

УДК 579.69(631.46)

**М.Д. Цулукидзе**

Сухумский государственный университет,  
ул. Анны Политковской, 26, Тбилиси, 0186, Грузия, тел.: +995(32) 2541653,  
e-mail: tsulukidzemziya@gmail.com

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ОТДЕЛЬНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП В СОЛОНЧАКОВЫХ ПОЧВАХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ОЗЕРУ КУМИСИ (ГРУЗИЯ)

**Цель.** Выявление особенностей распространения микроорганизмов отдельных физиологических групп в солончаковых почвах, прилегающих к озеру Кумиси. **Методы.** Количественное определение аммонификаторов проводили на мясо-пептонном агаре (МПА), аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов – на среде Имиенецкого-Солнцевой, микробного числа – на мясо-пептонном агаре (МПА), амилотических бактерий и актиномицетов – на среде Чапека, нитрифицирующих бактерий I и II фазы – на соответствующих средах Виноградского, грибов – на модифицированной среде Чапека-Докса. Определение влажности в образцах почв проводили весовым методом, pH – потенциометрически с помощью pH-метра, соленость – методом определения плотного остатка водной вытяжки. Количество микроорганизмов определяли на жидких питательных средах с использованием таблиц Мак-Креди, а на твердых питательных средах визуально, с учетом образованных колоний, проводя подсчет колоний на чашках Петри, осуществляя пересчет на 1 г абсолютно сухой почвы. **Результаты.** Установлено качественное и количественное соотношение микроорганизмов внутри каждой физиологической группы и между ними. В наибольшем количестве представлены аммонификаторы и амилотические бактерии. В меньшем количестве встречаются остальные сапрофиты, в малом количестве представлены целлюлозоразрушающие микроорганизмы, грибы, актиномицеты, нитрифицирующие бактерии I и II фазы. Корреляционный анализ показал, что существует отрицательная слабая связь между количеством микроорганизмов и уровнем pH ( $r_s = -0,03$ ), солености ( $r_s = -0,14$ ) и влажности ( $r_s = -0,22$ ), что говорит об отсутствии достоверной связи между исследуемыми параметрами и можно судить лишь только о наличии соответствующей тенденции. Также было выявлено, что средняя влажность является фактором, влияющим на общее количество микроорганизмов. **Выводы.** С увеличением удаленности от озера уменьшается среднее значение химико-физических параметров солончаковой почвы, а общее количество микроорганизмов увеличивается. Проведенный анализ не выявил зависимости между количеством микроорганизмов и параметрами солончаковой почвы (pH, соленость и влажность) в точках на определенной глубине, но сравнительные средние параметры, установлено, что общее количество микроорганизмов уменьшается с увеличением влажности. **Ключевые слова:** солончаковые почвы, микроорганизмы, соленость, влажность, щелочность



Интерес к засоленным почвам и экстремофильным прокариотам в последние годы исключительно высок из-за их биологической уникальности [2, 14, 12] и возможностей использования в биотехнологии [1, 4, 13, 15]. В солёных водоёмах и засоленных почвах обитают галофильные и галотолерантные микроорганизмы. Высокие концентрации хлорида натрия необходимы им для поддержания структурной целостности цитоплазматической мембраны и функционирования связанных с ней ферментных систем [11].

С этой стороны интересным объектом является микробиота солончаков уникального озера Кумиси (Грузия), которое расположено в Нижне-карталинской низменности, в так называемой Кумисской впадине. Это озеро интересно тем, что до середины прошлого века на месте озера Кумиси находилось небольшое (0,48 км<sup>2</sup>) солёное озеро (глубиной 50 см) псевдокарстового происхождения, вода которого содержала глауберову соль и озеро невозможно было использовать в хозяйственных целях. Поэтому в 1960-ых годах озеро заполнили водой из реки Куры; уровень воды поднялся и озеро стало пресным, что изменило солёность почв, прилегающих к озеру и в свою очередь оказало влияние на микробиоту почвы, которая характеризуется наличием сульфатного засоления с преобладанием глауберовой соли [18, 19, 20]. Ввиду малой изученности этого озера, целесообразным представляется изучение микробиоты почв, прилегающих к озеру Кумиси.

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования являлось выявление особенностей распространения микроорганизмов отдельных физиологических групп в солончаковых почвах, прилегающих к озеру Кумиси.

### Материалы и методы

Объектом исследования являлись солончаковые почвы, прилегающие к юго-западному берегу озера Кумиси. Изучался горизонт А (глубины 5–20 см). Были взяты 9 проб из трех точек – у берега на расстоянии 50, 100 и 200 м, на глубинах 5, 10 и 20 см в мае 2019 года в условиях следующих метеорологических показателей: переменная облачность, юго-восточный ветер 7 м/сек, атмосферное давление – 724 мм/рт. ст., температура –30 °С, влажность воздуха – 64%. Место отбора и почти все побережье озера Кумиси покрыто специфическими растениями галофитами: *Chenopodium album* L., *Artemisia fragrans* Willd., *Adonis bienertii* Butkov, *Suaeda altissima* L., *Petrisimoni abrachiata* Pall. [21].

Определялись распространенные в микробиоте почвы следующие физиологические группы микроорганизмов: аммонификаторы, целлюлозоразрушающие микроорганизмы, микробное число почвы, амилитические бактерии, актиномицеты, нитрифицирующие бактерии I и II фазы, грибы, а также изучали количественный состав микроорганизмов и его взаимосвязь с влажностью, рН и солёностью почвы.

