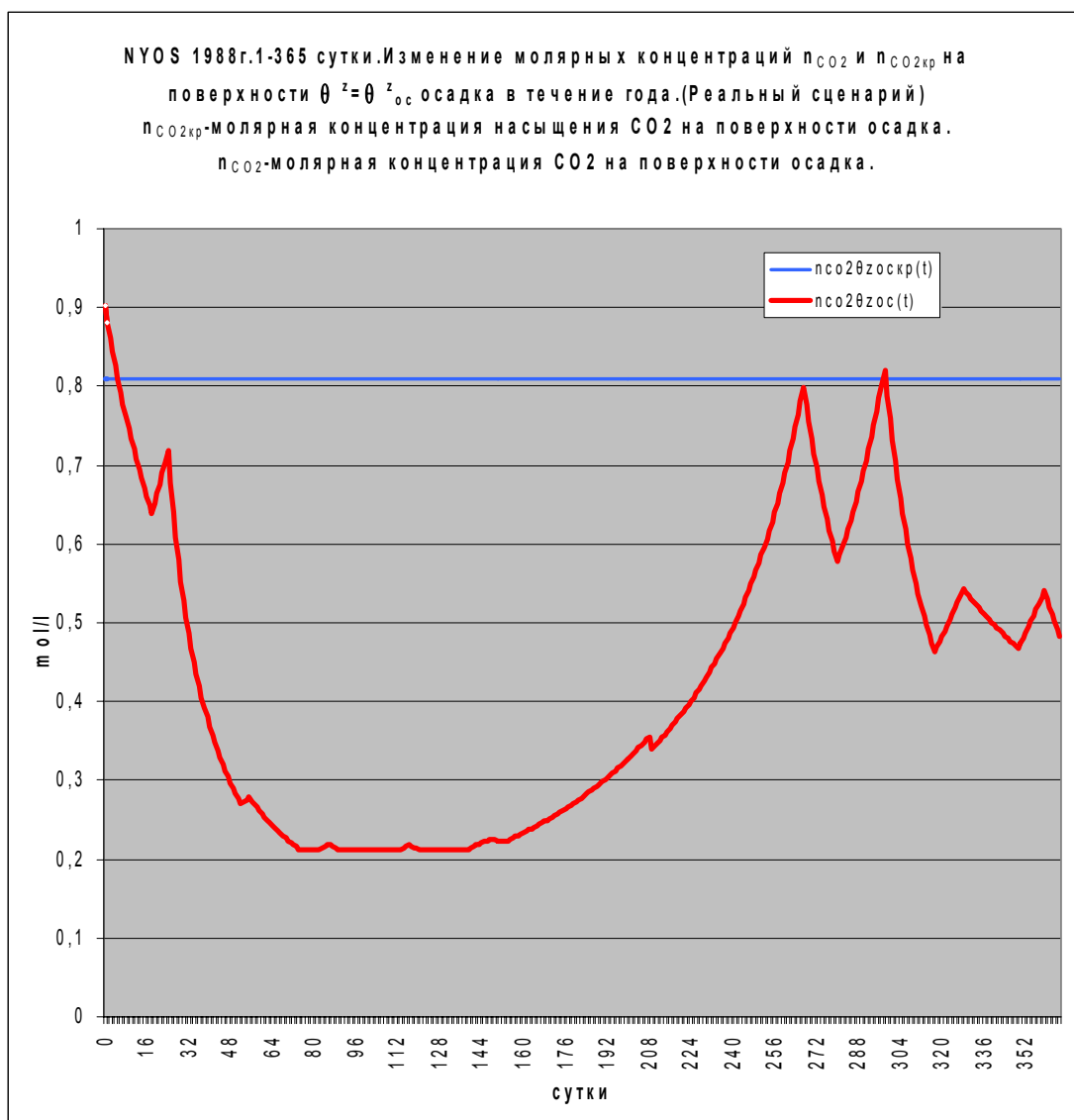


Рис. 7а. NYOS 1988г.1-365 сутки. Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка в течение года.
 n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка.
 $n_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка.
 (Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

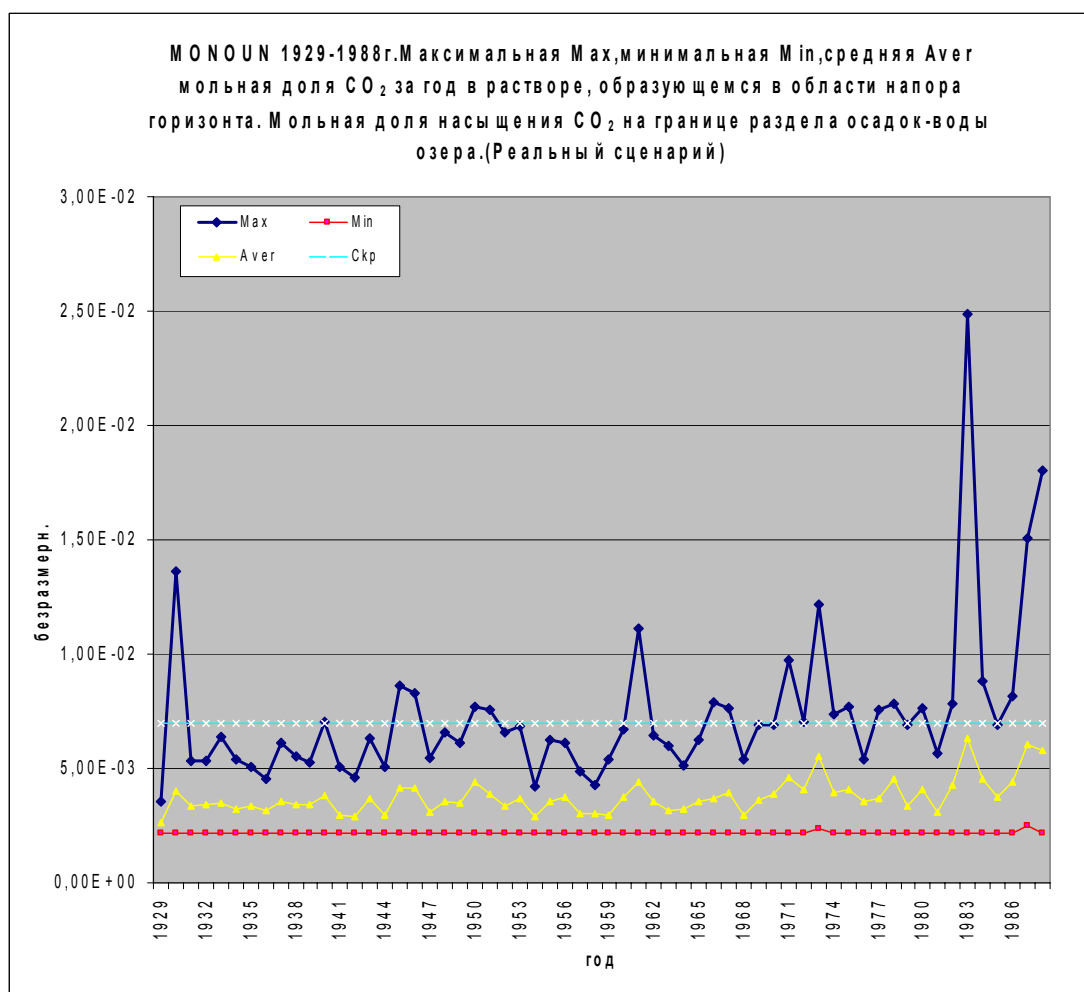


Рис. 8. MONOUN 1929-1988г. Максимальная Max, минимальная Min, средняя Aver мольная доля диоксида углерода за год в растворе, образующемся в области напора водоносного горизонта. Мольная доля насыщения CO₂ на границе раздела водопроницаемый осадок-воды озера. (Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**
02.06.2006

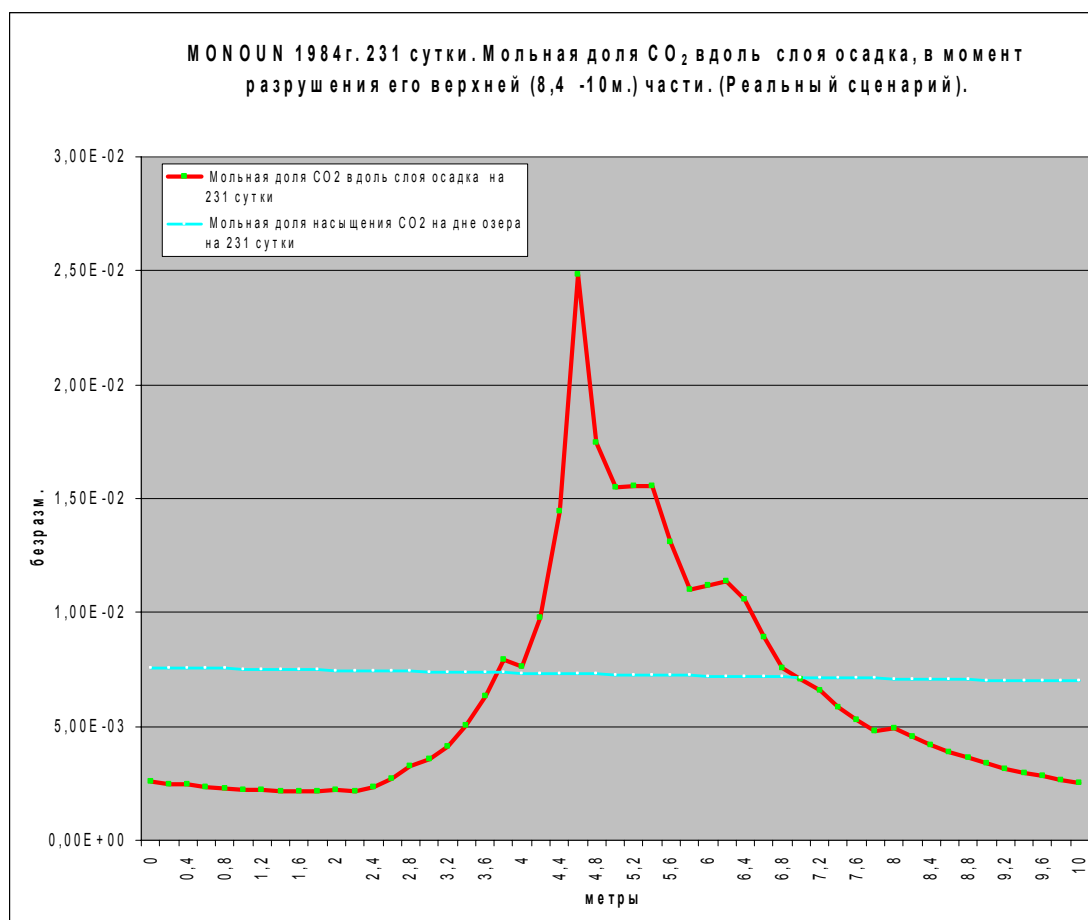


Рис. 9. MONOUN 1984г. 231 сутки. Мольная доля диоксид углерода в водном растворе вдоль водопроницаемого осадка в момент разрушения его верхней (8,4м.-10м.) части и мольная доля насыщения диоксид углерода вдоль слоя осадка на 231 сутки. (Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

