

**Особенности параллельных сукцессий микроорганизмов
и панцирных клещей (Acari: Oribatida) на первых этапах
почвообразования на засоленных субстратах в лесостепной
зоне Западной Сибири**

**Peculiarities of parallel successions of microorganisms and oribatid
mites (Acari: Oribatida) in the early stages of soil formation
on saline substrates in the forest-steppe zone of Western Siberia**

М.В. Якутин*, В.С. Андриевский*, Л.Ю. Анопоченко
M.V. Yakutin*, V.S. Andrievskii*, L.Yu. Anopchenko****

* Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, просп. Академика Лаврентьева 8/2, Новосибирск 630090 Россия. E-mail: VS@issa.nsc.ru, yakutin@issa.nsc.ru

* Institute of Soil Sciences and Agrochemistry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Akademika Lavrenteva Prosp. 8/2, Novosibirsk 630090 Russia.

** Сибирский государственный университет геосистем и технологий, ул. Плахотного 10, Новосибирск 630108 Россия. E-mail: milaa2006@ngs.ru

** Siberian State Geosystems and Technology University, Plakhotnogo Str. 10, Novosibirsk 630108 Russia.

Ключевые слова: Западная Сибирь, лесостепная зона, первые стадии сукцессии, засоленные почвы, биомасса микроорганизмов, базальное дыхание, метаболический коэффициент, численность панцирных клещей, видовое богатство, деструкционный блок.

Key words: Western Siberia, forest-steppe zone, first stages of succession, salt affected soils, microbiomass, basal respiration, metabolic coefficient, oribatid mites abundance, species richness, destruction block.

Резюме. В становлении комплекса деструкторов в процессе развития почв на участках обсохшего дна солёного озера Чаны в лесостепной зоне Западной Сибири можно выделить несколько стадий. После обсыхания озёрного дна относительно небольшая микроббиомасса озёрного ила отличается высокой общей и удельной метаболической активностью. На следующей стадии, луговых солончаков, запасы микробной биомассы увеличиваются относительно медленными темпами, но происходит резкое снижение общей и удельной метаболической активности почвенного микробценоза. На первых двух стадиях высокий уровень засоления препятствует заселению почв панцирными клещами. На стадии луговых почв начинается процесс рассоления почвенного профиля, значительно увеличиваются биомасса микроорганизмов и базальное дыхание и появляются панцирные клещи, которые образуют многовидовую группировку с пока ещё относительно невысокой численностью. Именно на этой стадии сукцессии можно говорить о начале формирования сложного зоомикробного комплекса. Структура доминирования населения орибатид в луговой солончаковой почве характерна для нарушенных экосистем, когда в сообществах превалирует малое число видов, которые имеют высокие показатели удельного обилия.

Abstract. The several stages in the formation of decomposers complex during the process of development of soils on the plots of the dried bottom of the saline lake in the forest-steppe zone of Western Siberia can be distinguished.

After desiccation of the lake bottom is relatively small microbiomass lake silt has a high total and specific metabolic activity. At the next stage - of meadow salt marshes - the stocks of microbial biomass increases by relatively slow rate, but there is a sharp decrease in total and specific metabolic activity of soil microbocenosis. At the first two stages of development with a high level of salinity prevents the colonization of soil by oribatid mites, so the process of decomposition of litter is carried out exclusively by microorganisms. At the stage of meadow soils the process of desalinization of the soil profile begins, significantly increase the microbial biomass and basal respiration and appear oribatid mites, which form a multi-species group with still relatively low abundance. It is at this stage of succession we can talk about the beginning of zoo-microbial complex formation. The dominance structure of the population of oribatid mites in the meadow saline soil is characteristic for disturbed ecosystems when in the communities prevails the small number of species that have high values of specific abundance.

