

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ ДЕСТРУКЦИИ РАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

¹Мирзоева А.А., ¹Казанчева А.А., ¹Казанчев С.Ч., ¹Кумышева Ю.А.

¹ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», Нальчик, Россия (Нальчик, ФПП, ул.Ленина, 1"в"), mpiezhieva@mail.ru

В экспериментальных условиях изучена скорость деструкции белков в дистиллированной и природной воде. Результаты свидетельствуют, что деструкция белка в естественной воде протекает значительно быстрее, чем в дистиллированной: период полураспада белка в аэробных условиях в природной воде составляет семь суток, в дистиллированной – 30. В анаэробных условиях скорость деструкции белка снижается и соответственно составляет 12 и 16 суток. Различия скорости распада белка в природной и дистиллированной воде объясняется большей активностью естественных сообществ микроорганизмов по сравнению с искусственной средой. Исследованы влияние степени кислородного насыщения и температуры на скорость деструкции белка и развития микроорганизмов в природных водах. Увеличения температуры и содержания кислорода приводит к возрастанию скорости деструкции, что связано в основном с повышением активности микроорганизмов и в меньшей степени с их численностью. Определены константы скоростей и энергии активации белка в различных условиях.

Ключевые слова: деструкция, гидробионт, гетеротрофный, аэробный, анаэробный, дезаминирование.

FACTORS AFFECTING THE RATE OF DESTRUCTION OF SOLUBLE PROTEINS IN NATURAL WATERS

¹Mirzoeva A.A., ¹Kazancheva L.A., ¹Kazanchev S.C., ¹Kumysheva Y.A.

¹FGBOU VPO "Kabardino-Balkaria State Agricultural University. V.M. Kokova", Nalchik, Russia (Nalchik, FPP, St. Lenina, 1"v"), mpiezhieva@mail.ru

In the experimental conditions studied the rate of degradation of proteins in distilled and natural water. The results shows that the degradation of protein in natural water occurs much faster than in distilled: the half-life of the protein under aerobic conditions in natural water is seven days, in distilled – 30. Under anaerobic conditions the rate of degradation of protein is reduced and are respectively 12 and 16 days. Differences in the rate of protein breakdown in natural and distilled water due to the greater activity of natural communities of microorganisms as compared with an artificial environment. The influence of the degree of oxygen saturation and temperature on the rate of protein degradation and microbial growth in natural waters. Increase the temperature and oxygen content leads to increase in decomposition rate due mainly to increased activity of microorganisms and to a lesser extent with their numbers.

Keywords: destruction, hydrobiont, heterotrophic, aerobic, anaerobic, deamination.

Скорость деструкции органических соединений в водоемах и водотоках представляет значительный интерес в связи с исследованием процессов трансформации веществ и механизма самоочищения, а также в связи с изучением отдельных звеньев круговорота биологически важных элементов в природных водах. В литературе имеются лишь отдельные сведения о возможных путях, механизме и скорости распада органических соединений естественного происхождения в зависимости от условий среды [2-4].

Изучение динамики содержания органических соединений в природных условиях не позволяет получить однозначную и достаточно надежную информацию о происходящих процессах, так как в этих условиях одновременно могут проходить как деструкция, так и поступление соединений из различных источников (донных отложений, прижизненные выделения гидробионтов, разложение клеток отмерших организмов и т.д.). Кроме того, на

происходящие в водоеме процессы одновременно влияют ряд факторов, часто противодействующих друг другу.

В связи с этим опыты по определению влияния температуры и степени кислородного насыщения воды на скорость деструкции растворимых белков как начальных продуктов распада клеток гидробионтов является новым научным направлением в гидробиологии и требует доказательства в лабораторных условиях.

Материалы и методика исследования

Использован метод добавок [3,5], так как естественное содержание белков в природных водах недостаточно для того, чтобы с помощью существующих методов анализа получить надежные и достаточно четкие результаты.

В качестве добавок использовали бычий альбумин. Замена растительного белка животным, как нам представляется, не должна существенно влиять на ход физико-химических процессов, так как эти белки имеют сходную структуру.