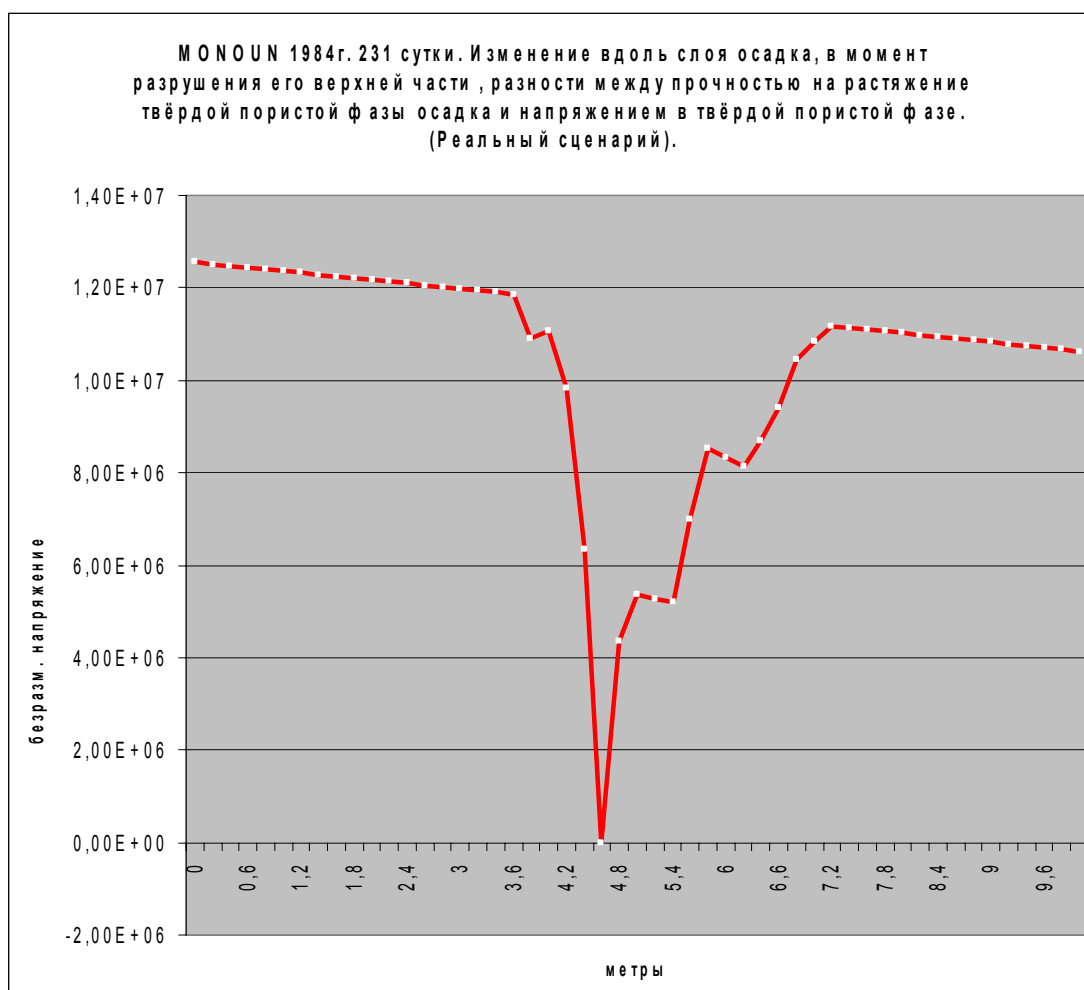


Рис. 10. MONOUN 1984г. 231 сутки. Изменение вдоль осадка, в момент разрушения его верхней части, разности между прочностью на растяжение твёрдой пористой фазы осадка и напряжением в твёрдой пористой фазе. (Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)



Рис. 11. MONOUN 1984г.1-365сутки.Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_{2кр}}$ на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка в течение года.
 n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка.
 $n_{CO_{2кр}}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка.
Кривая белого цвета показывает, какой была бы молярная концентрация n_{CO_2} на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка, если бы не произошёл катастрофический выброс газа.
(Реальный сценарий).

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

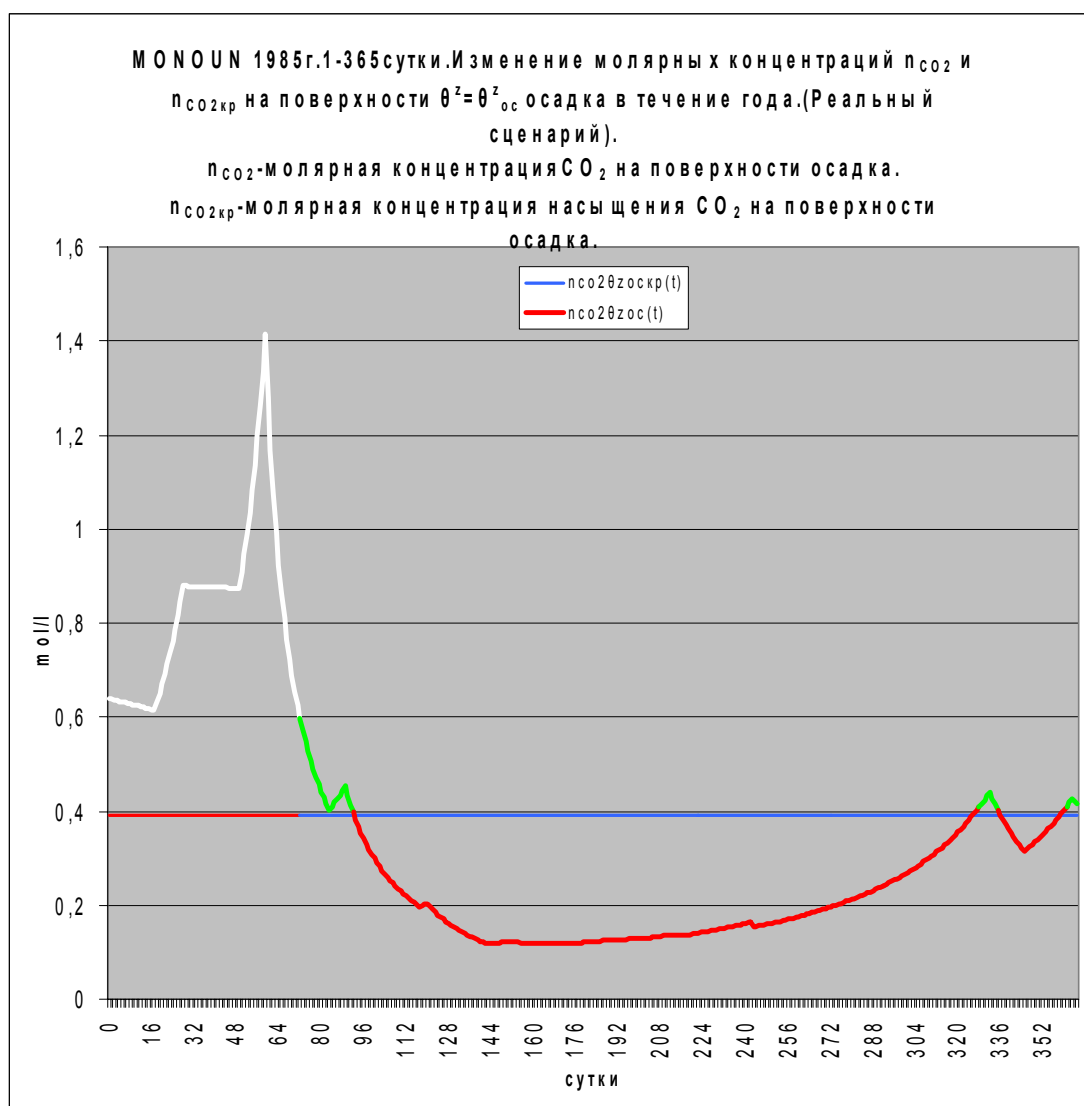


Рис.11а. MONOUN 1985 г.1-365 сутки. Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z = \theta_{oc}^z$ осадка в течение года.

n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка (красный цвет- соответствует нулевым газовым выбросам; зелёный цвет соответствует постепенным газовым выбросам) .

$n_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка (синий цвет).

Кривая белого цвета показывает какой была бы молярная концентрация n_{CO_2} на поверхности $\theta^z = \theta_{oc}^z$ осадка, если бы не произошёл катастрофический выброс газа.

(Реальный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

Рост мольных долей диоксид углерода в водном растворе водопроницаемых осадков озёр «Monoun» (**Рис 9.**) и «Nyos» (**Рис 4.**) до вышеуказанных аномально высоких величин вызвал повышение давление газа в водопроницаемом осадке. Повышение давления газа в осадке привело к возникновению и росту в твёрдой пористой фазе осадка напряжений растяжения.

В осадке озера «Monoun» (**Рис 10.**) напряжения растяжения на **231 сутки 1984 г.** превысили величину прочности на растяжение твёрдой пористой фазы, вызвали разрушение верхней части слоя (8,32м.-10м.) твёрдой пористой фазы с последующим *мгновенным* выбросом газа (**Рис 11., Рис 11а.**).

Исходя из **Рис 9.**, и из площади, заключённой на **Рис 11. , Рис 11а.** между кривой белого цвета, и горизонтальной синей прямой, высота столба газа, выброшенного на 231 сутки 1984 г. с поверхности (0,032 км²) дна маара на глубине 95 м, составила в озере «Monoun», в пересчете на нормальные условия (1 атм., 278,1⁰К), не менее 13,69 м..

В пересчете на всю поверхность (0,526 км²) озера «Monoun» средняя высота слоя, выброшенного, на 231 сутки 1984 г. со дна маара, газа составила, в пересчёте на нормальные (1 атм., 278,1⁰К) условия, 0,83 м.

Мгновенный выброс газа на озере «Monoun» на 231 сутки 1984 г. был *катастрофическим*.

Рассчитанные в настоящей работе срок выброса газа (231 сутки 1984 г.) и средняя высота слоя выброшенного газа (0,83 м.) в озере «Monoun» согласуются с таковыми (15 august 1984=227 сутки 1984г.; 0-3 m above the ground), упоминаемыми в сообщении (16).

В осадке озера «Nyos» (**Рис 5.**) напряжения растяжения на 239 сутки 1986 г. превысили величину прочности на растяжение в твёрдой пористой фазе.

В результате в водопроницаемом осадке озера «Nyos» на 239 сутки 1986 г. (**Рис 5.**) разрушилась верхняя часть слоя (8,52м.-10м.) твёрдой пористой фазы и произошел *мгновенный* выброс газа (**Рис 6.**).

Исходя из **Рис 4.**, и из площади, заключённой на **Рис 6.** и **Рис 7.** между кривой белого цвета, и горизонтальной красной прямой, высота столба газа, выброшенного на 239 сутки 1986 г. с поверхности (0,435 км²) дна маара на глубине 209 м, составила в озере «Nyos», в пересчёте на нормальные условия (1 атм., 278,1⁰К), не менее 30,29 м..

В пересчете на всю площадь (1,58 км²) озера «Nyos» средняя высота слоя, выброшенного на 239 сутки 1986 г. со дна маара, газа составила, в пересчёте на нормальные (1 атм., 278,1⁰К) условия, 8,34 м.

Мгновенный выброс газа на озере «Nyos» на 239 сутки 1986г. был *катастрофическим*.

Полученные расчётом срок выброса газа (239 сутки 1986 г.), высота столба газа (30,29 м) и средняя высота слоя выброшенного газа (8,34 м.) в озере «Nyos» согласуются с таковыми (21 august 1986=233 сутки 1986г.; 80 m above the lake (точка максимума на конусообразной поверхности уровня газового выброса); surge height reached (~6 m)), упоминаемыми в сообщении (17).

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

Согласно расчёту, в период времени до и после *мгновенного* (*катастрофического*) выброса газа (239 сутки 1986 г.), напряжения растяжения в осадке озера «Nyos» были меньше величины прочности на растяжение в твёрдой пористой фазе озера «Nyos».

