

СВОБОДНОЖИВУЩИЕ ИНФУЗОРИИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Ф.Г. Агамалиев^{1*}, О.З. Карабейли¹

¹Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

THE FREE-LIVING CILIATES OF THE NORTHERN CASPIAN

F.G. Agamaliyev, O.Z. Karabeyli (Baku State University, Baku, Azerbaijan)

Резюме. Изучены свободноживущие инфузории Северного Каспия, выявлено 264 вида инфузорий, в том числе 156 видов в микробентосе, 112 вида в перифитоне и 93 вида в планктоне. Инфузории изучены по биотопам (в различных типах песка и на различных субстратах). Исследованы сезонное изменение и отношения инфузорий к растворенным кислородам. Выявлено морское происхождение цилиофауны Северного Каспия.

Abstract. The free-living ciliates of the Northern Caspian have been studied. During the research 264 species of ciliates are identified including 156 species in microbenthos, 112 species in periphyton and 93 species in the plankton. Ciliates were investigated according to biotops (in different types of sand as well on different substrates). Seasonal changes and the ratio of ciliates to dissolved oxygen are investigated. The marine origin of the ciliofauna of the Northern Caspian is revealed.

Ключевые слова: инфузор, бентос, планктон, перифитон, биотоп, популяция.

Keywords: ciliata, benthos, plankton, periphyton, biotope, population.

***Фарзали Агамалиев**, д.б.н., проф., заведующий кафедрой «Зоология беспозвоночных» Бакинского Государственного Университета, Баку, Азербайджан, e-mail: farzali.agamaliyev@gmail.com

Поступила в редакцию: 17 Октября 2017

1. Введение

Северный Каспий очень мелководен, представляет собой как бы отдельный бассейн, резко отличающийся от двух других частей (Средний и Южный Каспий). Средняя глубина 5-6 м, а наибольшие глубины не превышают 20 м и располагаются на границе со средней частью моря. Воды Северного Каспия отличаются малой прозрачностью, обусловленной малыми глубинами, интенсивным перемешиванием воды и большим притоком речных вод. Грунты состоят из ила, песчанистого ила и песка. Температура воды в течение года изменяется в пределах от 0 до 25°C. Средняя соленость воды 5,5%, рН воды во всех изученных разрезах Северного Каспия оказалось почти одинаковым (7,93-8,35) а содержание кислорода в среднем составляла 6-8см³/л. Изучение инфузорий в целом представляет большой научный и практический интерес.

2. Материал и методика

Основным материалом предлагаемой работы являются результаты полевых исследований Ф.Г.Агамалиева с 1970-х годов прошлого столетия до последних лет.

Пробы просматривались под микроскопом (МБС-9, МБР-1). Определение инфузорий производилось при помощи определителями (монографиями) Ф.Г. Агамалиева (1983) [2], [1], Дражеско (Dragesco, 1960) [6], Chatton E., Lwoff A.(1930) [5], Каль (Kahl 1930-1935, 1933) [9, 10].

Пробы собраны порщеновой трубкой (диаметр 2 см) и соскабливанием поверхностного слоя грунта и естественных объектов и батометром Нансена. Одновременно брали образцы песка для механического анализа и для определения содержания в нем органических веществ.

3. Результаты и обсуждение

В исследуемом районе Каспия было обнаружено 264 вида свободноживущих инфузорий, в том числе 196 видов в микробентосе, 112 вида в перифитоне и 93 вида в планктоне. Около 65% обнаруженных видов оказались общими для всех трех биотопов (микробентос, перифитон, планктон). Из остальных 35% найденных инфузорий, 28 видов являются специфичными для микробентоса, 13 вида для перифитона, 10 видов для планктона.

В микробентосе Северного Каспия самыми распространенными оказались виды родов *Holophrya*, *Prorodon*, *Lacrymaria*, *Tracheloraphis*, *Trachelonema*, *Litonotus*, *Loxophyllum*, *Pleuronema*, *Holosticha*, *Euplotes* и *Aspidisca*. Специфичные псаммофильные виды в основном были обнаружены в песках Мангышлакского залива, западного побережья и центральной части данного района. Из четырех основных типов песков наиболее богатым по видовому составу является песок 2-го типа (умеренно мелкий, с $M_0=0,1-0,4$ мм) рис.1. В нем обнаружено 136 видов инфузорий, относящихся ко всем экологическим группам. В основном это микропоральные и эврипоральные виды. Среднее количество особей инфузорий в данном песке составляло 6-7 млн.экз/м². К числу массовых форм здесь можно отнести *Lacrymaria coronata*, *Trachelonema oligostriata*, *Litonotus lamella*, *Pleuronema coronatum*, *Euplotes patella f.latus*, *Aspidisca costata* и др. Очень мелкие, средние и крупные пески как по числу видов, так и по численности отдельных форм несколько уступают мелкому песку (рис. 1).