Исследование проводили с использованием дистиллированной и природной воды, взятой с прудовых хозяйств II и V эколого-фенологической зоны. Воду предварительно выдерживали в течение 10 суток, после чего определяли содержание ряда химических ингредиентов, а также некоторых физиологических групп бактерий. Периодически в течение опытов устанавливали (по обще принятым в гидрохимической практике методикам) величину pH, содержание O₂, минерального азота, карбонатов, аминокислот, растворимого белка [1], бихроматную окисляемость с улавливанием летучих органических соединений [6], а также общее количество бактерий и численность гетеротрофов, в том числе обладающих протеолитическими свойствами [5]. Опыты проводили в колонках из оргстекла емкостью 10 л. Содержание растворенного в воде кислорода регулировали, периодически продувая воздух через колонки. Анаэробные условия создавали добавлением рассчитанного количества сульфата натрия или продуванием азота.

Результаты лабораторных исследований

Опыты проводили с использованием дистиллированной воды и воды с рыбоводных прудов V эколого-фенологической зоны в аэробных и анаэробных условиях при температуре 20⁰C. Во все колонки в начале опыта добавляли альбумин, в расчете 200 мг на литр. Ниже приведены данные по содержанию основных ингредиентов в исходной воде (V эколого-фенологическая рыбоводная зона) (табл. 1), динамике деструкции белка в процессе опыта, а также изменение общей численности микроорганизмов и гетеротрофных бактерий, в том числе обладающих протеолитическими свойствами (рис.1).

Таблица 1

Химический состав воды из рыбоводного пруда V эколого-фенологической зоны и динамика содержания некоторых ингредиентов в процессе опытов

Ингредиенты	Природная вода										Дистиллированная вода									
	8 мг O ₂ /л					0 мг O ₂ /л					8 мг O ₂ /л					0 мг O ₂ /л				
	Время снятия показаний после начала опытов, сут.																			
	0	4	8	17	26	0	4	8	17	26	0	4	8	17	26	0	4	8	17	26
NH ₄ ⁺ мг/л	1,56	0	3,1	5,70	8,6	1,56	0	0,90	0,97	2,20	1,56	0,3	0,3	1,20	0,50	1,56	0,3	0,4	0,86	0,77
NO ₃ ⁻ мг/л	0,58	0	0	0	0	0,58	0	0	0	0	0,58	0	0	0	0	0,58	0	0	0	0
CO ₃ ²⁻ мгС/л	0,6	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻ мгС/л	12,0	6,5	7,9	12,0	17,0	12,0	5,9	26,0	33,0	-	12,0	5,9	5,9	5,80	7,10	12,0	6,5	4,1	1,8	4,40
CO ₂ мгС/л	0	1,9	-	13,0	14,1	0	10,2	-	17,8	24,5	0	1,7	-	8,40	18,9	0	3,1	-	27,5	31,5

Примечание: содержание белков 110, аминокислот - 40 мкг/л; Fe общ. -1,1, Ca²⁺-50, Mg²⁺-11, K⁺+Na⁺ -19, Cl⁻ -16, SO₄²⁻- 22мг/л, Cu²⁺-3,8 мкг/л.

Полученные результаты показывают, что деструкция белка в естественной воде протекает значительно быстрее, чем в дистиллированной: период полураспада белка в аэробных условиях в природной воде составляет 7 суток, в дистиллированной – 30. В анаэробных условиях скорость деструкции белка снижается и соответственно составляет 12 и 62 суток. Так как опыты проводили в нейтральных условиях, общая численность микроорганизмов в колонках с дистиллированной водой уже на восьмые сутки возросла до 25 млрд. кл/мл и все же количество бактерий в них было в два раза ниже, чем в колонках с природной водой, снижение количества микроорганизмов в течение опыта проходило аналогично во всех вариантах и к 44-му дню стало практически одинаковым. Численность гетеротрофных бактерий спустя 5-6 суток после внесения белка в колонках с дистиллированной водой превысила таковую в природной воде. Однако процент микроорганизмов, обладающих протеолитическими свойствами был значительно меньше (исключением были опыты в анаэробных условиях).

Различия в скорости распада белка в природной и дистиллированной воде можно объяснить большей активностью естественных сообществ микроорганизмов по сравнению с получившими развитие в искусственной среде (дистиллированная вода после внесения в нее белка).