Количественное определение аммонификаторов проводили на мясо-пептонном агаре (МПА) при температуре 28 °С в течение 4 суток, аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов – на среде Имшенецкого-Солнцевой, микробное число почвы – на мясо-пептонном агаре (МПА) при температуре 28 °С в течение 2-х суток, амилитических бактерий и актиномицетов – на среде Чапека, нитрифицирующих бактерий I и II фазы – на соответствующих



средах Виноградского, грибов – на модифицированной среде Чапека-Докса [7, 9, 17].

Образцы высевали в 3-кратной повторности из определенного серийного разведения почвы, соответствующего каждой трофической группе микроорганизмов (с  $10^{-1}$  по  $10^{-10}$ ). В исследовании были использованы методы, принятые в микробиологии [3, 6–9].

Определение влажности в образцах проводилось весовым методом в сушильном шкафу (СНОЛ-3,5-И1, СССР) [10] рН определяли потенциометрически с помощью рН-метра (марка рНер2, Китай), соленость – методом определения плотного остатка водной вытяжки.

Подсчет микроорганизмов на жидких питательных средах проводили с использованием таблиц Мак-Креди, а на твердых питательных средах визуально, учетом образованных колоний, проводя подсчет колоний на чашках Петри, осуществляя пересчет на 1 г абсолютно сухой почвы (КОЕ/г) [9].

Для проведения корреляционного анализа определяли коэффициент корреляции Спирмена ( $r_s$ ) и критерий множественной ранговой корреляции ( $r_w$ ). Также были определены следующие показатели:  $t_r$  – эмпирическое значение коэффициента Стьюдента (критерия достоверности коэффициента корреляции);  $t_{крит}$  – критическое значение коэффициента Стьюдента (критерия достоверности коэффициента корреляции), находили по одноименной статистической таблице;  $k$  – число степеней свободы;  $n$  – количество определений рассматриваемого показателя;  $p$  – вероятность (95%). Если  $t_r < t_{крит}$ , то коэффициент корреляции считали статистически не значимым, иначе – отвергали предыдущую гипотезу. Оценку коэффициентов проводили с использованием шкалы Чеддока [16].

### Результаты и их обсуждение

Содержание влаги, солености и уровень рН в образцах почвы, прилегающих к берегу озера Кумиси приведено в таблице 1. Анализ результатов показывает, что на юго-западной части территории, прилегающей к озеру Кумиси, количество влаги в почвенных образцах различно. Так, например, в образцах почвы в 50 м от берега озера, количество влаги достаточно высоко (10,32; 22,49 и 22,98%, соответственно), по сравнению с более удаленными точками. Вместе с тем, отмечается тенденция – чем дальше точка взятия образца от озера, тем меньше количество влаги в нем (табл. 1). Количество влаги очень низко в образцах почвы, взятых на склонах возвышенности, прилегающей к озеру (табл. 1). Также уменьшается уровень солености (2,15–0,60%) и кислотности (7,6–7,0) на глубинах с увеличением удаленности от озера. Вместе с тем, увеличивается общее количество микроорганизмов, которое максимально в 200 м от берега озера (табл. 2, 3, 4).

Выявлена положительная высокая корреляционная связь между уровнем рН, солености и влажности ( $r_w = 0,81$ ) (рис. 1).

Корреляционный анализ показал, что существует отрицательная слабая связь между количеством микроорганизмов и уровнем рН ( $r_s = -0,03$ ), солености ( $r_s = -0,14$ ) и влажности ( $r_s = -0,22$ ), что говорит об отсутствии достоверной



Таблица 1

Химико-физические параметры образцов почв, прилегающих к озеру Кумиси\*

Table 1

## Chemical and physical parameters in salinity soil samples of Kumisi Lake

Показатели	Расстояние от берега озера (м)								
	50			100			200		
	Глубина (см)			Глубина (см)			Глубина (см)		
	5	10	20	5	10	20	5	10	20
Влажность, %	10,32	22,49	22,98	8,84	9,80	10,17	7,56	10,01	10,01
Соленость, %	1,74	1,25	2,15	0,70	0,60	0,85	0,67	0,71	0,75
pH, ед.	7,3	7,6	7,3	7,2	7,1	7,6	7,1	7,0	7,1

Примечание: \*Измерения проводились однократно

связи между исследуемыми параметрами и можно судить лишь только о наличии соответствующей тенденции.

Также было выявлено, что средняя кислотность не может считаться фактором, влияющим на общее количество микроорганизмов ( $r=-0,79$ ;  $t_r < t_{\text{крит}} = 2,1 < 12,70615$ ; коэффициент корреляции статистически не значим), также средняя влажность оказывает влияние на этот параметр ( $r=0,99$ ;  $t_r > t_{\text{крит}} = 49,75 > 12,70615$ ; коэффициент корреляции статистически значим) (рис. 2, 3, 4). Средняя соленость, несмотря на высокий коэффициент корреляции ( $r=-0,99$ ), не влияет на общее количество микроорганизмов, в этом случае, скорее всего, мы имеем дело с ложной корреляцией, так как соленость угнетает распространение микроорганизмов. С уменьшением средней влажности ( $r=-0,99$ ) происходит уменьшение общего количества микроорганизмов.