Введение

Основу деструкционного звена биологического круговорота в подземном блоке наземных экосистем составляют почвенные микроорганизмы и некоторые почвенные животные [Tate, 1987]. Считается, что доля участия микроорганизмов в разложении

опада составляет примерно 85 %. Оставшаяся часть приходится на долю беспозвоночных животных [Macfadyen, 1963; Zvyagintsev et al., 2005]. Понимание особенностей функционирования деструкционного блока экосистемы возможно только при параллельном изучении микроорганизмов и почвенных животных, которые осуществляют процесс разложения органического вещества в почве в тесном взаимодействии [Anderson, 2000].

Одна из наиболее многочисленных и важнейших групп почвообитающих животных — микроартроподы, среди которых доминируют две таксономические группы: коллемболы и панцирные клещи (орibatиды). Их численности в некоторых почвах достигают сотен тысяч и даже миллионов экземпляров на квадратный метр [Identification keys to soil mites, 1975]. С учётом большой численности, вклад мелких беспозвоночных животных в регуляцию метаболической активности комплекса микроорганизмов очень велик. Они оказывают влияние на рост и метаболическую активность, а также на видовой состав и структуру микробных сообществ, формирующихся при разложении растительных остатков [Bysov, 2005].

Засоление — одно из наиболее стрессирующих условий окружающей среды для почвенных организмов [Yahontov, 1964; Sardinha et al., 2003; Boyerahmadi et al., 2010]. Изучение различных зоологических [Weigmann, 1973; Grishina et al., 1991; Dey et al., 2005; Berezina, 2006; De et al., 2009; Zaitsev, Pystina, 2014; Mordkovich, Lyubchanskii, 2017] и микробиологических [Yakutin et al., 2001; Kaur et al., 2002; Sardinha et al., 2003; Yuan et al., 2007; Zenova et al., 2007; Boyerahmadi et al., 2010] параметров засоленных почв проводились неоднократно, но сравнительные исследования изменений характеристик почвенной микрофлоры и сообществ панцирных клещей (Oribatida) в этих почвах до сих пор остаются единичными [Andrievskii, Yakutin, 2016].

Цель данной работы состояла в изучении влияния засоления на особенности параллельных сукцессий микроорганизмов и панцирных клещей (т.е. на становление основных компонентов зоомикробного комплекса) в молодых почвах, формирующихся на обсыхающих участках дна озера Чаны в лесостепной зоне Западной Сибири.

Объекты и методы исследования

В настоящее время озеро Чаны — это остатки огромной озёрной системы (Чаны-Абышкан-Сумы-Чебаклы-Молоки), имевшей в 1780-е гг. общую площадь 12 тыс. км² и постепенно усыхающей с 30-х годов XIX в. [Pulsating Chany Lake, 1982]. На обсыхающих территориях пойм солёных озёр идут активные процессы почвообразования. Основным фактором перераспределения солей в пределах ландшафтов является рельеф, определяющий степень дренированности отдельных частей этих ландшафтов. Эволюция молодых почв непосредственно после выхода поймы из-под воды начинается с процесса аккумуляции в них подвижных солей, вследствие чего происходит засоление этих почв. По мере опускания базиса эрозии начинается и продолжается в дальнейшем вынос подвижных солей в более низко расположенные элементы рельефа, что приводит к распреснению формирующихся почв. Глубина залегания почвенно-грунтовых вод в озерных депрессиях в целом приблизительно одинаковая. Фактором, определяющим этап эволюции, на котором находятся эти почвы, является их относительная высота над наиболее низко расположенными элементами рельефа, т.е. самые молодые почвы занимают поверхности на низких гипсометрических уровнях [Pulsating Chany Lake, 1982].

В качестве объекта исследования на южном берегу озера Чаны (Ярковский плёс) была выбрана серия разновозрастных почв, сформировавшихся на обсохших в разное время участках дна озера [Yakutin, Anorchenko, 2006]. По механическому составу все изученные почвы относятся к среднесуглинистым. Основные характеристики исследованных экосистем приведены в таблице 1.