Динамика содержания других ингредиентов позволяет сделать лишь предварительные выводы о происходящих процессах. Во всех случаях величина рН изменилась в пределах 6,5-8,0. Почти во всех вариантах наблюдалось увеличение содержания бикарбонатов и свободной углекислоты за счет минерализации органических веществ. Отмечено увеличение в значительной степени содержания NH_4^+ . Это позволяет предположить, что распад аминокислот происходил преимущественно по пути дезаминирования. Концентрация нитрат-ионов в исходной воде составляла 0,6 мг/л. В дальнейшем через трое суток, в связи с развитием микрофлоры содержание нитратов снизилось до аналитического нуля и не повышалось в течение всего опыта.

Количество органического углерода, вычисленное по бихроматной окисляемости, на 26-е сутки опыта также снизилось и составляла в аэробных условиях 63% начального, в анаэробных, при использовании воды V эколого-фенологической рыбоводной зоны – 72%, дистиллированной – 80%. Содержание минеральных форм углерода увеличилось соответственно на 18,2 и 20%. Уменьшение количества органического углерода и свободной углекислоты в аэробных условиях по сравнению с анаэробными можно объяснить частичным удалением легколетучих органических соединений, CO_2 при барбатировании воды воздухом.

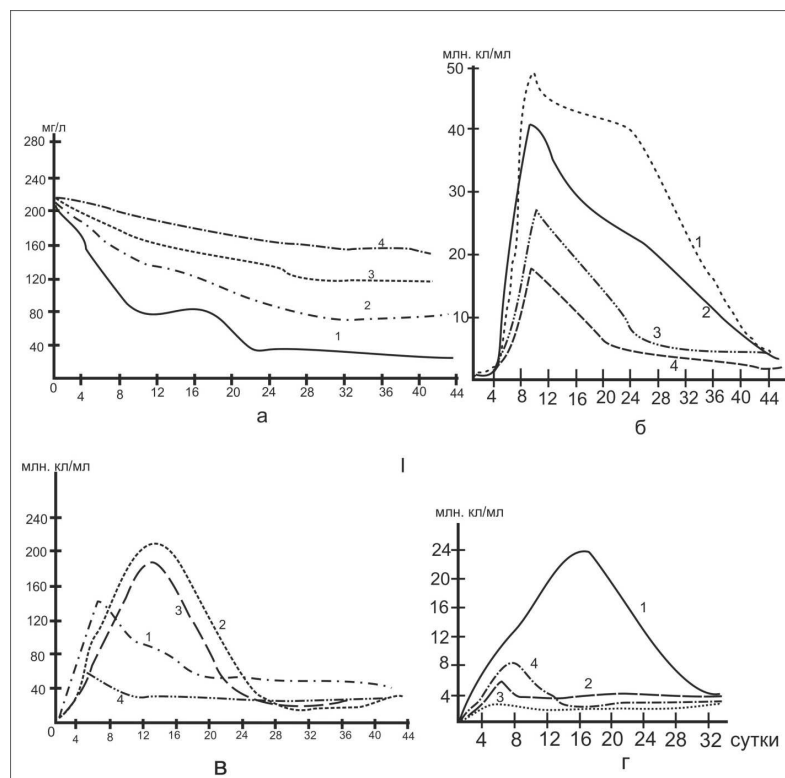


Рис.1. Деструкция белка и динамика численности микроорганизмов в природной (1,2) и дистиллированной (3,4) воде: а – белки; б – общая численность бактерий; в – численность гетеротрофов; г – микроорганизмов, обладающих протеолитическими свойствами 1,3 – содержание O_2 8мг/л, 2,4 – 0 мг/л.

Более детально влияние температуры на скорость деструкции белков в аэробных и анаэробных условиях исследовали на воде IV эколого-фенологических рыбоводных зон химический состав которой приведен ниже (табл.2).

Таблица 2

Химический состав воды IV эколого-фенологической рыбоводной зоны и некоторые химические ингредиенты (мгС/л) в начале (1) и в конце (2) опытов

t, C ⁰	O ₂ мг/л	CO ₂		HCO ₃ ⁻		Сумма	
		1	2	1	2	1	2
10	10,2	5	6,0	38	33,5	43	39,5
10	0	5	19,1	38	31,7	43	50,8
20	9,4	5	6,5	38	32,9	43	39,4
20	0	5	18,6	38	33,5	43	52,1
30	8,6	5	4,5	38	35,4	43	39,9
30	0	5	17,1	38	32,3	43	49,4

Примечание. Содержание белков – 120, аминокислот – 30 мкг/л; Fe общ. - 0,2; Ca²⁺- 43; Mg²⁺ - 8,7; K⁺ + Na⁺ - 8,8; Cl⁻ - 10,3; SO₄²⁻ - 17,4 мг/л; Cu²⁺ - 3 мкг/л. Исходное и конечное содержание CO₃²⁻ равно нулю.