Поэтому в период времени до (1929-238 сутки 1986 г.) и после (240 сутки 1986г.-1988 г.) *мгновенного* выброса газа (239 сутки 1986 г.) происходили только *нулевые* и *постепенные* (*не катастрофические*) выбросы газа из осадка озера «Nyos».

Согласно расчётам и в соответствии с **Рис. 7.**, **Рис 4.**, в период с 1 по 27 сутки 1987 г. (1-27 января 1987 г.) из водопроницаемого осадка в воды озера «Nyos» происходил *постепенный* выброс газа. Максимальная высота слоя газа, выбрасываемого в течение суток в указанный период с поверхности ($0,435 \text{ км}^2$) дна маара, не превышала в озере «Nyos», в пересчёте на нормальные (1 атм., $278,1^{\circ}\text{K}$) условия, $0,04 \text{ м.}$ Следовательно *постепенный* выброс газа с 1 по 27 сутки 1987 г. не был *катастрофическим*.

С учётом разрешающей способности (по срокам газовых выбросов) программы “SONATA”, события на озере «Nyos» с 30 декабря 1986г. по 2 января 1987 г. и с 20 января 1987 г. по 25 января 1987 г., описанные в работе (18) могут рассматриваться как этапы вышеуказанного *постепенного* выброса газа с 1 по 27 сутки 1987 г..

Согласно расчётам, **Рис. 7а.** молярная концентрация диоксид углерода в водном растворе в водах озера на дне озера «Nyos» 17 декабря 1988 (351 сут.) равнялась $0,480 \text{ mol/l}$, а 18 декабря 1988 (352 сут.) молярная концентрация равнялась $0,487 \text{ mol/l}$.

Указанные величины молярной концентрации диоксид углерода в водном растворе над дне озера «Nyos» согласуются с таковыми для озера «Nyos» (17-18 December 1988, Free CO_2 , 416-483 mmol/kg), описанными в работе (19).

В целом, согласно расчётам (*Реальный сценарий*) **Рис 3.** и **Рис 8.**, в озёрах «Nyos» и «Мопоун», за период 1929-1988 г. происходили *нулевые* и *постепенные* (*не катастрофические*) выбросы газа из водопроницаемого осадка озёр «Nyos» и «Мопоун».

Мгновенный выброс газа произошёл, согласно расчёта, в каждом из озёр по одному разу (на **231 сутки 1984г.** в озере «Мопоун», и на **239 сутки 1986г.** в озере «Nyos»).

Мгновенный выброс газа в каждом из озёр «Nyos» и «Мопоун» был *катастрофическим*.

Согласно расчётам, при увеличении в 1983 г. ежемесячных атмосферных осадков на пять процентов, по сравнению с данными станции «BAMENDA» (**Таблица 1.**, *Условный сценарий*), максимальные молярные доли диоксид углерода в 1983 г. в водном растворе в точках смешивания в области напора напорных водоносных горизонтов, питающих водным раствором диоксид углерода озеро «Nyos» или озеро «Мопоун», оставаясь наибольшими за период 1929-1988 г. (**Рис.12.**, **Рис.16.**), уменьшились бы по сравнению с молярными долями, вышеупомянутыми в *Реальном сценарии*, и равнялись бы:

0,1060 на **239 сутки 1986г.** в напорном горизонте озера «Nyos» (вместо **0,1940**);

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ,** произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

0,0213 на **231** сутки **1984**г. в напорном горизонте озера «Mopoun» (вместо **0,0249**).

Эти величины мольных долей диоксид углерода недостаточно велики для создания давления газа, при котором напряжения растяжения в твёрдой компоненте осадка оказались бы больше или равны прочности на растяжение твёрдой пористой фазы осадка (**Рис 14.**) и (**Рис 18.**) .

Согласно расчёта (*Условный сценарий*), если бы в 1983 г. ежемесячное выпадение атмосферных осадков в районе озёр «Nyos» и «Mopoun» было бы на пять процентов больше, по сравнению с данными станции «BAMENDA» , то за период 1929-1988 г. на озёрах «Nyos» и «Mopoun» не произошло бы ни одного *мгновенного*, в том числе *катастрофического*, выброса газа из водопроницаемого осадка.

Постепенные выбросы газа, в случае *Условного* сценария, за период 1929-1988г. только один раз были бы *катастрофическими*.

Сказанное показывает, что величина мольных долей диоксид углерода и метана в области напора напорных водоносных горизонтов озёр «Nyos» и «Mopoun» изменяется под воздействием атмосферных осадков.

В **1983** г. воздействие атмосферных осадков вызвало рост мольных долей диоксид углерода до аномально высоких величин и тем самым включило *спусковой механизм лимнологических катастроф* в озёрах «Nyos» и «Mopoun» (*Реальный сценарий*).

Спусковой механизм лимнологических катастроф, включённый атмосферными осадками в **1983**г., выключился после *мгновенных катастрофических* выбросов газа из водопроницаемых осадков в воды озёр:

в **1984**г. в озере «Mopoun»,

в **1986**г. в озере «Nyos».

Согласно расчёта, если бы «Высота области питания напорного водоносного горизонта отн. ур. моря» озёр «Nyos» и «Mopoun» была бы больше на 4 метра (**Таблица 1., Изменённый сценарий**) по сравнению с *Реальным сценарием*, то в 1983 г максимальные мольные доли диоксид углерода в водном растворе в точках смешивания в области напора напорных водоносных горизонтов, питающих водным раствором диоксид углерода озеро «Nyos» или озеро «Mopoun», хотя и остались бы наибольшими за период 1929-1988 г. **Рис.20., Рис. 22.** , но стали бы меньше мольных долей, вышеупомянутых в *Реальном сценарии*, и равнялись бы:

0,0594 в напорном горизонте озера «Nyos» (вместо **0,1940**);

0,0172 в напорном горизонте озера «Mopoun» (вместо **0,0249**).

Эти величины мольных долей диоксид углерода недостаточно велики для создания давления газа, при котором напряжения растяжения в твёрдой компоненте осадка оказались бы больше или равны прочности на растяжение твёрдой пористой фазы осадка .

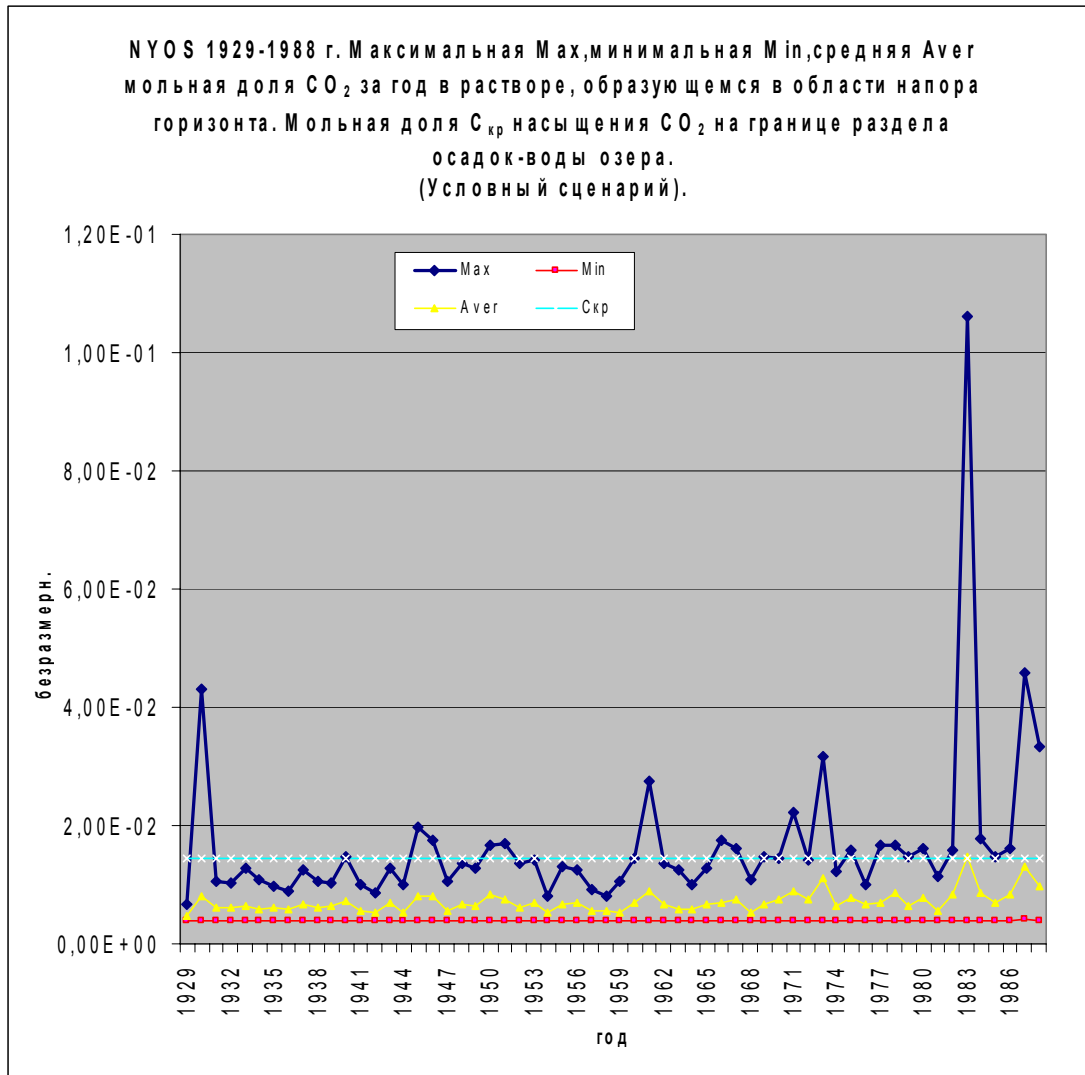


Рис.12. NYOS 1929-1988г.распределение по годам максимальной Max , минимальной Min и средней Aver мольных долей CO₂ в точке смешения в области напора напорного горизонта , а так же мольных долей насыщения C_{кр} диоксид углерода на верхней поверхности водопроницаемого осадка . (Условный сценарий).