Образцы почв для оценки микробиологических показателей отбирались по общепринятой методике в августе в течение 3-х последовательных лет из слоёв 0–10 и 10–20 см в 4-кратной повторности. В образцах определялась влажность почвы и проводился анализ водной вытяжки [Arinushkina, 1970]. Содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) определялось методом фумигации-инкубации. Также в данной работе определялось базальное дыхание и вычислялся показатель удельной активности микроббиомассы — метаболический

Таблица 1. Основные характеристики исследованных экосистем
Table 1. The main characteristics of the investigated ecosystems

Почва	Геоморфологическое положение / Абсолютная высота, м	Растительность / Проективное покрытие, % / Высота травостоя, см	Хозяйственное использование / Примерный возраст, годы
Т. 1. Иловые озерные отложения	На уровне уреза воды / 105	Растительность отсутствует	Не используется / 0–10
Т. 2. Солончак луговой	100 м от уреза воды. Обсохшая береговая полоса озера / 106	Солеросовый луг / 20–60 / 0–10	Не используется / 10–20
Т. 3. Луговая солончакватая	200 м от уреза воды. Бровка уступа террасы озера / 107	Разнотравно-злаковый луг / 60 / 10–60	Пастбище / 30–40

коэффициент (qCO_2) — выделение $C-CO_2$ на 1 г С-биомассы в час [Schinner et al., 1996].

Для анализа населения орибатид почвенные пробы отбирались стандартным цилиндрическим пробоотборником до глубины 5 см в 10-кратной повторности в каждом биотопе. Выгонка клещей из почвы осуществлялась методом термоэктекции Берлезе-Тулъгрена. Извлеченные из почвы клещи помещались в постоянные препараты, в которых под микроскопом определялась их видовая принадлежность. Численности (обилие) клещей рассчитывались на 1 м², исходя из площади пробоотборника [Gilyarov, 1975]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [Plochinskii, 1970; Sorokin, 2004].

Результаты и обсуждение

Иловые озёрные отложения с возрастом менее 10 лет характеризовались щелочным рН (8,0) и высоким уровнем засоления (рис. 1), влажность верхнего 0–20 см слоя этой почвы во все сроки отбора образцов не опускалась ниже 52 %. Растительность на этой стадии отсутствует, но поверхность почвы покрывают остатки водорослевых матов. В солончаке

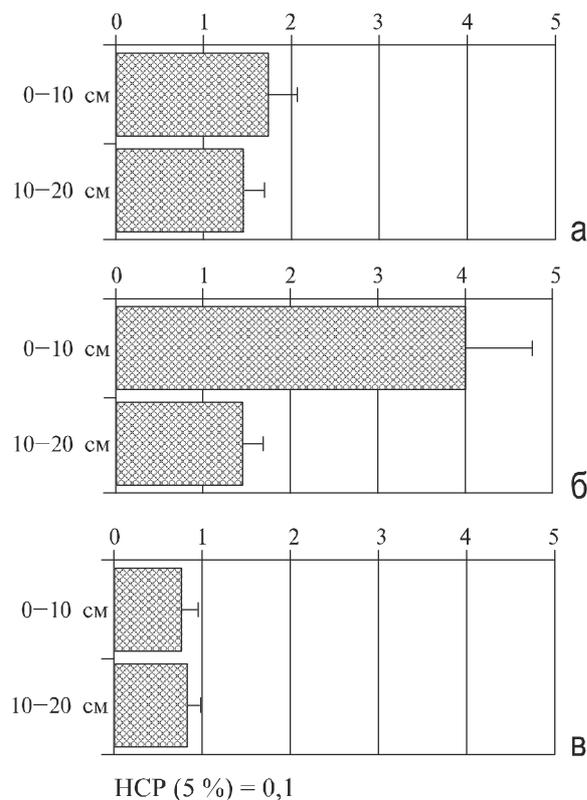


Рис. 1. Сумма солей (%) в верхнем (0–20 см) слое исследованных почв: иловые отложения (а), солончак луговой (б), почва луговая солончаковатая (в).

Fig. 1. Sum of salts in the top layers of investigated soils: clay deposits (a), meadow solonchak (б), meadow solonchakness soil (в).