В исследуемых образцах почвы (50 м от берега) доминируют аммонификаторы (63,16%). В большом количестве представлены амилитические бактерии (31,56%). Многочисленность аммонифицирующей микробиоты является показателем наличия в почве высокой концентрации легко окисляемых органических веществ. Достаточно высокий показатель численности амилитической микробиоты, скорее всего связан с экссудативными выделениями корневой системы растений. В меньшем количестве представлено микробное число почвы (5,28%), что свидетельствует о том, что в почве присутствуют в большом количестве остатки жизненного функционирования растений и животных (табл. 2).

В образцах почвы, взятых в 100 м от берега, доминируют аммонификаторы (56,80%) и амилитические бактерии (42,88%). В меньшем количестве также представлено микробное число почвы (0,32%) (табл. 3).

В образцах почвы, взятых на расстоянии 200 м от берега озера доминируют аммонификаторы (47,94%). В меньшем количестве представлены амилитические бактерии (47,30%) и микробное число почвы (4,79%) (табл. 4).



Таблица 2  
Table 2Содержание микроорганизмов в солончаковых почвах озера Кумиси (50 м от озера)\*  
The content of the certain trophic groups in salinity soils of Kumisi Lake (50 m from the lake)

Группы микроорганизмов	Глубина 5 см		Глубина 10см		Глубина 20см		Общее количество микроорганизмов (КОЕ/г)	%
	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%*	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%		
<i>Аммонификаторы</i>	64400(±408)	86,52	32420 (± 37,4)	41,35	2051 (± 60,8)	54,85	98871×10 <sup>6</sup> (±425,5)	63,14
<i>Аммонитические бактерии</i>	5575 (±21,2)	7,49	465060 (±10600)	55,94	0,00	0,00	49435×10 <sup>6</sup> (±25,2)	31,57
<i>Актиномицеты</i>	0,0468 (±0,00007)	0,0001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0468×10 <sup>6</sup> (±0,00007)	0,00003
<i>Грибы</i>	0,2081 (±0,00007)	0,0003	0,0482(± 0,00117)	0,0001	0,9522 (± 0,03)	0,03	1,2085×10 <sup>6</sup> (±0,03)	0,0008
<i>Целлюлозоразрушающие микроорганизмы</i>	0,24 (±0,000070)	0,0003	0,34 (± 0,004892)	0,0004	0,31 (±0,000426)	0,01	907894(±0,005)	0,0006
<i>Сапрофиты</i>	4460 (±7)	5,99	2128 (±700)	2,71	1687 (± 7,2)	45,11	8275×10 <sup>6</sup> (±714,2)	5,28
<i>Нитрификаторы (фаза I)</i>	0,00025(±0,000005)	0,0000003	0,0109(± 0,00077)	0,00001	0,1415 (± 0,00742)	0,004	0,1527×10 <sup>6</sup> (±0,008)	0,0001
<i>Нитрификаторы (фаза II)</i>	0,8920 (±0,00021)	0,001	0,1671 (± 0,02)	0,0002	0,0902 (± 0,00014)	0,002	1,1493×10 <sup>6</sup> (±0,02)	0,0007
Общее число микроорганизмов	7,44×10 <sup>10</sup>	100	7,84×10 <sup>10</sup>	100	3,74×10 <sup>9</sup>	100	1,57×10 <sup>11</sup>	100

\*Примечание для таблиц 2 – 4: процентное (%) содержание микроорганизмов в почве рассчитывали по отношению к общему числу микроорганизмов на каждой глубине и к суммарному общему числу микроорганизмов на глубинах



Таблица 3

Содержание микроорганизмов в солончаковых почвах озера Кумиси (100 м от озера)

Table 3

The content of the certain trophic groups in salinity soils of Kumisi Lake (100 m from the lake)

Группы микроорганизмов	Глубина 5 см		Глубина 10см		Глубина 20см		Общее количество микроорганизмов (КОЕ/г)	%
	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%		
<i>Аммонификаторы</i>	60333 (±142)	62,40	24390(± 4,1)	49,44	2450(±20,4)	6,82	87173×10 <sup>6</sup> (±496,4)	47,91
<i>Амилитические бактерии</i>	32900 (±1560)	34,03	22727(±212)	46,07	30494(±2,27)	84,82	86121×10 <sup>6</sup> (±1774,27)	47,33
<i>Актиномицеты</i>	0,1536(±0,00028)	0,0002	0,2938(±0,00093)	0,0006	0,1224(±0,00184)	0,0003	0,5698×10 <sup>6</sup> (±0,003)	0,0003
<i>Грибы</i>	0,0022(±0,000004)	0,000002	0,0026(±0,00029)	0,00001	0,0089(±0,00014)	0,00002	0,0137×10 <sup>6</sup> (±0,0004)	0,00001
<i>Целлюлозоразрушающие микроорганизмы</i>	0,19(±0,003422)	0,0002	0,17(±0,000438)	0,0004	0,21(±0,000028)	0,0006	588600(±3889,1)	0,0003
<i>Сапрофиты</i>	3448(±35)	3,57	2217(±71)	4,49	3005(±28)	8,36	8670×10 <sup>6</sup> (±134)	4,76
<i>Нитрификаторы (фаза I)</i>	0,154(±0,00071)	0,0002	0,249(±0,00071)	0,001	0,195(±0,00354)	0,001	0,5980×10 <sup>6</sup> (±0,005)	0,0003
<i>Нитрификаторы (фаза II)</i>	0,0004(±0,00007)	0,0000004	0,7649(±0,00071)	0,002	0,0161(±0,00064)	0,00004	0,7814×10 <sup>6</sup> (±0,001)	0,0004
Общее число микроорганизмов	9,67×10 <sup>10</sup>	100	4,93×10 <sup>10</sup>	100	3,59×10 <sup>10</sup>	100	1.82×10 <sup>11</sup>	100