Температуру воды поддерживали на уровне 10⁰, 20⁰ и 30⁰С. С целью приближения к естественным условиям была взята меньшая исходная концентрация белка (15 мг/л). Кроме изменения содержания белков и развития микрофлоры в процессе опытов определяли также величину рН, суммарное содержание азота, минеральных форм углерода до и после опытов и составляли их баланс (табл.2,3, рис. 2).

Таблица 3

Концентрации азотсодержащих соединений (мг/л) в начале (1) и в конце (2)

опытов

t, ⁰ С	O ₂ мг/л	NH ₄ ⁺		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻		Белок		Аминокислота		Сумма	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	10,2	0,52	1,60	0,13	0,08	0,0007	0,0002	2,5	0,70	0,23	1,25	3,40	3,63
10	0	0,52	1,4	0,13	0,08	0,0007	0,0001	2,5	1,0	0,23	0,88	3,40	3,36
20	9,4	0,52	1,0	0,13	0,12	0,0007	0,0003	2,5	0,83	0,23	1,78	3,40	3,73
20	0	0,52	1,2	0,13	0,10	0,0007	0,0002	2,5	1,2	0,23	0,86	3,40	3,36

При рассмотрении данных по динамике содержания белка (рис. 2а) отчетливо проявляется влияние температуры на скорость его деструкции в аэробных условиях в начальный период опыта. Периоды полураспада составляют 1,5; 5,0 и 9,5 суток при температуре соответственно 30⁰, 20⁰ и 10⁰С. Однако, по истечении определенного времени (в нашем случае около 15 суток) процесс деструкции резко замедляется и содержание белка остается почти неизменным в течение длительного времени, составляя около 5мг/л. В аэробных условиях наибольшая численность бактерий зарегистрировано при 10⁰С. Однако, максимум в их развитии при этой температуре наступил на четверо суток позже, чем при 20 и 30⁰С. Количество гетеротрофных бактерий (рис.2г) при 20 и 30⁰С превышало их численность чем при 10⁰С. К 14-му дню опыта общее содержание микроорганизмов при 20 и 30⁰С практически сравнялось, при 10⁰С продолжало оставаться намного выше. Стабилизация в развитии бактерии наступило на 18 сутки.