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**

02.06.2006

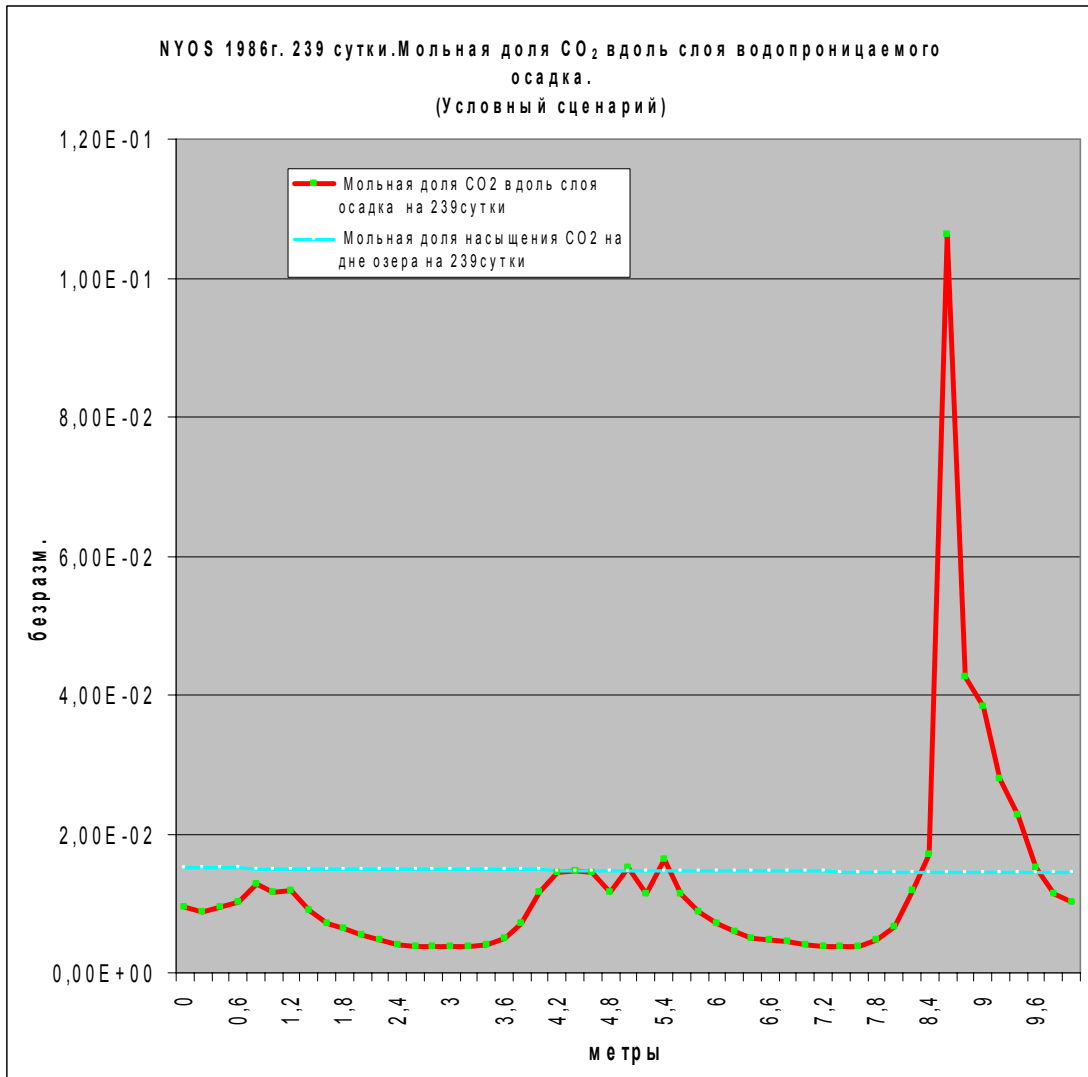


Рис. 13. NYOS 1986г. 239 сутки. Мольная доля диоксид углерода в водном растворе вдоль водопроницаемого осадка и мольная доля насыщения диоксид углерода вдоль слоя осадка на 239 сутки.
(Условный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
02.06.2006

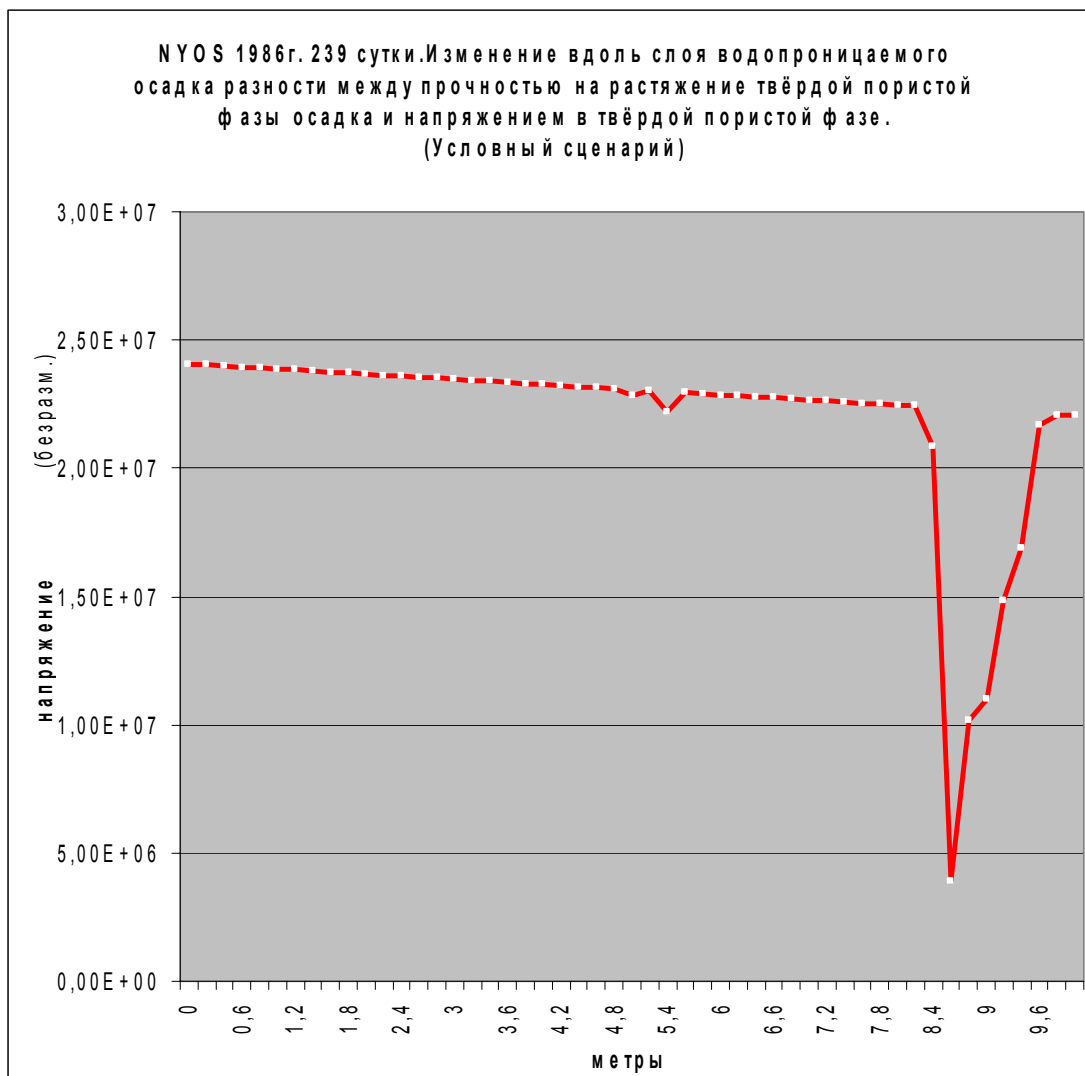


Рис. 14. NYOS 1986г. 239 сутки. Изменение вдоль осадка разности между прочностью на растяжение твёрдой пористой фазы осадка и напряжением в твёрдой пористой фазе.
(Условный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ,** произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
02.06.2006

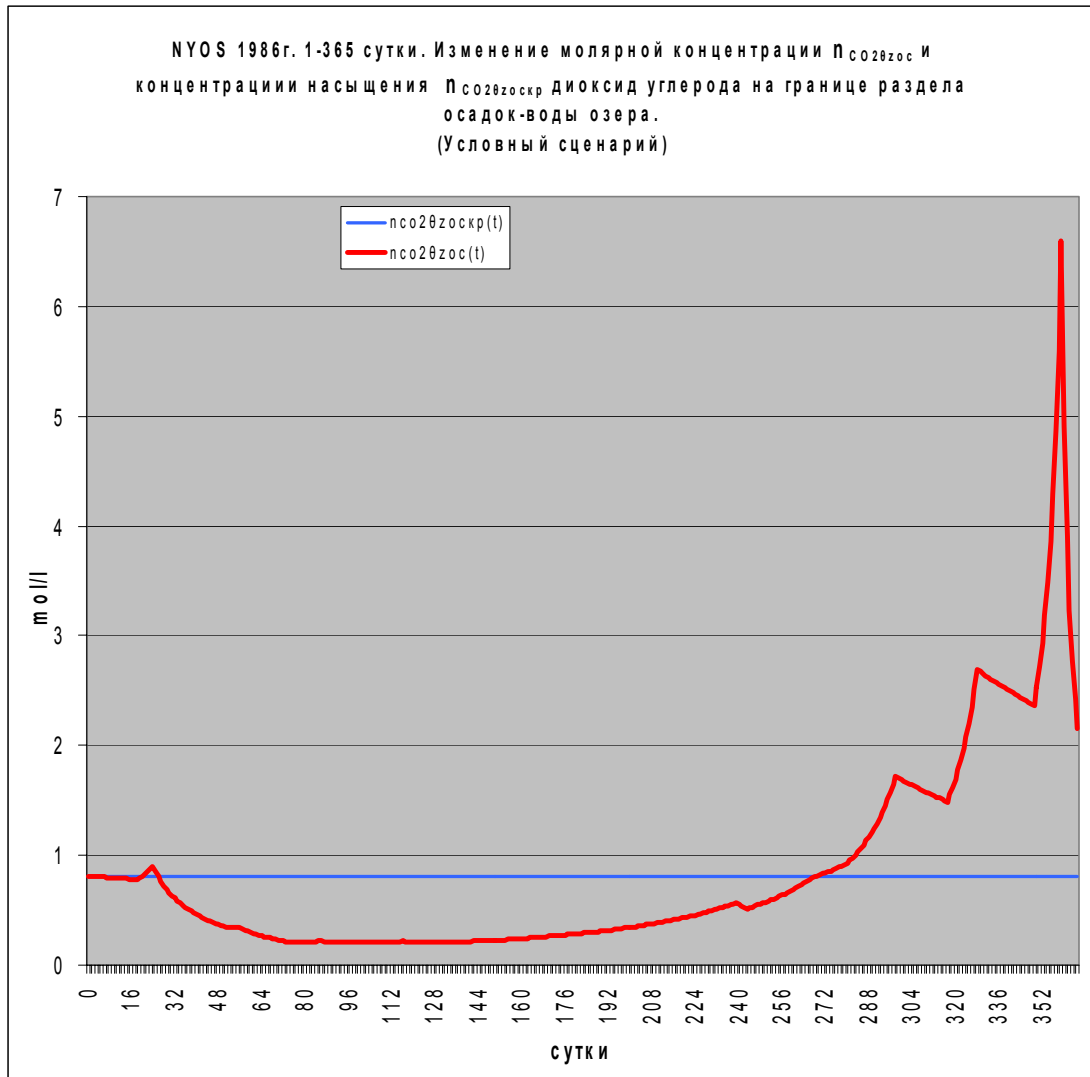


Рис.15. NYOS 1986г. 1-365 сутки. Изменение молярных концентраций p_{CO_2} и
 $p_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z = \theta^z_{oc}$ осадка в течение года.
 p_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка.
 $p_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка.
 (Условный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