Как отмечено выше, в районе исследования можно выделить 4 типа песка, который отличается друг от друга модальным размером песчинок. Пески различной степени зернистости отличаются не только размерами капиллярных пространств, образующихся при соприкосновении песчинок, но и рядом физико-химических свойств.

Сравнение всех обнаруженных видов инфузорий Северного Каспия с данными Форе-Фремье (Faure-Fremiet, 1950-1951) [7, 8], Дражеско (Dragesco, 1960) [6], Райкова (1960, 1962) [12, 13], Ковалчук (2002) [11], Бурковского (1969, 1971) [3, 4] показывает, что основные представители изученной нами фауны являются типичными микропоральными видами. К этой группе, по нашим

данным, можно отнести *Tracheloraphis teissieri*, *Tr. striatus*, *Holophyra vorax*, *Placus striatus*, *Lacrymaria coronata*, *L.caudata*, *Remanella granulosa*, *Peritromus faurei*, *Urostyla marina*, *Euplotes balteatus*, *Aspidisca caspica* и др.

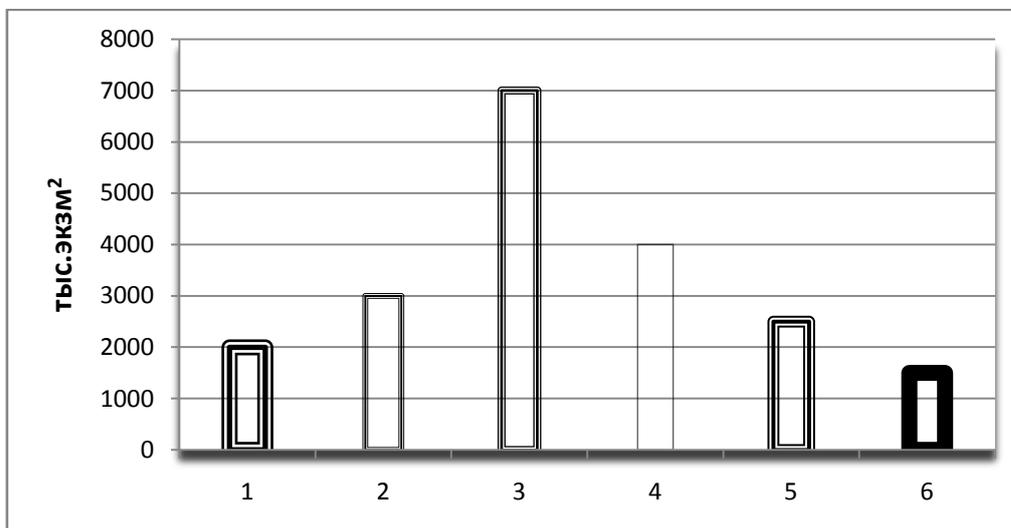


Рис.1 Распределение инфузорий в различных биотопах, 1-ил с детритом, 2-очень мелкий песок ($M_0=0,6-0,8$ мм), 3-мелкий песок ($M_0=0,1-0,4$ мм), 4-средний песок ($M_0=0,5-0,7$ мм), 5-крупный песок ($M_0=0,8-1,3$ мм), 6-гравий ($M_0=1,5-6$ мм),

Мезопоральные виды в основном обнаруживаются в средних и крупных песках, но довольно часто встречаются в мелком и очень мелком песке. К характерным представителям этой группы можно отнести *Loxophyllum setigerum*, *Mesodinium pulex*, *Paraspathidium fuscum*, *Condylostoma arenarium*, *Euplotes harpa*, *Diophrys scutum* и др.