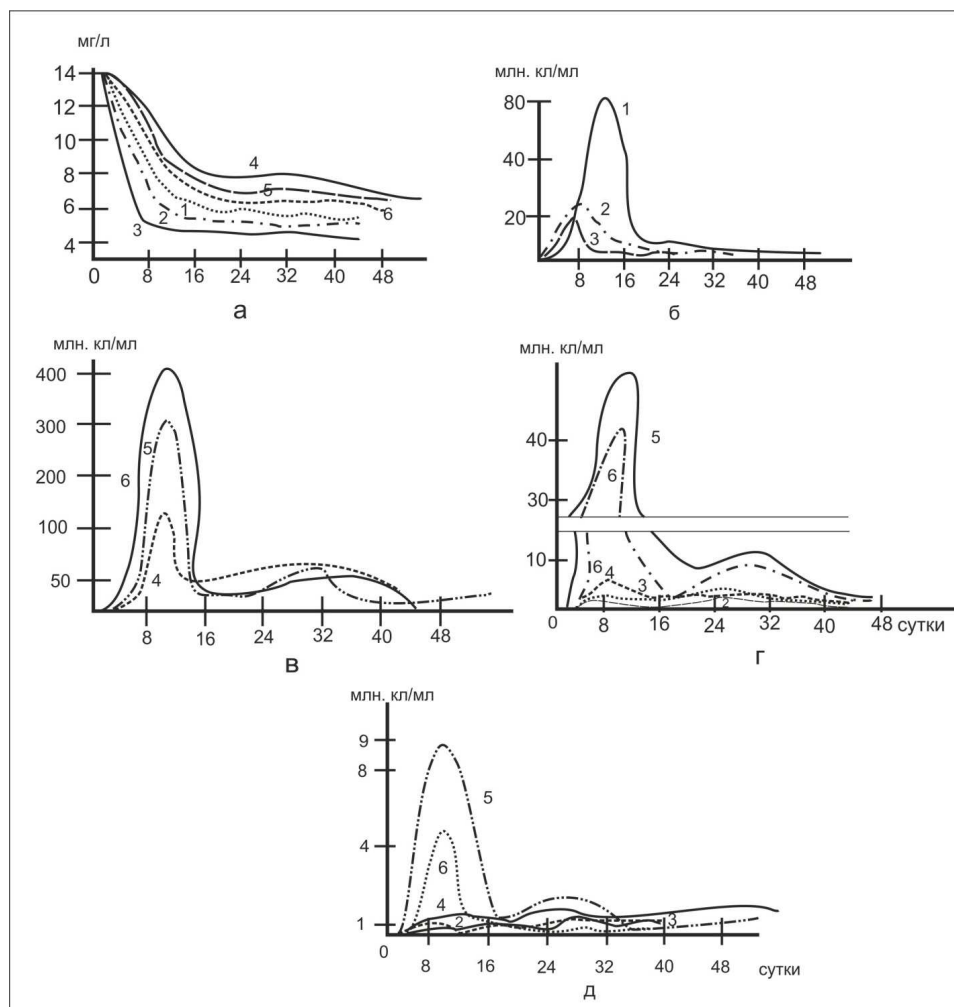


Рис.2. Влияние температуры на деструкцию белка и развитие микроорганизмов: 1-10⁰(содержание O₂ 10,2 мг/л); 2-20⁰(9,2 мг O₂/л); 3-30⁰(8,8 мг O₂/л); 4-10⁰, 5-20⁰, 6-30⁰(0 мг O₂/л); а - белки; б - общая численность бактерий в аэробных условиях; в - то же в анаэробных условиях; г-численность гетеротрофов; д-микроорганизмов, обладающих протеолитическими свойствами.

В анаэробных условиях динамика содержания белков носит иной характер. Кривые имеют волнообразный вид, что может быть объяснено вторичным загрязнением воды за счет белка имеющихся микроорганизмов. Процесс деструкции идет значительно медленнее - период полураспада составляет для всех случаев около 33 суток.

Интересно отметить, что в аэробных условиях по сравнению с анаэробными количество микроорганизмов значительно меньше при большей скорости деструкции белка. Это однозначно указывает на более высокую активность микроорганизмов в аэробных условиях по сравнению с анаэробными.

Мы попытались дать количественную характеристику активности микроорганизмов. Для этого по данным их развития (рис.2 г, д) рассчитали среднее количество ко времени, соответствующее половине максимального роста ($\frac{1}{2}$ млн.кл/мл). При этом исходим из того, что в начальный период развития число жизнеспособных

бактерий значительно выше числа отмирающих. В связи с чем можно пренебречь количеством белка, поступающим в воду за счет распада микроорганизмов. Одновременно по кривым (рис.2а) находим количество распавшегося белка за то же время (ΔC , мг/л условный коэффициент активности).

(K_A) микроорганизмов рассчитывали по соотношению:

$$K_A = \frac{\Delta C}{N_{1/2}}$$

Из полученных данных (табл.4) следует, что активность микрофлоры в аэробных условиях на порядок выше, чем в анаэробных. В то же время не замечено четкой зависимости между активностью микроорганизмов и температурой (в интервале 10-30⁰C).

Для определения порядка реакции деструкции белка по начальным участкам кривых (рис.2а) построена зависимость $\lg C = f(t, \text{сутки})$ прямолинейный ход которой (рис.3) показывает, что как в аэробных, так и анаэробных условиях в начальный период деструкция белка описывается уравнением реакции при различных условиях по уравнению:

$$K = \frac{2,3}{t} \lg \frac{C_0}{C_t}$$

где C_0 - начальная концентрация белка; C_t – его концентрация через время t (сутки).

Результаты приведены в табл.5. По этим данным построена кривая изменения $\lg K$ в зависимости от температуры (рис.4).