Таблица 4  
Table 4Содержание микроорганизмов в солончаковых почвах озера Кумиси (200 м от озера)  
The content of the certain trophic groups in salinity soils of Kumisi Lake (200 m from the lake)

Группы микроорганизмов	Глубина 5 см		Глубина 10 см		Глубина 20 см		Общее количество микроорганизмов (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%
	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%	Количество (1×10 <sup>6</sup> КОЕ/г)	%		
<i>Аммонификаторы</i>	88700 (±40,8)	89,81	9120(±32,6)	19,71	2033 (±6,9)	5,21	99853×10 <sup>6</sup> (±49)	54,22
<i>Амилолитические бактерии</i>	8654 (±0,4)	8,76	33252 (±1,22)	71,87	33480 (±350)	85,80	75386×10 <sup>6</sup> (±351,62)	40,94
<i>Актиномицеты</i>	0,1893(±0,00049)	0,0002	0,1279 (±0,00031)	0,0003	0,00	0,00	0,3172×10 <sup>6</sup> (±0,0008)	0,0002
<i>Грибы</i>	0,028 (±0,00141)	0,00003	0,0041 (±0,00003)	0,00001	0,0026 (±0,00028)	0,000007	0,0347×10 <sup>6</sup> (±0,0017)	0,00002
<i>Целлюлозоразрушающие микроорганизмы</i>	0,09 (±0,000353)	0,0001	0,06 (±0,000056)	0,02	0,05 (±0,000141)	0,0001	224280(±551,6)	0,0001
<i>Сапрофиты</i>	1406 (±7,3)	1,42	3893 (±141)	8,41	3509 (±28)	8,99	8808×10 <sup>6</sup> (±176,30)	4,78
<i>Нитрификаторы (фаза I)</i>	0,584 (±0,00410)	0,001	0,0656 (±0,00056)	0,0001	0,0036 (±0,000002)	0,00001	0,65×10 <sup>6</sup> (±0,005)	0,0004
<i>Нитрификаторы (фаза II)</i>	0,038 (±0,00049)	0,00004	1,051 (±0,12)	0,0023	0,0234 (±0,00028)	0,00006	1,11×10 <sup>6</sup> (±0,12)	0,06
Общее число микроорганизмов	9,88×10 <sup>10</sup>	100	4,63×10 <sup>10</sup>	100	3,90×10 <sup>10</sup>	100	<b>1,84×10<sup>11</sup></b>	<b>100</b>