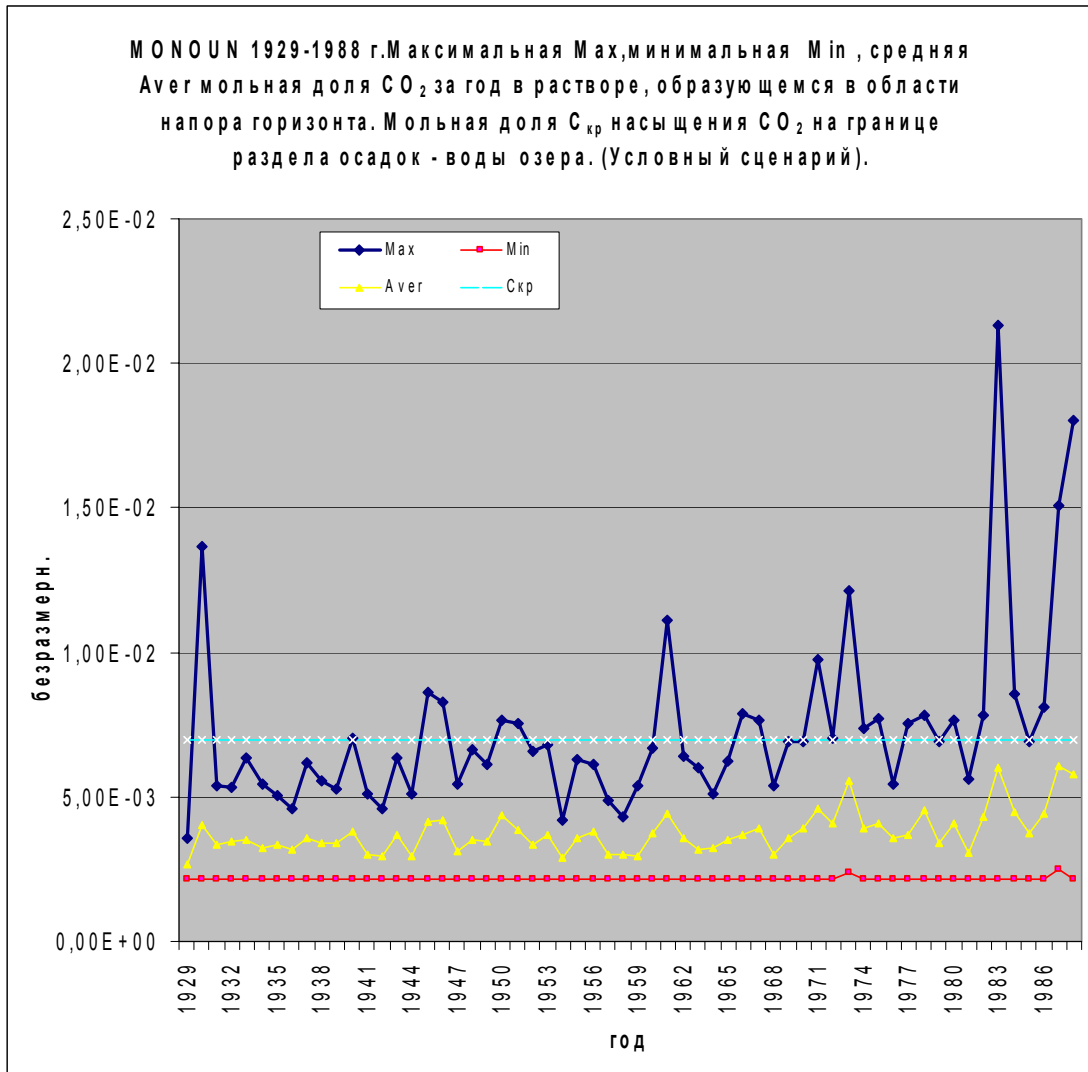


Рис. 16. MONOUN 1929-1988г. Максимальная Max, минимальная Min, средняя Aver мольная доля диоксид углерода за год в растворе, образующемся в области напора водоносного горизонта. Мольная доля насыщения CO₂ на границе раздела водопроницаемый осадок-воды озера. (Условный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ,** произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
02.06.2006

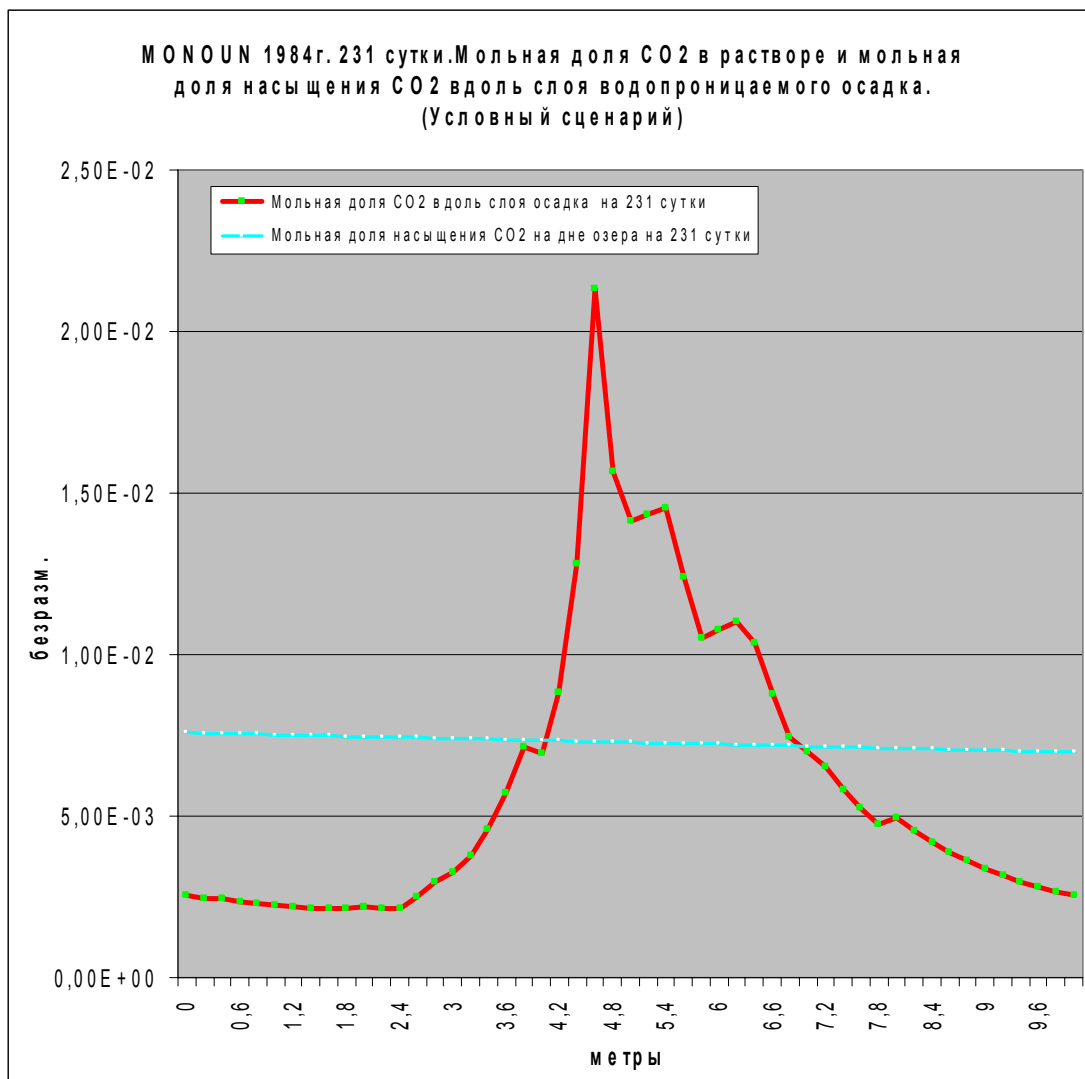


Рис. 17. MONOUN 1984г. 231 сутки. Мольная доля диоксид углерода в водном растворе вдоль водопроницаемого осадка и мольная доля насыщения диоксид углерода вдоль слоя осадка на 231 сутки.
(Условный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**
02.06.2006

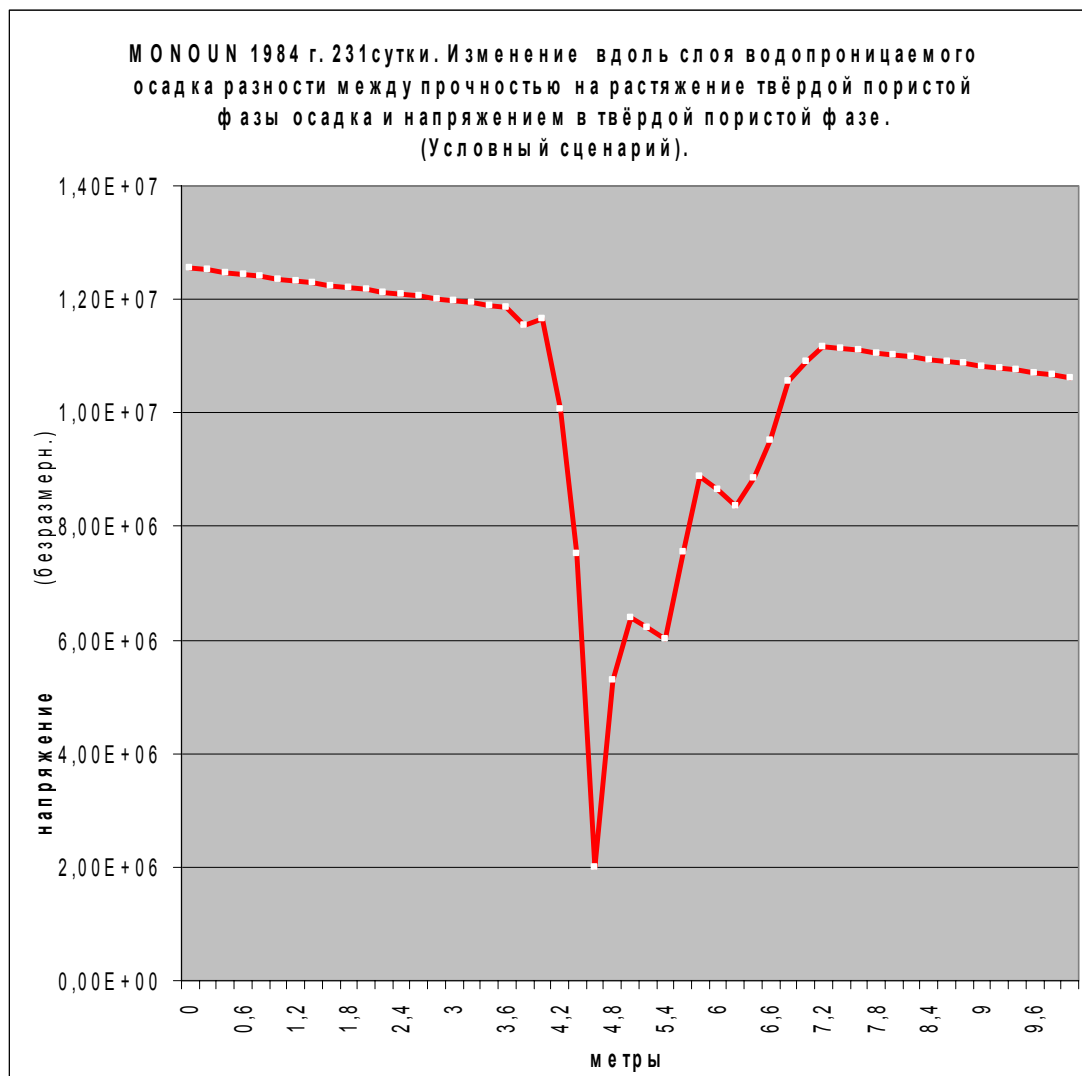


Рис. 18. MONOUN 1984г. 231 сутки. Изменение вдоль осадка разности между прочностью на растяжение твёрдой пористой фазы осадка и напряжением в твёрдой пористой фазе.
(Условный сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**
02.06.2006