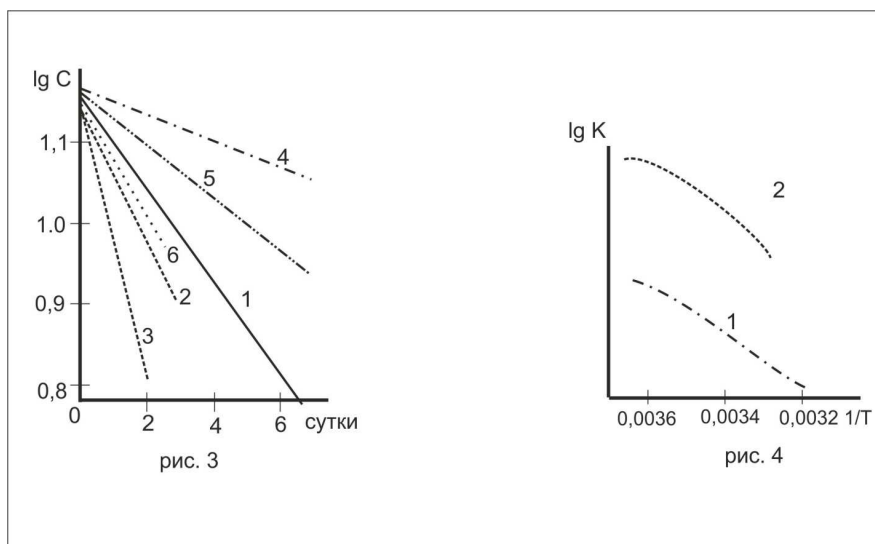


Рис.3. Изменение скорости деструкции белка в аэробных (1-3) и анаэробных (4-6) условиях: 1,4-10⁰; 2,5-20⁰; 3,6-30⁰.

Рис.4. Влияние температуры на константу скорости деструкции белка: 1-аэробные, 2-анаэробные условия.

Таблица 4

Условные коэффициенты активности микроорганизмов

t, °C	O ₂ , мг/л	ΔC, мг/л·10 ³		Количество микроорганизмов (N _{1/2})млн.кл/мл		K _A = $\frac{\Delta C}{N_{1/2}}$	
		1	2	1	2	1	2
10	10,1	5,0	2,5	0,6	0,05	8,3·10 ⁻³	5·10 ⁻³
20	9,2	4,0	7,0	1,5	0,5	2,7·10 ⁻³	14·10 ⁻³
30	8,8	8,0	9,5	1,3	0,2	6,1·10 ⁻³	47·10 ⁻³
10	0	1,6	1,5	1,4	0,7	11,0·10 ⁻⁴	21·10 ⁻³
20	0	1,8	1,8	6,0	2,5	3,0·10 ⁻⁴	1,2·10 ⁻⁴
30	0	4,0	4,0	7,0	2,2	5,7·10 ⁻⁴	18·10 ⁻⁴

Примечание. 1-гетерогенные бактерии; 2-микроорганизмы, обладающие протеолитическими свойствами.

Непрямолинейный характер полученной зависимости указывает на заметное изменение энергии активации при изменении температуры. В связи с этим провели расчеты величины энергии активации процесса деструкции белка (табл.5) для интервалов температур 10-20⁰ и 20-30⁰ по формуле [7].

Таблица 5

Константы скорости (K) и энергии (E) деструкция растворимого белка под действием микроорганизмов

t, °C	K, сутки		Интервалы температур, °C	E, ккал/моль·град	
	аэробные условия	анаэробные условия		аэробные условия	анаэробные условия
10	0,09	0,0023	10 – 20	9,4	7,2
20	0,159	0,0040	2 - 30		
30	0,377	0,0077		15,0	11,8

$$E = \frac{4.57 \times T_1 \times T_2}{T_1 - T_2} \lg \frac{K_2}{K_1}, \text{ где } E - \text{ энергия активации (ккал/моль·град), } K_1 \text{ и } K_2 - \text{ константы}$$

скоростей реакций при абсолютных температурах T₁ и T₂.

Величина E в анаэробных условиях несколько ниже, чем в аэробных, а с повышением температуры энергия активации увеличивается. Порядок величин энергии активации (7-15

ккал/моль·град) позволяет предположить, что деструкция белков происходит в результате ферментативной реакции при участии радикалов [7].

При рассмотрении изменения состава минеральных форм углерода (табл.2) видно, что концентрация CO_2 в анаэробных условиях возрастает к концу опытов частично за счет бикарбонатов, частично вследствие минерализации органических соединений. Сравнительно небольшую убыль суммарного содержания минеральных форм углерода в аэробных условиях можно объяснить удалением CO_2 при аэрировании колонок воздухом. Расчеты количества минеральных и органических форм азота до и после опытов (табл.3) показывают сравнительно хороший их баланс. В аэробных условиях отмечено значительное увеличение концентрации аминокислот при соответствующем уменьшении содержания белка.