Песок 1-го типа (очень мелкий, $M_0=0,05-0,08$ мм), интерстициальной фауной оказался более бедной (всего 67 видов). В нем встретились некоторые мезопоральные и факультативно-псаммофильные виды, такие как *Remanella rugosa*, *Paraspathidium fuscum*, *Trachelonema oligostriata*, *Loxophyllum fasciolatum*, *Diophrys scutum* и др. Но в основном населяющие этот песок формы принадлежат к микропоральному и эврипоральному группам (рис.2, I) Представители родов *Condylostoma* и *Uronychia* часто встречались в песке этого типа. Обеднение фауны инфузорий в слишком мелком песке ($M_0=0,05-0,08$ мм), вероятно, зависит от чрезмерного уменьшения капиллярных пространств между песчинками, которые пропорциональны размерам зерен песка и являются одним из наиболее важных факторов, необходимых для развития этой фауны.

Песок 3-го типа (средний, $M_0=0,5-0,07$ мм), является весьма богатым по числу особей мезопоральных, а также факультативно-мезопоральных видов инфузорий (рис.2, II). Среднее количество инфузорий в данном песке составляло 4-5 млн. экз. м². В этом песке было обнаружено 69 видов инфузорий, причем специфичные виды составляли около 55% всех инфузорий, обнаруженных в данном песке. Массовые популяции здесь образовали *Tracheloraphis prenanti*,

Remanella rugosa, *Paraspathidium fuscum*, *Frontonia marina*, *Diophrys scutum* и другие.

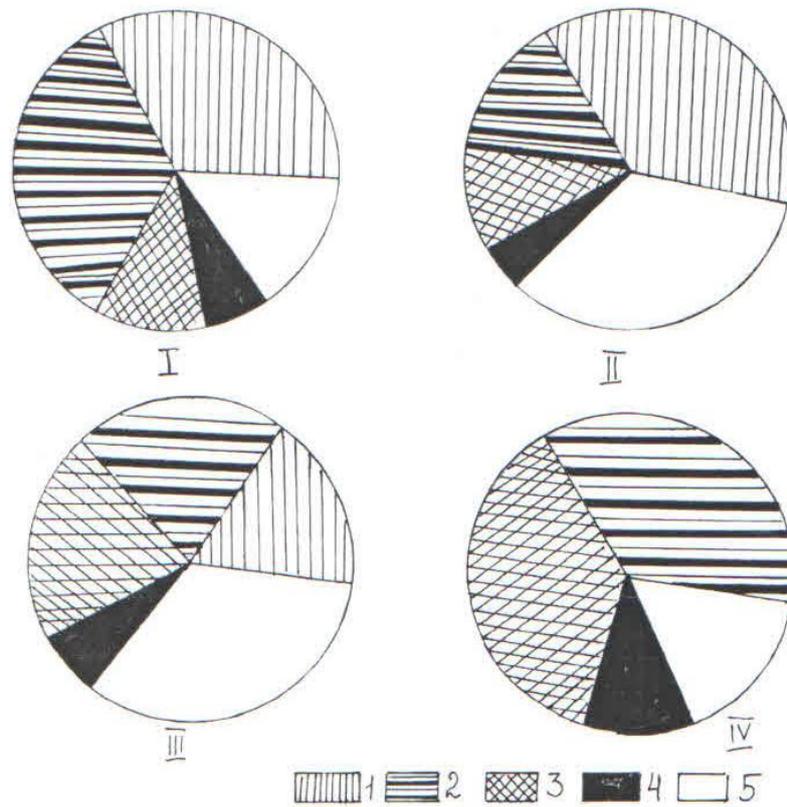


Рис. 2. Соотношение отдельных экологических групп интерстициальных (псаммофильных) инфузорий Северного Каспия
 I-очень мелкий, ($M_0=0,05-0,88\text{мм}$), II-мелкий ($M_0=0,1-0,4\text{мм}$), III-средний ($M_0=0,5-0,9\text{мм}$),
 IV-крупный ($M_0=0,9-1,5\text{мм}$). Виды: 1-микропоральные, 2-эврипоральные, 3-мезопоральные, 4-
 факультативно-псаммофильные, 5-с неясной экологической характеристикой.

Наконец, песок 4-го типа (крупный, $M_0=0,8-1,3\text{ мм}$) обеднен по числу видов, но здесь встречаются массовые популяции некоторых видов инфузорий. В этом песке обнаружено всего 37 видов инфузорий из мезопоральной, эврипоральной и факультативно псаммофильной групп. Средняя численность инфузорий в данном песке составляла 2-3 млн.экз.м². Микропоральная группа видов здесь не представлена совсем (см. рис.2,III). Некоторые виды как *Prorodoteres*, *Frontonia marina*, *Strombidium sauerbreyae*, *Condylostoma arenarium*, *Euplotes harpa*, *E.eurystomus var. marinus*, *Diophrys scutum*, *Uronychia transfuga* и др. являются постоянными представителями данного биотопа.