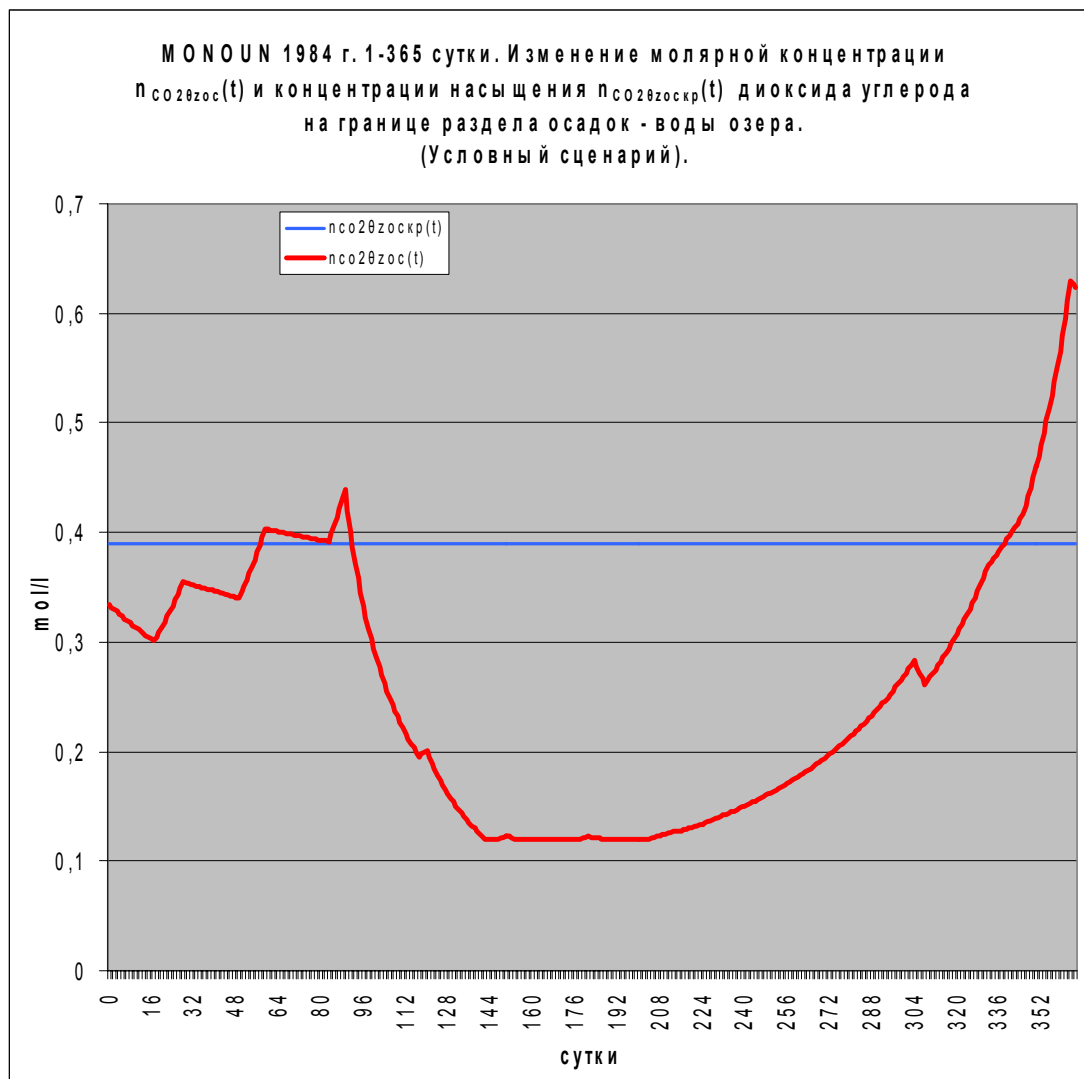


Рис. 19. MONOUN 1984г.1-365сутки.Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z=\theta^z_{oc}$ осадка в течение года.
 n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка.
 $n_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка.
 (Условный сценарий).

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
 ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
 «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**
 02.06.2006

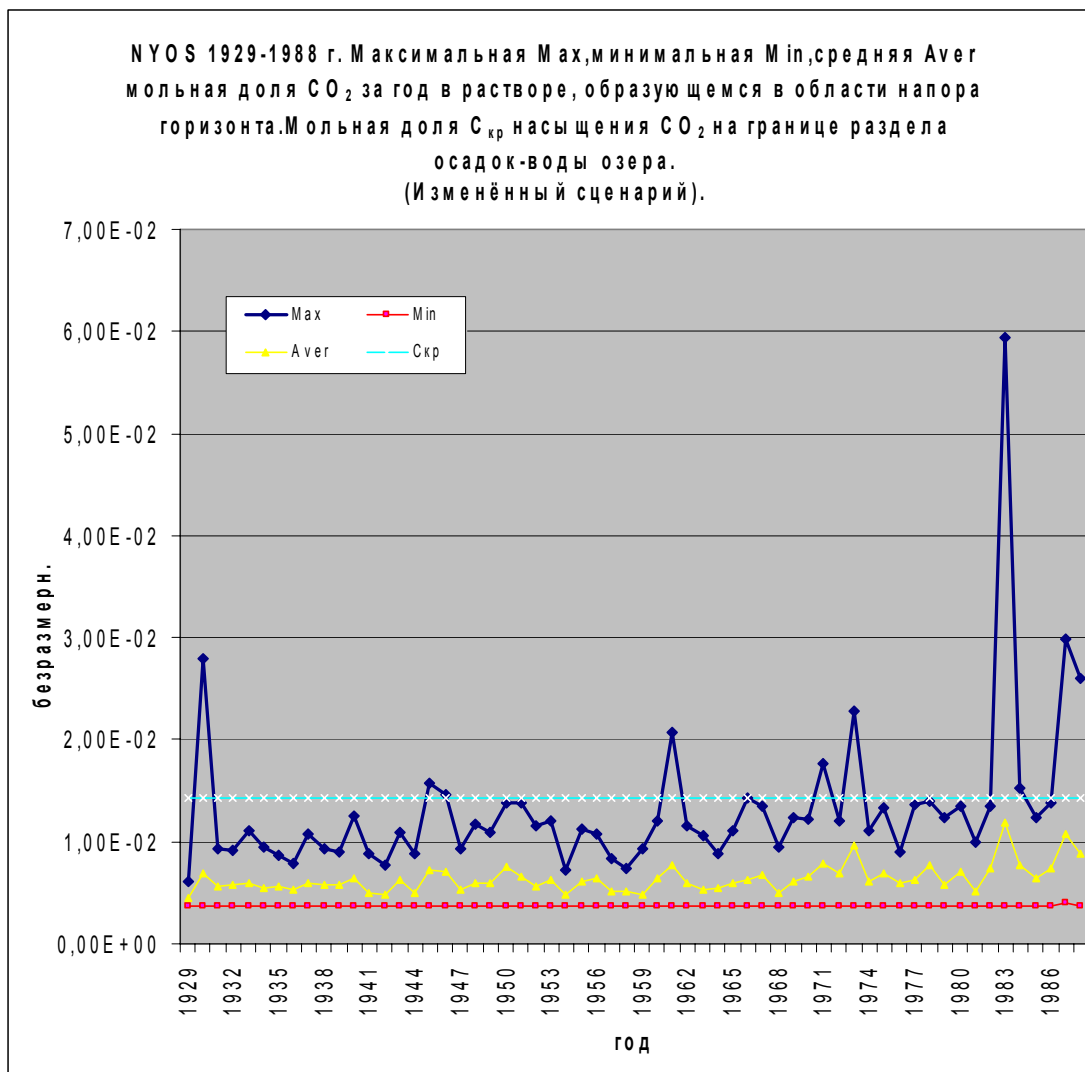


Рис.20. NYOS 1929-1988г.распределение по годам максимальной Max , минимальной Min и средней Aver концентраций CO₂ в точке смешения в области напора напорного горизонта , а так же концентрации насыщения C_{кр} диоксид углерода на верхней поверхности водопроницаемого осадка . (Изменённый сценарий).

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ,** произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
02.06.2006

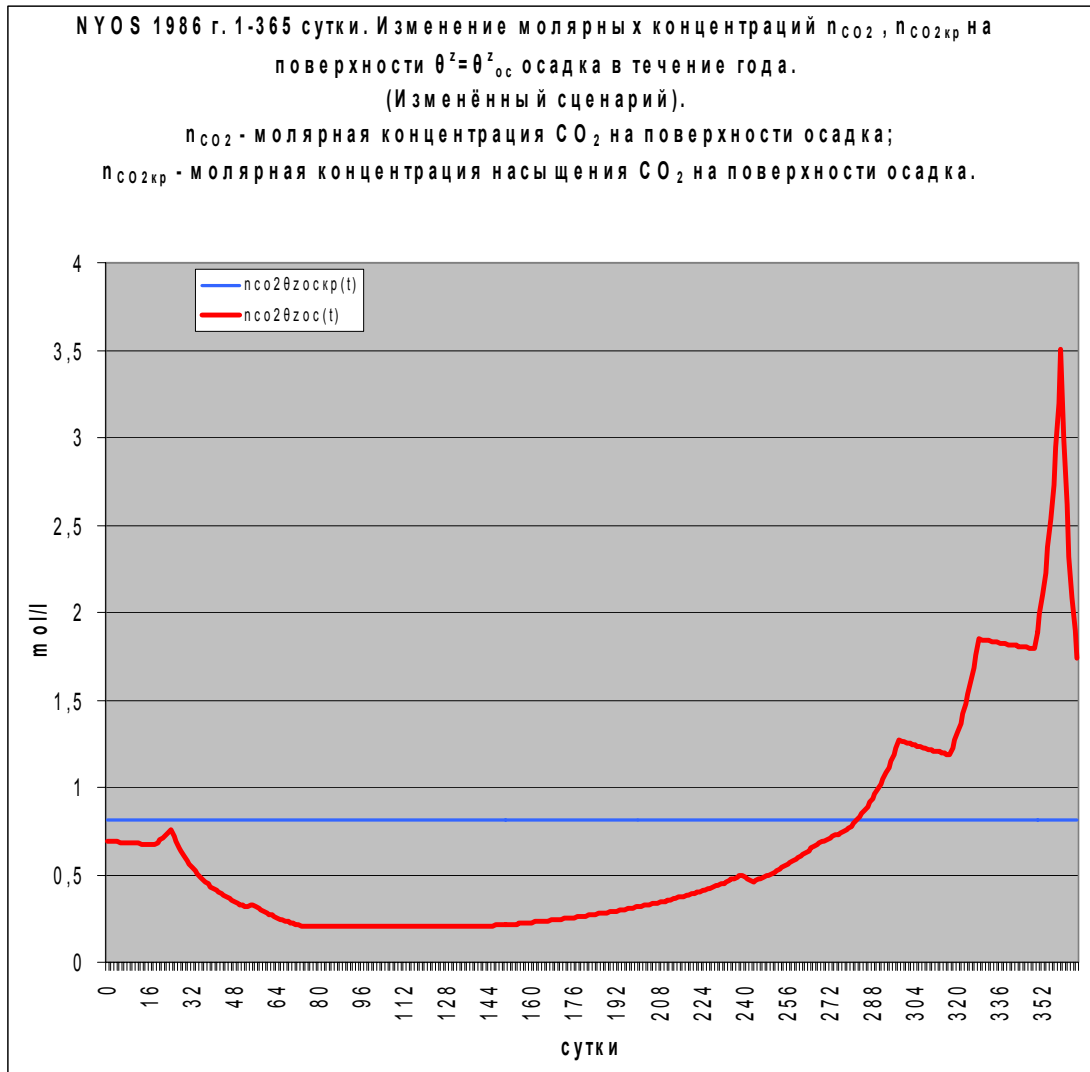


Рис.21. NYOS 1986г. 1-365 сутки. Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка в течение года.
 n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка.
 $n_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка.
(Изменённый сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