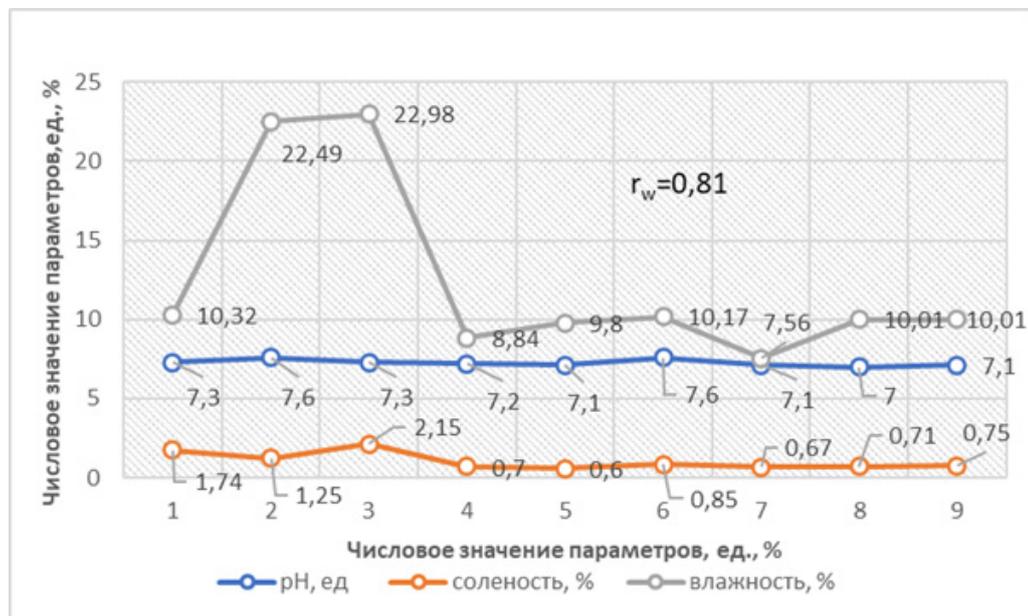


Рис. 1. Корреляционная связь между уровнем pH, солености и влажности

Fig. 1. Correlation between pH, salinity and humidity levels

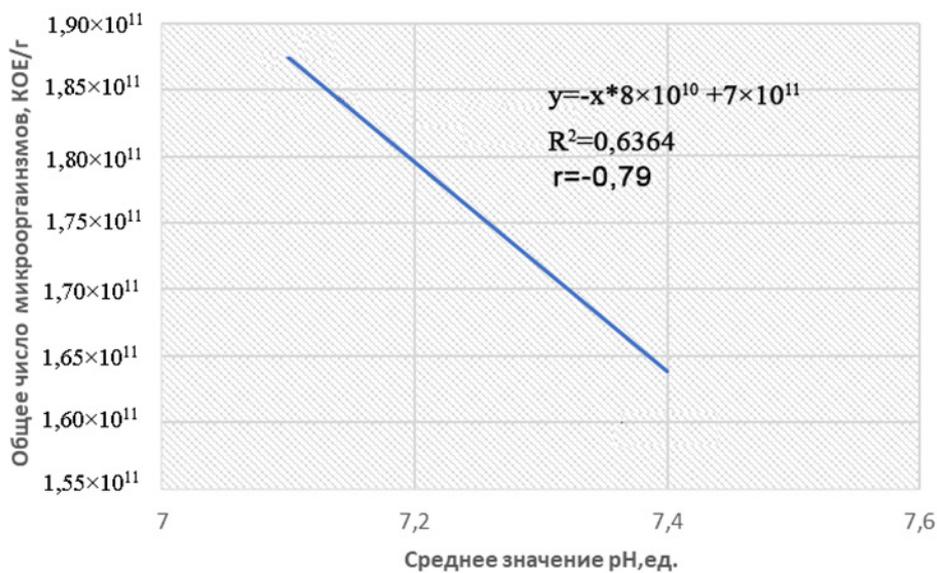


Рис. 2. Зависимость общего количества микроорганизмов от среднего pH почвы

Fig. 2. Dependency of total number of microorganisms from average soil acidity

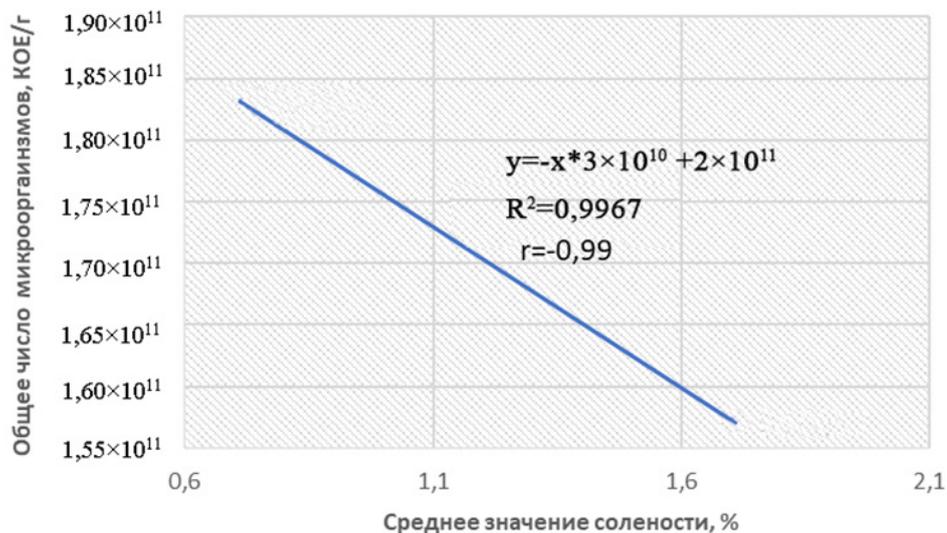


Рис. 3. Зависимость общего количества микроорганизмов от средней солёности почвы

Fig. 3. Dependency of total number of microorganisms from average soil salinity

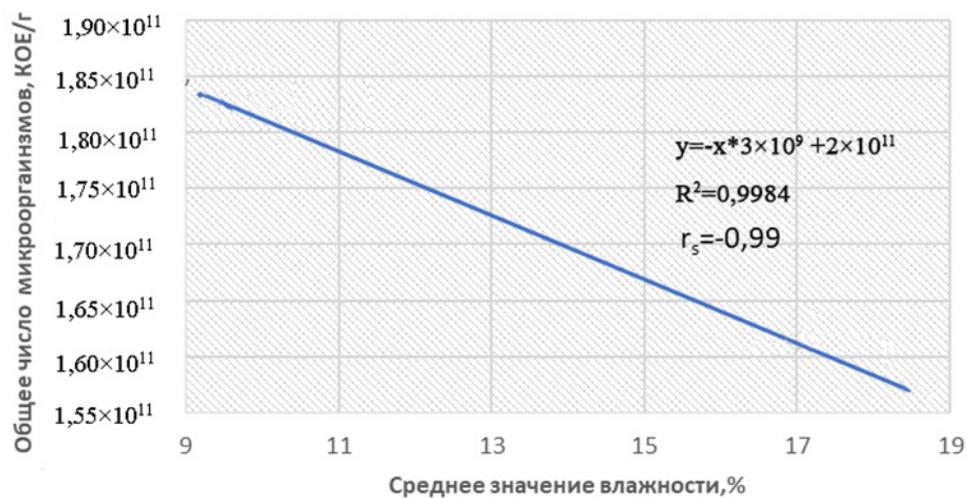


Рис. 4. Зависимость общего количества микроорганизмов от средней влажности почвы

Fig. 4. Dependency of total number of microorganisms from average soil humidity

В исследуемых образцах в очень малом количестве представлены целлюлозоразрушающие микроорганизмы, грибы, актиномицеты, нитрифицирующие бактерии I и II фазы (табл. 2, 3, 4).