Повышение содержания минеральных форм азота происходит во всех случаях за счет аммония с одновременным уменьшением концентрации нитрит- и нитрат ионов.

Влияние содержания кислорода в воде на скорость деструкции белка проводили на свежееотобранной воде V эколого-фенологических рыбоводных прудах следующего состава:

	мг/л		мг/л
Ca^{2+}	32,0	Cl^-	12
Mg^{2+}	9,0	SO_4^{2-}	18
$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	9,2	HCO_2^-	80
Cu^{2+}	2,2	CO_2	0
Mg^{2+}	13,0	CO_3^{2-}	2,5

Перед началом опытов путем продувания смеси воздуха с азотом установили требуемое насыщение воды кислородом. После стабилизации режима в колонки добавляли альбумин в количестве 13 мг/л.

Опыты проводили при температуре 20^0 , поддерживая во время всего эксперимента следующее содержание кислорода (мг/л): I колонка – 10 ± 1 ; II – 5 ± 1 ; III- $2 \pm 0,4$; IV – около нуля. Определяли показатели: содержание кислорода, белка, общее количество бактерий, численность гетеротрофов и микроорганизмов, обладающих протеолитическими свойствами. Температура поддерживалась автоматически.

Как видно из приведенных данных (рис.5а – кривая 1 и рис.2а-кривая 2), состав воды не оказывает существенного влияния на скорость деструкции белка, однако этот процесс в значительной степени зависит от содержания кислорода. Как правило, при его уменьшении скорость деструкции снижается за счет замедленного в начальный период развития микрофлоры. Этот эффект проявляется сильнее, чем ниже содержание кислорода.

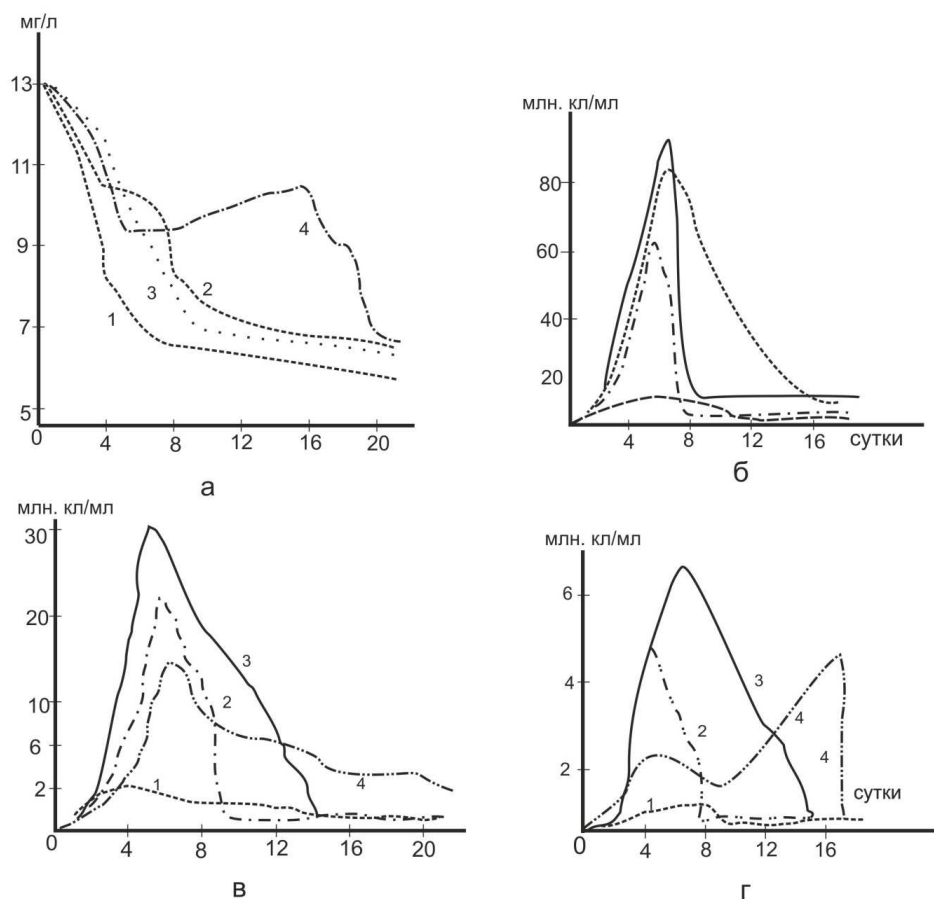


Рис. 5. Влияние содержания кислорода на деструкцию белка и развитие микроорганизмов. 1-4- содержания O_2 соответственно 10,5,2 и 0 мг/л: а – белки; б – общая численность бактерий; в – гетеротрофов; г – микроорганизмов, обладающих протеолитическими свойствами.