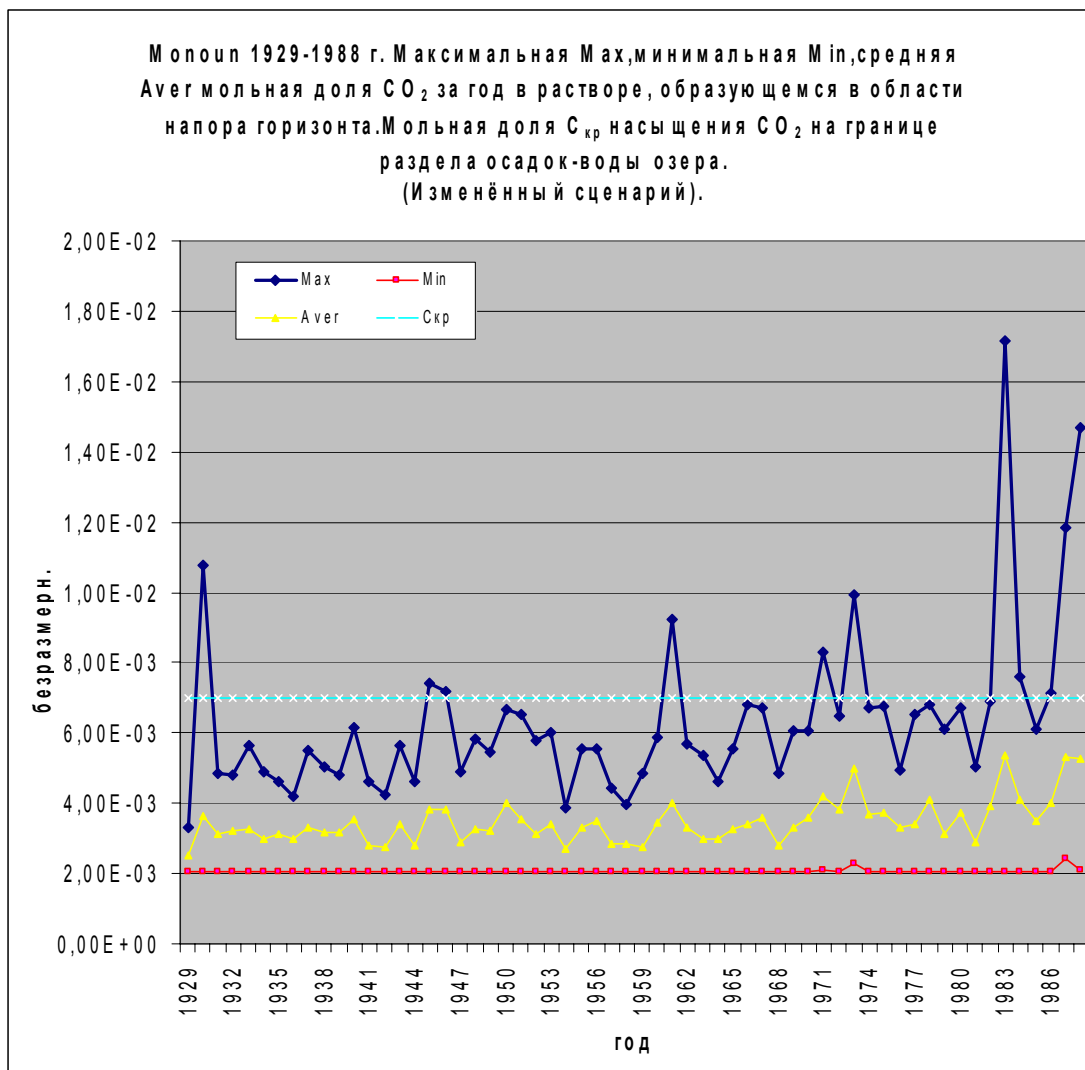


Рис. 22. MONOUN 1929-1988г. Максимальная Max, минимальная Min, средняя Aver мольная доля диоксида углерода за год в растворе, образующемся в области напора водоносного горизонта. Мольная доля насыщения CO₂ на границе раздела водопроницаемый осадок-воды озера. (Изменённый сценарий)

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**
02.06.2006

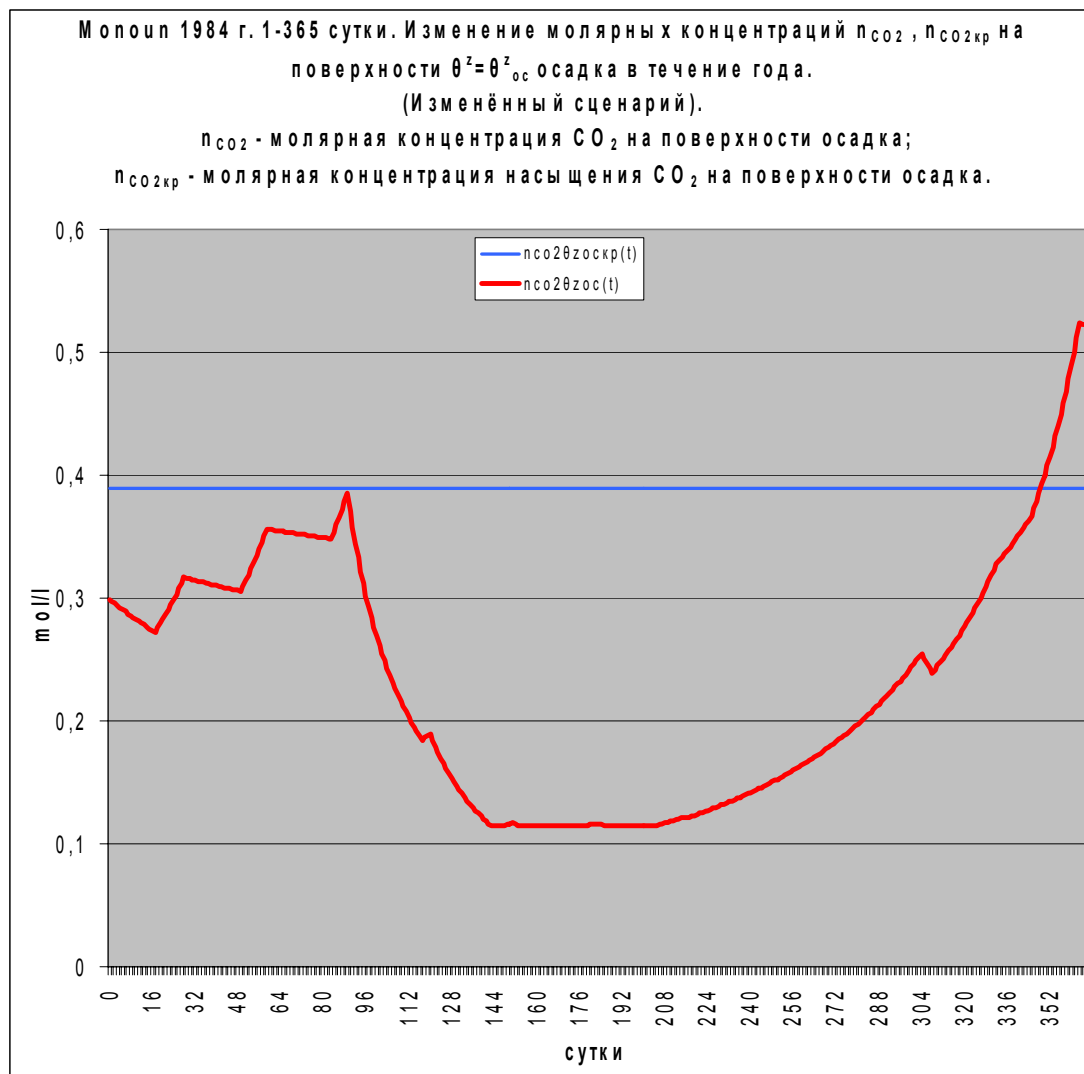


Рис. 23. MONOUN 1984г.1-365сутки.Изменение молярных концентраций n_{CO_2} и $n_{CO_2кр}$ на поверхности $\theta^z = \theta^z_{ос}$ осадка в течение года.
 n_{CO_2} -молярная концентрация CO_2 на поверхности осадка.
 $n_{CO_2кр}$ -молярная концентрация насыщения CO_2 на поверхности осадка.
 (Изменённый сценарий).

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
 (Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
 ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
 «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..
 02.06.2006

Согласно расчёта (*Изменённый сценарий*), если бы «Высота области питания напорного водоносного горизонта отн. ур. моря» озёр «Nyos» и «Monoun» оказалась бы больше на 4 метра по сравнению с *Реальным сценарием*, то за период 1929-1988 г. на озёрах «Nyos» и «Monoun» не произошло бы ни одного *мгновенного*, в том числе *катастрофического*, выброса газа из водопроницаемого осадка.

Если бы «Высота области питания напорного водоносного горизонта отн. ур. моря» озёр «Nyos» и «Monoun» была бы увеличена на 4 метра (*Изменённый сценарий*) по сравнению с *Реальным сценарием*, то число лет за период 1929-1988 г., в которые происходили *постепенные* выбросы газа из осадка, сократилось бы на озере «Nyos» с 31 (**Рис 3.**) до 12 (**Рис.20.**), а на озере «Monoun» с 26 (**Рис 8.**) до 12 (**Рис.22.**).

Сказанное доказывает, что отличия в топографии местности в окрестности озёр являются причиной значительных различий в величинах мольных долей диоксид углерода в водных растворах, поступающих в озёра, а также в количестве и характере *мгновенных* и *постепенных* газовых выбросов в озёрах.

Сопоставление **Рис 3., Рис 8., Рис 20., Рис 22.** показывает, что величина мольных долей диоксид углерода в водном растворе, образующемся в области напора напорного водоносного горизонта, изменяется при изменении линейных, определяемых, в том числе, топографией местности, размеров озёр и напорных водоносных горизонтов.

Сказанным объясняется отличие величин мольных долей диоксид углерода в водном растворе на дне озёр «Nyos», «Monoun» и других озёр.

На **Рис 6., Рис 7., Рис 7а.** показано непрерывное изменение величин молярных концентраций n_{CO_2} диоксид углерода в водном растворе на дне озера «Nyos» за период 1986-1988г., которое является следствием непрерывного изменения мольных долей CO_2 в водном растворе в напорном водоносном горизонте под воздействием непрерывно изменяющихся атмосферных осадков.

Сказанное объясняет непрерывное изменение величин молярных концентраций n_{CO_2} диоксид углерода в водном растворе на дне озёр «Nyos» и «Monoun».

Сказанным доказано:

Спускной механизм лимнологических катастроф может быть включён воздействием атмосферных осадков в тех случаях, когда такое воздействие вызывает создание, превышающих пороговое значение и достаточно больших для последующего разрушения водопроницаемого осадка, мольных долей диоксид углерода в водном растворе, текущем через водоносные породы и через водопроницаемый осадок в воды озера.

Лимнологические катастрофы, спусковой механизм которых включают воздействия атмосферных осадков, порождаются катастрофическими выбросами газовой смеси CO_2 и CH_4 из водопроницаемого осадка под дном озёр.

Спускной механизм лимнологических катастроф выключается при исчезновении в водном растворе, текущем в водоносных породах и в водопроницаемом осадке, мольных долей диоксид углерода и метана, величина которых превышает пороговое значение.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

Дегазация вод озёр «Nyos» и «Monoun» (6) не влияет на величины мольных долей диоксид углерода и метана в водных растворах, текущих в водопроницаемом осадке и в водоносных породах напорных водоносных горизонтов под дном озёр.

Поэтому, искусственная *дегазация* вод озёр «Nyos» и «Monoun» (6), не может предотвратить *лимнологические катастрофы*, спусковой механизм которых включают воздействия атмосферных осадков.

Искусственная *дегазация* вод озёр «Nyos» и «Monoun» (6) не может предотвратить повторение в них *лимнологических катастроф* подобных катастрофам имевшим место в 1984г. и в 1986г. .

Расчёты, с применением программы “SONATA”, доказали, что воздействие атмосферных осадков регулирует мольные доли диоксид углерода и метана в водных растворах, текущих в водопроницаемом осадке озёр «Nyos» и «Monoun» и в водоносных породах напорных водоносных горизонтов.