К эврипоральной фауне следует отнести *Prorodon binucleatus*, *Tracheloraphis prenanti*, *Litonotus lamella*, *Remanella rugosa*, *Frontonia marina*, *Pleuronema marinum*, *Trachelostyla caudata* и др.

Кроме типичных мезопоральных видов можно выделить группу факультативно-мезопоральных форм. К ним относятся *Frontonia marina*,

Pleuronema coronatum, *Keronopsis rubra*, *Uronychia transfuga* и др. Их можно отнести также к группе эвритопных или неспецифичных инфузорий, которые разнообразны по своим адаптациям и являются эврибионтными видами и имеют широкое распространение.

Таким образом, фауна изученных районов Северного Каспия носит в целом значительно более выраженный микропоральный характер (рис 2, II). Этот вывод хорошо согласуется с мелкозернистым характером песков исследованного района. Переходя к сравнению фауны 4-х типов песков, следует отметить, что наиболее богатыми как по видовому составу фауны, так и по числу особей является песок 2-го типа (умеренно мелкий с $M_0=0,1-0,4$ мм). В нем обнаружено 106 видов инфузорий, относящихся ко всем экологическим группам. Но, в основном, это микропоральные и эврипоральные виды (рис 2,II). Среднее количество инфузорий в данном песке составляло 10-12 млн. экземпляров в одном квадратном метре. К числу массовых форм здесь можно отнести *Tracheloraphis prenanti*, *Trachelonema oligostriata*, *Litonotus lamella*, *Uronema marinum*, *Lacrymaria coronata*, *Cyclidium candens*, *C. bergeri*, *Condylostoma arenarium*, *Euplotes raikovi*, *Aspidisca fusca*, *Loxophyllum setigerum* и др.

В разных типах песка вертикальное распределение тех или иных видов инфузорий оказывается различным. Во всех типах песка инфузорий численно максимально (8-10 млн. экз. m^2) в верхних слоях песчаного грунта (0-2 см). С повышением глубины происходит значительное обеднение видового и количественного состава инфузорий. Следует отметить, что каждый вид псаммофильных инфузорий характеризуется своим профилем вертикального распределения, различающимся для разных типов грунта. При этом прослеживаются следующие общие закономерности: I) чем крупнее песок, тем больше максимальная глубина проникновения инфузорий в грунт и глубина, на которой большинство видов обнаруживает максимальную численность (для очень мелкого песка эти цифры равны 3-4 см и 0-1 см соответственно) для мелкого песка 5-6 см и 1-2 см; для среднего 7-8 см и 1-2 см, для крупного -10 см и 0-4 см; II) типичные псаммофильные (специфичные) виды в общем проникают в грунт глубже, чем менее специфичные формы инфузорий. Границы проникновения инфузорий вглубь грунта в песках Северного Каспия доходит до 14 см. В связи с мелковолнностью Северного Каспия четкого горизонтального распределения инфузорий не установлены. Только летом, инфузории наивысшего разнообразия достигают в самых прибрежных зонах (0,5-1,0 м).

Сапробность грунта также играет важную роль в распределении инфузорий. Оказалось, что видовой состав последнего как при высоких (2,38%), так и при низких (0,43%) содержания органического вещества в песке обеднен. Наиболее разнообразная фауна инфузорий в песках Северного Каспия обнаружена при сапробности 0,96-1,20% органического вещества. Большинство обнаруженных видов оказались эвриоксибионтами. Несмотря на низкую соленость воды, в Северном Каспии встречаются многие виды, которые обнаружены также в Среднем и Южном Каспии. Однако, некоторые виды инфузорий (*Chilodonella rigida*, *Ophryoglena macrostoma*, *O. atra*, *Aspidisca costata*) были обнаружены только в Северном Каспии. Два последних вида найдены в предустьевых районах Волги и Урала. Несмотря на экологические отличия

отдельных географических районов Каспия обнаруживается довольно высокая общность видового состава инфузорий. Общие с Северным и Средним Каспием виды по микробентосу составляют 70,1%, с Северным и Южным -66,5%.