луговом с возрастом 10–20 лет отмечен щелочной рН (8,2) и высокая степень засоления. Влажность этой почвы в среднем составляла 26 % и во все сроки отбора образцов не опускалась ниже 17 %. На этой стадии развития почвы появляется растительность. Для луговой солончаковатой почвы с возрастом 30–40 лет был характерен щелочной рН (8,2) и средний уровень засоления. Уровень влажности луговой почвы в разные сроки отбора образцов варьировал от 9 до 25 % в верхнем 0–20 см слое (среднее значение влажности 17 %). Степень развитости растительного сообщества на этой стадии уже позволяет использовать эти почвы в качестве пастбищ.

Минимальный уровень С-биомассы был отмечен в иловых озёрных отложениях (26 мг С / 100 г почвы) (рис. 2). При переходе от этих почв к молодым солончакам отмечается 2-х кратное увеличение С-биомассы, при дальнейшем переходе от солончаков к луговым почвам С-биомассы увеличивается ещё в 1,8 раза, что на этой стадии можно объяснить частичным рассолением почвенного профиля. Подобная закономерность была продемонстрирована ранее в ряде исследований [Yakutin et al., 2001; Sardinha et al., 2003; Yuan et al., 2007].

Иловые озёрные отложения характеризовались

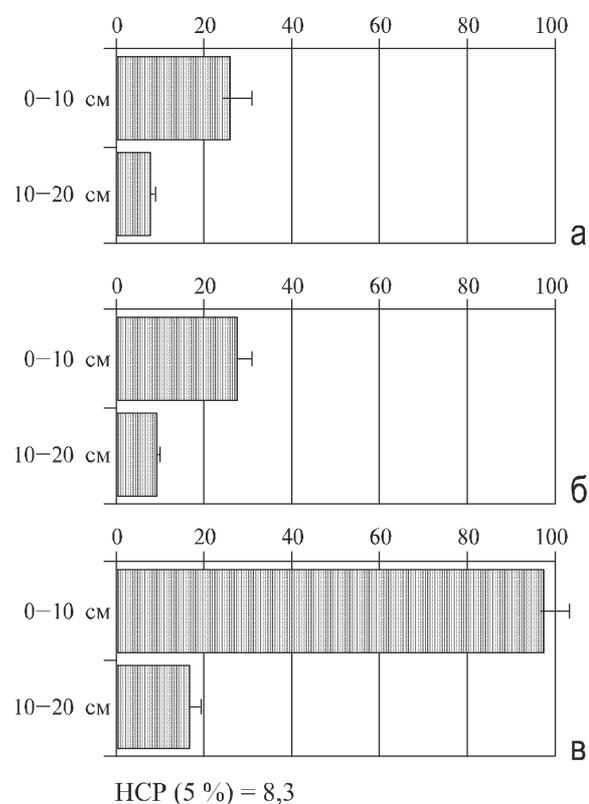


Рис. 2. С-биомассы (мг С / 100 г почвы) в исследованных почвах (Обозначение см. рис. 1).

Fig. 2. C-biomass of microorganisms (mg C / 100 g of soil) in the investigated soils (Designations see fig. 1).

относительно высокими значениями метаболической активности почвенного микробценоза, оцененной по величине базального дыхания (рис. 3). По-видимому, на этой стадии происходит активная минерализация остатков озёрного ила и водорослевых матов после обсыхания участков дна озера. На стадии солончаков отмечается резкое снижение базального дыхания, что может быть объяснено двумя причинами: значительным увеличением концентрации токсичных солей и относительно низкой продукцией солеросовых лугов [Titlyanova et al., 1988]. На следующей стадии — луговых почв — вместе с резким снижением уровня засоления и увеличением первичной продукции и массы опада [Titlyanova et al., 1988] базальное дыхание увеличивается в 4 раза по сравнению со стадией солончаков. Ранее уже было показано, что снижение уровня засоления почвы приводит к увеличению базального дыхания [Yakutin et al., 2001; Sardinha et al., 2003].