Амилолитики имеют высокую численность по профилю практически во всех изученных образцах почвы. По-видимому, рост амилолитических



микроорганизмов ассоциирован с корневым экссудатом растений [5]. Учитывается также то, что у озера Кумиси корневая система растений-галофитов пронизывает почву на большую глубину. Высокая численность аммонификаторов указывает на присутствие в почвах высоких концентраций легкоокисляемых органических веществ.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- В профиле почвы доминируют аммонификаторы, в большом количестве представлены амилотические бактерии, остальные трофические группы представлены в малом количестве, что свидетельствует о низком уровне минерализации почвы.
- С увеличением удаленности от озера уменьшается среднее значение химико-физических параметров солончаковой почвы, а общее количество микроорганизмов увеличивается.
- Проведенный анализ не выявил зависимости между количеством микроорганизмов и параметрами солончаковой почвы (рН, соленость и влажность) в точках на определенной глубине, но сравнивая средние параметры, выявлено, что общее количество микроорганизмов уменьшается с уменьшением влажности.

**M.D. Tsulukidze**

Sokhumi State University,  
26 Ana Politkovskaia Street, 0186, Tbilisi, Georgia

## **DISTRIBUTION OF SOME PHYSIOLOGICAL GROUPS OF MICROORGANISMS IN SALINE SOILS ADJACENT TO KUMISI LAKE (GEORGIA)**

### **Summary**

**Aim.** The study of distribution features of microbial associations of saline soils adjacent to Lake Kumisi. **Methods.** Quantitative determination of ammonifiers was performed on meat-peptone agar (MPA), of aerobic cellulose-decomposers – on Imshenetski-Solntseva medium area, total microbial count of microorganisms (other saprophytic microflora) – inoculation on MPA after 2 days of incubation at temperature 28°C, an amylolytic bacteria and actinomycetes – on Czapek medium, nitrifying bacteria (phase I and II) – on Vinogradski mediums, fungi – on modified Czapek-Dox medium. The moisture content of soil samples was measured in a drying chamber by the gravimetric method, the pH value was determined potentiometrically using a portable pH meter (manufacturer pHep2, China), and salinity was determined by the solid residue of the aqueous extract. Quantitative estimation of microorganisms in liquid media was conducted using the Mc Credie table, and in solid areas visually by the registration of the colonies, counting colonies on Petri dishes, recalculating per 1 g of absolutely dry soil. **Results.** The qualitative and quantitative ratio of microorganisms within each physiological group and between them has been established. In the test samples ammonifying and amylolytic bacteria dominate. Total microbial count are found in smaller amounts, in small amount are found cellulose decomposers, fungi, actinomycetes, phase I and II nitrifies. Correlation analysis showed that there is a negative weak relationship



between the number of microorganisms and the level of pH ( $r_s = -0.03$ ), salinity ( $r_s = -0.14$ ) and humidity ( $r_s = -0.22$ ), which indicates the absence of a reliable relationship between the studied parameters and it is possible to judge only about the presence of the corresponding trend. It was also found that the average humidity are factors affecting the total number of microorganisms. **Conclusions.** With increasing distance from the lake, the average value of the chemical and physical parameters of the saline soil decreases, and the total number of microorganisms increases. The analysis did not reveal a relationship between the number of microorganisms and the parameters of saline soil (pH, salinity and humidity) at certain depth points, but in comparing with the average parameters, it was found that the total number of microorganisms decreases with increasing humidity.

*Key words:* Saline soils, Microorganisms, Salinity, Humidity, Alkalinity

### М.Д. Цулукидзе

Сухумський державний університет,  
вул. Ганни Політковської, 26, Тбілісі, 0186, Грузія,  
тел.: +995(32) 254 16 53, e-mail: tsulukidzemziya@gmail.com

## ПОШИРЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ ОКРЕМИХ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ГРУП В СОЛОНЧАКОВИХ ГРУНТАХ, ЩО ПРИЛЯГАЮТЬ ДО ОЗЕРА КУМІСІ (ГРУЗІЯ)