Перифитонные инфузории изучены на естественных предметах и на искусственных пластинках. Сезонное их изучение показало, что самое высокое разнообразие инфузорий наблюдается весной. Напротив, зимой пластинки остаются слабо заселенными (численность инфузорий в течение всего опыта не превышала 5 тыс.экз./м²). Очень интересным моментом является тот факт, что обрастания экспериментальных пластинок на Северном Каспии происходит быстрее, чем на других географических районах данного водоема, и благоприятным кислородным режимом.

При сопоставлении перифитонных инфузорий Северного, Среднего и Южного Каспия было получено 73,8% и 70,4% общности их фауны. Несмотря на большую общность фауны обнаруживается заметное отличие в их численности. Так, в Среднем и Южном Каспии численность перифитонных инфузорий достигает 4-6 тыс.экз./м², тогда как в Среднем и Северном Каспии она не превышает 0,7-1,5 тыс.экз./м².

подавляющее большинство перифитонных инфузорий Северного Каспия эвритермны. В отличие от других географических районов Каспия (Средний, Южный) на Северном Каспии (особенно в предустьевых районах и центральной части) в связи с малой прозрачностью и интенсивным перемешиванием воды четкого вертикального распределения подвижных видов инфузорий не установлено. Это распределение реально существует и выражено вполне четко и носит сезонный характер. В теплое время года (весна и лето) основные массы инфузорий находятся в поверхностных пластинках, а в холодное время года на пластинках находящихся в более глубоких слоях воды (4-5м).

Изучение отношения перифитонных инфузорий к субстратам (камни, гидротехнические сооружения, талломы водорослей, плавающие доски, корпуса судов) показало, что наиболее богаты инфузориями обрастания камней и гидротехнических сооружений. Здесь преобладают эврибионтные виды. Инфузории живущие на талломах водорослей – это в основном Peritricha и представители Nupotrichida. На корпусах судов были обнаружены как подвижные, так и сидячие формы инфузорий. К характерным представителями оказались *Vorticella punctata*, *V. annulata*, *V. microstoma*, *V. campanula*, *V. cylindrica*, *V. nebulifera*, *Zoothamnium elegans*, *Z. marinum*, *Z. nutans*, *Z. alternans*, *Carchesium gemellum* и др.

Что касается планктонных инфузорий Северного Каспия, то общность фауны со Средним и Южным Каспием составляет соответственно 64,8% и 58,5%. Планктонные инфузории выдерживают широкий диапазон изменений температуры и встречаются на протяжении всего года (зимой-только единичные экземпляры). Сезонные изменения фауны планктонных инфузорий Северного Каспия выражены значительно резче чем на других географических районах Каспия, что связано с мелководностью этого района. В Северном Каспии обнаружено два максимума численности (весенний и осенний) планктонных инфузорий. Весенний максимум приходится на 3-ей декады мая (6-7 млн.экз./м³), а осенний – на сентябрь (в среднем 4 млн.экз./м³). Летом с повышением

температуры воды до 25-28⁰С, численность инфузорий в планктоне значительно уменьшается. Однако видовое разнообразие остается большим. В этом сезоне преобладают stenothermные теплолюбивые формы, но они редко достигают высокой численности. Зимой в связи с резким понижением температуры воды (в отдельные годы до 0⁰С) многие формы инфузорий выпадают из планктона, а в пробах чаще всего попадаются *Coleps tesselatus*, *Litonotus lamella*, *Chlamydodon triquetrus*, *Uronema marinum*, *Tintinnopsis laltica*, *Tintinnopsis tubulosa*, *Codonella relicta* и др., которые относятся к stenothermным холодолюбивым формам. Существенное различие наблюдается в распределении видов по вертикали. В Северном Каспии, в связи с мелководностью, инфузории в слоях воды распределены почти равномерно только в предустьевых районах, где вода очень мутная, они встречаются исключительно в поверхностном слое (0-1, 0-3 м).

Изучение отношения планктонных инфузорий к растворенному кислороду показало, что из 73 обнаруженных видов около 75% являются эвриоксибионтами встречающимися при содержании O₂ от 4 до 8 см³/л. Остальные 25% фауны являются либо стеноксобионтами-полиоксибионтами, избегающими низкого насыщения воды кислородом, либо стеноксобионтами-олигооксибионтами, избегающими высокого содержания растворенного кислорода. К характерным представителям последнего комплекса видов можно отнести *Coleps tesselatus*, *Lacrymaria sapropelica*, *Paramecium calkinsi*, *Condylostoma arenarium f. proturostyla*, *Tintinnopsis tubulosa* и др.