Уровень удельной активности микробной биомассы (qCO_2) в процессе развития молодых почв имел тенденцию к снижению. Максимальные значения qCO_2 7,3 (мкг CO_2 -C / мг С-биомассы в час) отмечены в озёрных отложениях (рис. 4). На стадиях молодых солончаков и луговых почв происходит резкое, в 8–18 раз, снижение данного показателя. Ранее

было показано, что увеличение возраста почвы связано с формированием зрелого микробного сообщества, которое характеризуется низким метаболическим коэффициентом, т.е. метаболический коэффициент снижается с увеличением степени зрелости экосистемы [Insam, Haselwandter, 1989; Anderson, Domsch, 1990]. Также показано снижение метаболического коэффициента в почвах, характеризующихся высоким уровнем засоления [Mallouhi, Jacquin, 1985; Sardinha et al., 2003].

Таким образом, озёрные отложения характеризуются относительно низким содержанием микроббиомассы и высоким уровнем общей метаболической активности. Уровень удельной активности здесь максимальный среди всех изученных почв. На второй стадии развития молодых почв, стадии солончаков, содержание С-биомассы практически не изменяется, но резко снижается уровень общей и удельной метаболической активности микроббиомассы. На третьей стадии развития почв, стадии солончаковатых лугов, отмечается резкий рост содержания биомассы микроорганизмов и её метаболической активности в основном в верхнем (0–10 см) слое. Уровень удельной активности микроббиомассы по сравнению с солончаками изменяется незначительно. Эти изменения микроббио-

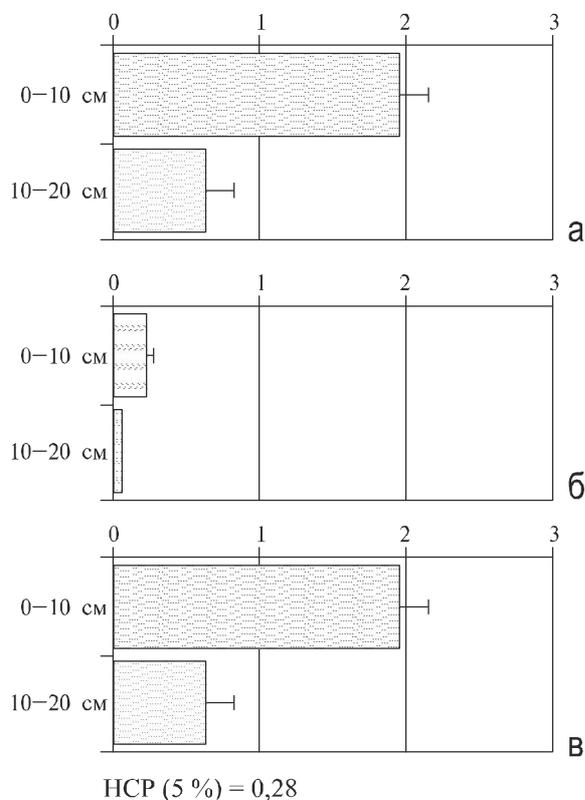


Рис. 3. Базальное дыхание (мкг С- CO_2 / г почвы в час) в исследованных почвах (Обозначения см. рис. 1).

Fig. 3. Basal respiration (mkg C- CO_2 / g of soil in hour) in the investigated soils (Designations see fig.1).