### Реферат

**Мета.** Вивчення особливостей поширення мікроорганізмів окремих фізіологічних груп в солончакових ґрунтах, що прилягають до озера Кумісі. **Методи.** Кількісний склад аммоніфікаторів визначали на м'ясо-пептонному агарі (МПА), аеробних целюлозоруйнівальних мікроорганізмів – на середовищі Імшенецького-Солнцевої, мікробного числа – на м'ясопептонному агарі (МПА), амілолітичних бактерій I та II фази – на відповідних середовищах Виноградського, грибів – на модифікованому середовищі Чапека-Докса. Визначення вологості в зразках ґрунтів визначали ваговим методом, рН – потенціометрично з допомогою рН-метра, солоність – методом визначення щільного залишку водної витяжки. Кількість мікроорганізмів визначали на рідких живильних середовищах з використанням таблиць Мак-Креді, а на твердих живильних середовищах візуально, обліком утворених колоній на чашках Петрі з перерахунком на 1 г абсолютно сухого ґрунту. **Результати.** Встановлено якісне і кількісне співвідношення мікроорганізмів всередині кожної фізіологічної групи і між ними. Кількісно найбільше представлені амоніфікатори та амілолітичні бактерії. В меншій кількості зустрічаються решта сапрофітів, невеликою кількістю представлені целюлозоруйнівальні мікроорганізми, гриби, актиноміцети, нітрифікувальні бактерії I та II фази. Кореляційний аналіз показав, що існує зворотний слабкий зв'язок між кількістю мікроорганізмів та рівнем рН ( $r_s = -0,03$ ), солоності ( $r_s = -0,14$ ) і вологості ( $r_s = -0,22$ ), що свідчить про відсутність достовірного зв'язку між досліджуваними параметрами і можна судити лише тільки про наявність відповідної тенденції. Також було виявлено, що середня вологість є



чинником, який впливає на загальне число мікроорганізмів. **Висновки.** Із зростанням віддаленості від озера зменшується середнє значення хіміко-фізичних параметрів солончакового ґрунту, а загальна кількість мікроорганізмів збільшується. Проведений аналіз не виявив залежності між кількістю мікроорганізмів і параметрами солончакового ґрунту (рН, солоність та вологість) в точках на певній глибині, але порівнянням середніх параметрів встановлено, що загальна кількість мікроорганізмів зменшується із збільшенням вологості.

*Ключові слова:* солончакові ґрунти, мікроорганізми, солоність, вологість, лужність

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апхазова И.С.* Грузинская Советская Энциклопедия, Том 6, Тбилиси: Специальная Научная Редакция, 1983 – 720 с.
2. *Грузина В.Д., Галатенко О.А., Сумарукова И.Г., Ефременкова О.В., Терехова Л.П.* Метод увеличения количества выделяемых актиномицетов, основанный на предварительном внесении в образцы почв водных суспензий бактерий // Биотехнология. – 2003. – № 4. – С. 42–48.
3. *Зенова Г.М., Оборотов Г.В., Звягинцев Д.Г.* Солончаки – местообитание галофильных и алкалотолерантных стрептомицетов // Почвоведение. – 2005. – № 11. – С. 1341–1344.
4. *Какауридзе Т.Г.* Качественный и количественный состав планктона и бентоса озера Кумиси и их изменение в течение года // Труды Института зоологии Академии Наук Грузинской ССР. – 1953. – Т. 12. – С. 103–121.
5. *Лысак Л. В., Трошин Д. В., Чернов И. Ю.* Бактериальные сообщества солончаков // Микробиология. – 1994. – Т. 63. – № 4. – С. 721–729.
6. *Минеев В.Г.* Агрохимия: учеб. пособие. М.: Издательство Моск. ун-та, Издательство Колосс, 2004. – 753 с.
7. *Морозкина Е.В., Слуцкая Э.С., Фёдорова Т.В., Тугай Т.И., Голубева Л.И., Королёва О.В.* Экстремофильные микроорганизмы: биохимическая адаптация и биотехнологическое применение (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 2010. – Т. 46. № 1. – С. 5–20.
8. *Практикум по агрохимии: 2-е издание, переработанное и дополненное* // Под редакцией академика РАСХН В. Г. Минеева. – М.: Издательство Моск. ун-та, 2001. – 688 с.
9. *Практикум по микробиологии: учеб. пособие* // Под ред. Н.С. Егорова. – М.: Издательство Моск. ун-та, 1976. – 307 с.
10. *Прожорина Т.И., Затулей Е.Д.* Химический анализ почв: Лабораторный практикум для вузов. Часть 2. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2009. – 31 с.
11. *Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.* Практикум по микробиологии: учеб. пособие. М.: Издательство Дрофа, 2004. – 256 с.
12. *Терпелец В.И., Слюсарев В.Н.* Агрофизические и агрохимические методы исследования почв. Учебно-методическое пособие. Краснодар: КубГАУ, 2016. – 65 с.



13. Хасенова А.Х., Айткельдиева С.А., Смирнова И.Э., Ултанбекова Г.Д., Шакиев С.Ш., Треножникова Л.П. Изучение состава и свойств актиномицетов в экстремальных экосистемах Южного Казахстана // Вестник КазНУ. Серия экологическая. –2012.– №3 (35). – С. 79–85.
14. Duangmal K., Suksaard P., Pathom-aree W., Mingma R., Matsumoto A., Takahashi Y. *Actinopolysporasalinaria sp. nov.*, a halophilic actinomycete isolated from solar saltern soil // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. –2016.–№ 66. – P. 1660–1665.
15. Saratale G., Oh S. Production of thermotolerant and alkalotolerant cellulosytic enzymes by isolated *Nocardioopsis sp.* KNU. //Biodégradation. –2011.– Vol. 22. № 5. – P. 905–919.
16. Tang S. K., Li W. J., Dong W., Zhang Y. G., Xu L. H., Jiang C L. Studies of the biological characteristics of some halophilic and halotolerant actinomycetes isolated from saline and alkaline soils // Actinomycetologica. – 2003.– Vol. 17. –P. 6–10.
17. Yoshida, F., Yamane T. Continuous hydrocarbon fermentation with colloidal emulsion feed. A kinetic model for two-liquid phase culture. // Biotechnology Bioengineering. – 1974.–V. 16. № 5.–P. 635–657.
18. <https://medstatistic.ru/methods/methods9>. 25 December 2020.
19. [https://dommedika.com/medicinskaia\\_mikrobiologia/opredelenie\\_mikrobnogo\\_chisla\\_pochvi](https://dommedika.com/medicinskaia_mikrobiologia/opredelenie_mikrobnogo_chisla_pochvi). 29 September 2019.
20. <https://travelingeorgia.com/ru/resorts/resort-kumisi>. 19 April 2020.
21. Badridze G., Chanishvili Sh., Chkhubianishvili E., Kacharava N., Rapava L., Kikvidze M., Chigladze L. Halophylic plants of the East Georgia (physiological and biochemical analysis). Tbilisi: Print House Damani, 2019:93 [in Georgian].