В связи с тем, что Северный Каспий несколько опреснен, поэтому можно было бы ожидать некоторой специфичности фауны его инфузорий. Однако, сопоставление обнаруженных видов инфузорий всех экологических групп (микробентос, перифитон, планктон) и инфузорий других географических районов показывает, что фауна инфузорий Северного Каспия, в основном состоит из морских форм. Последние составляют 90% из всех обнаруженных видов инфузорий. Остальные 10% относятся пресноводным (*Prorodon laurenti*, *Askenasia elegans*, *Dileptus aculiatu*s, *Paramecium caudatum*, *Ophryoglena atra*, *Halteria grandinella*, *Opisthotricha ovata*, *Oxytricha aeruginosa*, *Euplotes patella f. latus*, *E. affinis*, *Stylonychia mytilus*) и солоноватым формам (*Prorodon mimeticus*, *Nassula citrea*, *Chilodontopsis vorax*, *Paramecium woodruffi*, *P. calkinsi*, *Cladotricha koltzowii*).

При сравнении пресноводных и солоноватоводных видов инфузорий Северного Каспия с видами других географических районов (Средний, Южный) данного водоема, выявлено, что они наивысшего разнообразия достигают на Северном Каспии. Так, из 18 видов пресноводных форм отмеченных на Каспии, 13 видов (72%) найдены на Северном Каспии. Что касается солоноватоводных форм, то все отмеченные на Каспии виды найдены также на Северной части данного водоема. Таким образом, исследованные нами свободноживущие инфузории Северного Каспия в целом космополитна и запетного эндемизма не обнаруживает.

Литература

1. Agamaliev, F.G. (2016). Current status of the study of ciliates in the Caspian Sea. *Advances in Biology & Earth Sciences*, 1(1), 21-25.
2. Agamaliev, F.G. (1983). *Ciliates of the Caspian Sea (taxonomy, ecology, zoogeography)*, Leningrad, Nauka, 232 p. (In Russian).
3. Burkovsky, I.V. (1969). Quantitative data on the distribution of psammophilic ciliates on the soils and horizons of the littoral and sublittoral of the Great Salma (White Sea, Kandalaksha Gulf). *Oceanology*, 9, 874-880 (In Russian).
4. Burkovsky, I.V. (1971). Ecology of psammophilous ciliates of the White Sea. *Journal of Zoology*, 50, 1285-1302 (In Russian).
5. Chatton, E., Lwoff, A. (1930). Impregnation, par diffusion argentine, de Infusaires marins et d'eau douce, après fixation cytologique et sans dessiccation, *Compt. rend. Soc., Biol.*, 104, 834-836.
6. Dragesco, Y. (1960). Les Ciliés mésopsammiques littoraux (systematique, morphologie, ekologie), *Trov. Station Biol. Roscoff.*, 12, 1-355.
7. Fauré-Fremiet, E. (1950). Ecologie des Ciliés psammophiles littoraux. *Bull. Biol. France et Belg.*, 84, 35-75.
8. Faure-Fremiet, E. (1951). The marine sand dwelling Ciliates of Cape Cod. *Biol. Bull.*, 100, 59-70.
9. Kahl, A. (1930-1935). Wimpertiere oder Ciliata, Jena, 886 p. (Die Tierwelt Deutschlands, Bd 18, 21, 25, 30).
10. Kahl, A. (1933). Ciliata libera et ectocommensalia, Leipzig., 146 p. (Tiervelt Nord.-und Ostsee; Lief.23, II).
11. Kovalchuk, A.A. (2002). Some questions of eco-physiology of free-living ciliates. *Journal of Hydrobiology*, 3, 81-93 (In Russian).
12. Raikov, J.B. (1960). La faune interstitielle des infusories du Littoral sableux de la baie Dalniye Zelentzy (Mourmanie orientale), *Trav. Inst. Biol. Mourmansk*, 2(6), 172-185 (in Russian).
13. Raikov, J.B. (1962). Les cilies mesopsammiques du littoral de Mer Blanche guesues especes nouvelles on peu connies, Cahiers, *Biol. Marine* 3, 325-361.