В случае, когда в водном растворе под воздействием атмосферных осадков возникают аномально высокие, превышающие пороговое значение, мольные доли диоксид углерода и метана, *включается спусковой механизм лимнологических катастроф*.

Спустя некоторое время, после *включения* атмосферными осадками, *спусковой механизм*, вызвав *постепенный* или *мгновенный катастрофический* выброс газа из водопроницаемого осадка в воды озера, *выключается*.

Всплытие, выброшенного в воды озера, газа и его рассеивание на поверхности и в окрестностях озера завершают *лимнологическую катастрофу*, вызванную *спусковым механизмом*, включение которого произошло под воздействием атмосферных осадков.

Лимнологические катастрофы, спусковые механизмы которых включаются другими явлениями (землетрясение и др.), происходят по другим сценариям.

Искусственная *дегазация* вод озёр «Nyos» и «Monoun» (6) направлена на предотвращение *лимнологических катастроф*, происходящих по таким другим сценариям, которые отличаются от сценария лимнологических катастроф 1984г. и 1986г. в озёрах «Nyos» и «Monoun».

В озёрах «Nyos» и «Monoun» *включение спускового механизма лимнологических катастроф* под воздействием атмосферных осадков и последующие за этим *лимнологические катастрофы*, с выбросом газообразной смеси диоксид углерода и метана из водопроницаемого осадка под озёрами, могут произойти в любой момент.

Программа “SONATA”, данным многолетнего мониторинга ежемесячных атмосферных осадков вблизи озёр «Nyos» и «Monoun», может прогнозировать *мгновенные* и *постепенные* (в т.ч. *катастрофические*) выбросы газа из водопроницаемого осадка озёр :

по озеру «Nyos» - за три года до прогнозируемого явления;

по озеру «Monoun» - за один год до прогнозируемого явления.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчёты с применением программы “SONATA” доказывают:

Лимнологические катастрофы на озёрах «Nyos» (**21 августа 1986г.**) и «Мопоун» (**15 августа 1984г.**) были вызваны катастрофическими выбросами газа из водопроницаемых осадков озёр.

Катастрофические выбросы газа из водопроницаемых осадков озёр «Nyos» и «Мопоун» последовали после *включения в 1983г.*, под воздействием атмосферных осадков, *спускового механизма лимнологических катастроф.*

Воздействие атмосферных осадков в **1983г.** вызвало возникновение аномально высоких мольных долей диоксид углерода и метана в водном растворе, текущем в водоносных породах напорных водоносных горизонтов под озёрами.

Водный раствор, после возникновения в нём в **1983г.** аномально высоких мольных долей диоксид углерода и метана, переместился из напорного водоносного горизонта в водопроницаемый осадок под озером.

Появление в водопроницаемом осадке под озером водного раствора с аномально высокими мольными долями диоксид углерода увеличило давление газа до величин, при которых разрушилась твёрдая фаза водопроницаемого осадка.

В период с 1929г. по 1988г. аномально высокие мольные доли диоксид углерода и метана в водном растворе, величина которых достаточно велика для разрушения твёрдой фазы водопроницаемого осадка и возникновения *лимнологической катастрофы*, образовались в напорных водоносных горизонтах озёр «Nyos» и «Мопоун» одновременно и только однажды - в 1983г..

Влияние топографии местности вблизи озёр на различия вертикальных и горизонтальных параметров напорных водоносных горизонтов под озёрами «Nyos» и «Мопоун», проявилось в том, что для каждого озера различно время перемещения водного раствора из напорного водоносного горизонта в водопроницаемый осадок под озером, а также различна величина мольных долей диоксид углерода и метана в водном растворе.

Разное время перемещения водного раствора, из напорного водоносного горизонта в водопроницаемый осадок под озером, явилось причиной того, что, несмотря на одновременное *в 1983г. включение* в напорных водоносных горизонтах *спускового механизма, лимнологические катастрофы* в озёрах «Nyos» и «Мопоун» *произошли в разные сроки:*

на озере «Nyos» - **21 августа 1986г.**,

на озере «Мопоун» - **15 августа 1984г..**

Различие линейных вертикальных и горизонтальных параметров напорных водоносных горизонтов под озёрами «Nyos» и «Мопоун», определяемое, в том числе, топографией местности, проявилось также в том, что величины мольных долей диоксид углерода в растворе на дне озёр «Nyos» и «Мопоун» значительно отличаются.

Непрерывное изменение во времени величины атмосферных осадков в окрестности озера вызывает последующее непрерывное изменение на дне озера («Nyos», «Мопоун») величин мольных долей диоксид углерода и метана в водном растворе, поступающем на дно озера из напорного водоносного горизонта.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ**, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере «NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..

02.06.2006

В озёрах «Nyos» и «Monoun» включение *спускового механизма лимнологических катастроф* под воздействием атмосферных осадков и последующие за этим *лимнологические катастрофы* могут произойти в любой момент времени.

Искусственная *дегазация* вод озёр «Nyos» и «Monoun» (б) *не может предотвратить повторение в озёрах «Nyos» и «Monoun» лимнологических катастроф подобных катастрофам, произошедших в них в 1984г. и в 1986г.* .

Прогноз *мгновенных и постепенных* (в т.ч. *катастрофических*) выбросов газа из водопроницаемого осадка озёр «Nyos» и «Monoun», по данным многолетнего (1929г.-2006г.) мониторинга ежемесячных атмосферных осадков, с использованием программы “SONATA” возможен:

по озеру «Nyos» - за три года до прогнозируемого явления;

по озеру «Monoun» - за один год до прогнозируемого явления.

Список литературы

1. W.Aeschbach-Hertig, M.Hofer, R.Kipfer, D.M.Imboden, and R.Wieler, “Accumulation of mantle gases in permanently stratified volcanic lake (Lake Pavin, France), Geochimica Acta, Vol. 63, No 19/20, pp. 3357-3372, 1999.,
2. Scott M.Klara, Sarah Forbes, “ Lake Nyos and Mammoth Mountain: What Do They Tell Us about the Security of Engineered Storage of CO₂ Underground?”, PROGRAM facts , Sequestration, 03/2005.,
3. Giovanni Chiodini, Mariano Valenza, “PROJECT V5. Research on the diffuse degassing in Italy, pp140-155.,
4. Karsten Pruess, Earth Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkley, CA94720, “Numerical Studies of Fluid Leakage from a Geological Disposal Reservoir for CO₂ Show Self-Limiting Feedback between Fluid Flow and Heat Transfer, March 22, 2005, 1-8.,
5. Michel Halbwachs, Jean-Christophe Sabroux, Jacques Grangeon, Gaston Kayser, Jean-Claude Tochon-Danguy, Alain Felix, Jean-Christophe Beard, Adelin Villeveille, Gerard Vitter, Patrick Richon, Alfred Wüest and Joseph Hell, ”Degassing the ”Killer Lakes” Nyos and Monoun, Cameroon”, EOS, volume 85, number 30, 27 July 2004, pages 281-288.,
6. George W.Kling, William C.Evans, Greg Tanyileke, Minory Kusakabe, Takeshi Ohba, Yutaka Yoshida, “Degassing Lakes Nyos and Monoun: Defusing certain disaster”, PNAS, October 4, 2005, vol.102, no.40, 14185-14190.,
7. Martin Schmidt, Andreas Lorke, Alfred Wüest, Michel Halbwachs, Gregory Tanyileke, “Development and sensitivity analysis of a model for assessing stratification and safety of Lake Nyos during artificial degassing, Ocean Dynamics (2003)53: 288-301.,
8. Martin Schmidt, Michel Halbwachs, Bernhard Wehrli and Alfred Wüest, “Weak mixing in Lake Kivu: New insights indicate increasing risk of uncontrolled gas eruption”, Geochemistry Geophysics Geosystems G³, Volume 6, Number 7, 26, July 2005, 1-11.,
9. Р.И.Нигматулин, «Основы механики гетерогенных сред», Москва, «Наука», Главная Редакция Физико-Математической Литературы, 1978, стр.14-51, 64.,
10. Г.Флинн, «Физика Акустической Кавитации в Жидкостях», Физическая Акустика под редакцией У.Мэзона, Том 1 Методы и приборы ультразвуковых исследований, Часть Б, Издательство «МИР», Москва 1967, стр.20.,
11. Г.Флинн, «Физика Акустической Кавитации в Жидкостях», Физическая Акустика под редакцией У.Мэзона, Том 1 Методы и приборы ультразвуковых исследований, Часть Б, Издательство «МИР», Москва 1967, стр.14,93.,
12. Р.Биркгоф, Э. Сарантонелло, «Струи, Следы и Каверны», Издательство «МИР», Москва, 1964, стр.414.,
13. Вопросы Физики Кипения под редакцией И.Т. Аладьева, Издательство «МИР», Москва, 1964: Фритц В., Энде В., «Исследование механизма парообразования с помощью киносъёмки паровых пузырей», стр.174.; Клинг Г. «О динамике образования пузырей при насыщении жидкости под давлением», стр.396..,

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

14. http://bonnet19.cs.qc.edu:7778/pls/rschdata/rd_prerp.show_prerp_data,
15. Edouard K. Penlap, Cristoph Matulla, Hans von Storch, F.Mkankam Kamga, "Downscaling of GCM scenarios to asses precipitation changes in the little rainy season (March – June) in Cameron, CLIMATE RESEARCH, Vol. 26: 85-96, 2004, Published May 25, p.87.,
16. Smithsonian National Museum of Natural History, Global Volcanism Program, Oku Volcanic Field, 08/1985 (SEAN 10:08), Fatal 1984 gas emission may have been caused by sudden release of dissolved CO₂, not volcanic activity.,
17. Smithsonian National Museum of Natural History, Global Volcanism Program, Oku Volcanic Field, 08/1986 (SEAN 11:08), Toxic gas cloud from Lake Nyos kills more than 1,700 people.,
18. Smithsonian National Museum of Natural History, Global Volcanism Program, Oku Volcanic Field, 12/1986 (SEAN 11:12), Three explosions in 5 minutes; red stain in lake center the next morning; 01/1987 (SEAN 12:01), Rockfalls; Lake Nyos remains clear; samples taken.,
19. Case Teaching Notes for " A killer lake", Thomas Horvath, Page 9.,
20. Н.А.Солодовник, А.Б.Солодовник, «Влияние атмосферных осадков на газовую кавитацию в донном осадке открытого водоёма», Рига, 2004, стр.79-82.
21. В.Шретер и др., «Химия», Москва, Химия, 1989, стр.316.
22. G.Nelson Eby and William C.Evans, Feature. Taming the killer lakes of Cameroon, *Geology Today*, Vol.22, No.1, January-February 2006.
23. V.Vendrig, J Spouge, A.Daycock and O.Jonsen DNV Consulting, Risk Analysis of the Geological Sequestration of Carbon Dioxide, Report No. R DTI/Pub, 2003.
24. David W. Keith and M.Granger Morgan, Chair's Essay: Industrial Carbon Management: A Review Of The Technology And Its Implications For Climate Policy, ASPEN GLOBAL CHANGE INSTITUTE, Elements of Change 2000.

Уведомление

Авторское право на статью принадлежит авторам:

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

Перепечатка, копирование, перевод и иное воспроизведение, использование статьи или каких либо её частей в коммерческих целях (или иным образом наносящие ущерб авторам) без письменного согласия авторов запрещены.

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник
(Natalija Solodovnika· Anatolijs Solodovniks)

**МЕХАНИКА ВКЛЮЧЕНИЯ СПУСКОВОГО МЕХАНИЗМА
ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, произошедших в КАМЕРУНЕ на озере «MONOUN» в 1984г. и на озере
«NYOS» в 1986 г., ВОЗДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ в 1983 г..**

02.06.2006