#### REFERENCES

1. Apkhazava IS. Georgian Soviet Encyclopedia, V.6, Tbilisi: Specialnaya nauchnaya redakciya, 1983:720 [in Russian].
2. Gruzina VD., Galatenko OA, Sumarukova IG, Efremenkova OV, Terekhova LP. The method of increasing the amount of excreted actinomycetes based on the preliminary introduction of aqueous suspensions of bacteria into soil samples. Biotechnologiya. 2003; 4: 42-48[in Russian].
3. Zenova GM., Oborotov GV., Zvyagintsev DG. Solonchaks: the ecotopes of halophilic and alkalotolerant streptomycetes. Pochvovedeniye. 2005; 11: 1341-1344 [in Russian].
4. Kakauridze TG. The qualitative and quantitative composition of the plankton and benthos of Lake Kumisi and their change during the year. Proceedings of the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Georgian SSR. 1953; 12: 103-121[in Russian].
5. Lysak LV, Troshin DV., Chernov IYu. Bacterial communities of solonchaks. Mikrobiologiya. 1994; 63(4): 721–279[in Russian].
6. Mineev VG. Agrochemistry: manual. – M.: Izdatelstvo Moscovskogo universiteta, Izdatelstvo Koloss, 2004: 753 [in Russian].



7. Morozkina EV, Slutskaia ES, Fedorova TV, Tugay TI, Golubeva LI, Koroleva OV. Extremophilic microorganisms: biochemical adaptation and biotechnological application (review). *Prikladnaya biohimiya i mikrobiologiya*. 2010; 46(1): 5–20 [in Russian].
8. Manual on agrochemistry: 2<sup>nd</sup> edition/ Pod red. VG. Mineeva. M: Izdatelstvo Mosk. Universiteta, 2001:688 [in Russian].
9. Manual on microbiology/ Pod red. NS. Egorova. M: Izdatelstvo Mosk. Universiteta, 1976:307 [in Russian].
10. Prozhorina TI, Zatul'ev ED. Chemical analysis of soil: Laboratory workshop for universities. Vol.2. Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 2009:31 [in Russian].
11. Tepper EZ, Shilnikova VK, Pereverzeva GI. Manual on microbiology. M: Izdatelstvo Drofa, 2004:256 [in Russian].
12. Terpelets VI, Slusarev VN. Agrophysical and agrochemical methods of soil investigation. Manual. Krasnodar: KubGAU, 2016:65 [in Russian].
13. Khassenova AKh, Aitkeldiyeva SA, Smirnova IE, Ultanbekova GD, Shakiev SSh, Trenozhnikova LP. Study of composition and properties of actinomycetes in extreme ecosystems of south Kazakhstan. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya*. 2012; 3(35):79-85 [in Russian].
14. Duangmal K, Suksaard P, Pathom-aree W, Mingma R, Matsumoto A, Takahashi Y. Actinopolysporasalinaria sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from solar saltern soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2016; 66:1660–1665 [in Russian].
15. Saratale G, Oh S. Production of thermotolerant and alkalotolerant cellulolytic enzymes by isolated *Nocardia* sp. *KNU. Biodégradation*. 2011; 22(5): 905–919 [in Russian].
16. Tang SK, Li WJ, Dong W, Zhang YG, Xu LH, Jiang CL. Studies of the biological characteristics of some halophilic and halotolerant actinomycetes isolated from saline and alkaline soils. *Actinomycetologica*. 2003; 17: 6-10 [in Russian].
17. Yoshida, F, Yamane T. Continuous hydrocarbon fermentation with colloidal emulsion feed. A kinetic model for two-liquid phase culture. *Biotechnology Bioengineering*. 1974; 16: 5: 635–657.
18. <https://medstatistic.ru/methods/methods9>. 25 December 2020.
19. [https://dommedika.com/medicinskaia\\_mikrobiologia/opredelenie\\_mikrobnogo\\_chisla\\_pochvi](https://dommedika.com/medicinskaia_mikrobiologia/opredelenie_mikrobnogo_chisla_pochvi). 29 September 2019.
20. <https://travelingeorgia.com/ru/resorts/resort-kumisi>. 19 April 2020.
21. Badridze G, Chanishvili Sh, Chkhubianishvili E, Kacharava N, Rapava L, Kikvidze M, Chigladze L. Halophylic plants of the East Georgia (physiological and biochemical analysis). Tbilisi: Print House Damani, 2019:93 [in Georgian].

Стаття надійшла до редакції 02.02.2021 р.