После периода адаптации идет довольно быстрый распад белков, но уже не за счет повышения активности микрофлоры, а вследствие резкого возрастания ее численности (табл.6). Как и в предыдущем опыте, скорость деструкции уменьшается после разрушения 60-70% исходного содержания белка.

Таблица 6

Условные коэффициенты активности микроорганизмов

O_2 , мг/л	ΔC , мг/л· 10^{-3}		Количество микроорганизмов ($N_{1/2}$), млн.кл/мл		$K_A = \frac{\Delta C}{N_{1/2}}$	
	1	2	1	2	1	2
10	3,5	5,5	1,75	0,25	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$22,0 \cdot 10^{-3}$
5	1,2	1,5	6,75	1,25	$0,77 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
2	3,0	3,3	9,00	1,75	$0,33 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
0	1,0	1,5	9,00	0,62	$0,11 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$

Примечание. 1-гетеротрофные бактерии; 2-микроорганизмы, обладающие протеолитическими свойствами.

Дальнейший распад описывается другой кинетической кривой. В анаэробных условиях наблюдается увеличение содержание белка, что обусловлено вторичным загрязнением в связи с отмиранием клеток бактерий. Весьма примечателен тот факт, что снижение содержание кислорода до 50% насыщения приводит к резкому (на целый порядок) увеличению численности гетеротрофов, то есть значительному ухудшению санитарного состояния воды. Это обстоятельство необходимо учитывать при использовании воды для питьевого водоснабжения, и в местах водозабора добиваться максимального насыщения ее кислородом, путем искусственной аэрации.

Выводы:

1. В природной воде деструкция белка проходит в 2-3 раза быстрее, чем в дистиллированной.
2. Увеличение температуры (10^0 - 30^0C) и содержание кислорода (0-10мг/л) приводит к возрастанию скорости деструкции белка, что обусловлено главным образом повышением активности микроорганизмов и в меньшей степени ростом их численности.
3. В начальный период деструкции белка (2 - 6 суток) процесс описывается уравнением реакции первого порядка. Константы скоростей и величины энергии активации процесса деструкции колеблются в пределах $0,002-0,38$ сутки⁻¹ и 7-15 ккал/моль-град.
4. В условиях эксперимента происходит распад белка до более простых органических соединений, причем это процесс сопровождается дезаминированием.
5. Уменьшение степени кислородного насыщения воды до 50% и ниже сопровождается резким увеличением количества микроорганизмов, что приводит к ухудшению санитарного состояния воды.

Список литературы

1. Бессонов Н.М., Привезенцев Ю.А. Гидробиологические исследования водоемов. М. 1987 с. 47-60.
2. Дебейко Е.В. Прямое фотометрическое определение растворимых белков в природных водах. Гидробиология, 1983 3,4 с. 25-29.
3. Кузнецов С.И. К вопросу о влиянии температуры на скорость распада одноатомных фенолов в природных водах. Гидрохимические материалы, 1984, 37 с. 65-76.
4. Казанчев С.Ч., Казанчева Л.А. Характеристики зональных особенностей экологидрохимического режима водоемов. Кабардино-Балкарская республика. – Нальчик,

2003.-163с.

5. Казанчев С.Ч., Казанчева Л.А. Гидрохимическая характеристика Черекского водохранилища. Известия Оренбургского ГАУ, Оренбург, 2010, №3 (27) с. 241-244.
6. Казанчев С.Ч., Кожаева Д. К. Биолого-экологическая характеристика пресных водоемов. Кабардино-Балкарская республика (флора и фауна), Нальчик, 2011 с.94-100.
7. Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь. – М. Госучпедгиз, 1950, с.261-273.

Рецензенты:

Гетоков О.О., д.б.н., профессор кафедры зоотехнии КБГАУ им. В.М. Кокова, г. Нальчик;

Карашаев М.Ф., д.б.н., доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза» ФВМиБ КБГАУ им. В.М. Кокова, г. Нальчик.