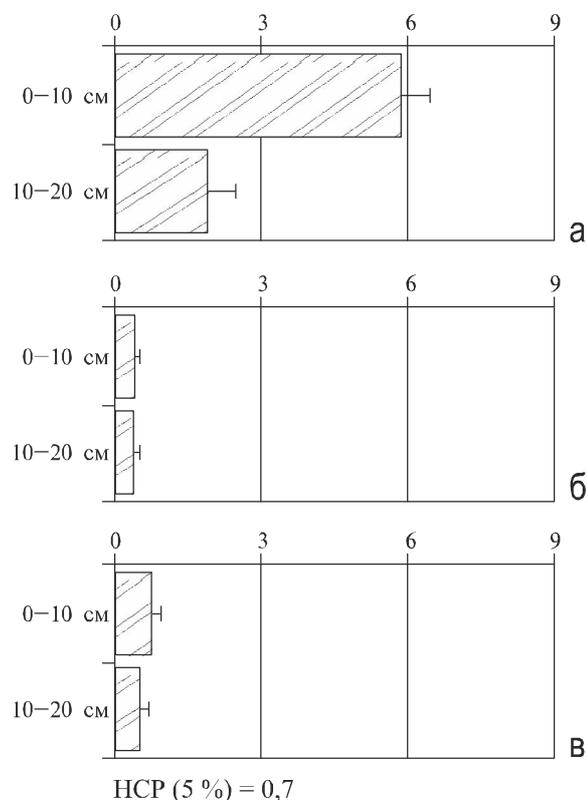


Рис. 4. Метаболический коэффициент (мкг CO_2 -С / мг С-биомассы в час) в исследованных почвах (Обозначения см. рис. 1).

Fig. 4. Metabolic coefficient (mkg C- CO_2 / mg C-biomass in hour) in the investigated soils (Designations see fig. 1).

массы и её удельной метаболической активности в процессе эволюции почв свидетельствуют о значительных перестройках в комплексе почвенных микроорганизмов.

Всего в исследованных почвах было обнаружено 9 видов панцирных клещей. В ранее проведённых исследованиях на Карасукской равнине в засоленных почвах разных биотопов было обнаружено 16–37 видов [Grishina et al., 1991]. В самых молодых засоленных почвах (Т. 1 и 2) орибатиды отсутствуют. Появление панцирных клещей в процессе сукцессии отмечается только на стадии луговой почвы (табл. 2). Показатели общей численности в луговой солончаковой почве (Т. 3) близки к минимальным значениям, указанным для сообществ орибатид засоленных почв разных типов Карасукской равнины [Grishina et al., 1991].

Из 9 видов, обнаруженных в луговой почве, вид *Tectocephus velatus*, является безусловным эвдоминантом сообщества этой почвы, т.е. видом, чьё обилие в группировке превышает 40 % по Энгельманну [Engelmann, 1978]. Вторым доминантом луговой почвы является вид *Oribatella reticulata* (20 % обилия сообщества). Ещё три вида *Podoribates longipes*, *Oppiella nova* и *Neoribates aurantiacus* являются субдоминантами в этой почве (от 4 до 12,4 % обилия сообщества по Энгельманну). Остальные зафиксированные виды можно считать малочисленными, или рецедентами и субрецедентами (менее 4 % обилия группировки по Энгельманну).

Структура доминирования населения орибатид в луговой солончаковой почве характерна для нарушенных экосистем, когда в сообществах превалирует малое число видов, которые имеют высокие показатели удельного обилия, тогда как большинство видов уступают доминантам на порядок и более. В нашем исследовании в сообществе орибатид удельное обилие вида *Tectocephus velatus* составляет 60 % сообщества, вида *Oribatella reticulata* — 20 %, тогда как доля остальных 7 видов в сообществе не превы-

шает 5 %. Высокая степень доминирования 1–2 видов микроартропод, видимо, является характерной чертой засоленных почв. Это показано, например, для населения коллембол — таксономической группы почвенных животных, близкой по своей экологии панцирным клещам — в условиях засоленной территории Карасукской равнины. Там каждый из двух видов-эвдоминантов составляет около 80 % обилия многовидовых группировок биотопов пойм засоленных озёр [Berezina, 2006].

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что высокая степень засоления почвы является непреодолимым препятствием для жизнедеятельности панцирных клещей, поэтому на первых стадиях развития молодых почв (в иловых озёрных отложениях и солончаке луговом) орибатиды отсутствуют. В луговой солончаковой почве панцирные клещи появляются и образуют многовидовую группировку с пока ещё относительно невысокой численностью и структурой доминирования, характерной для нарушенных биотопов.

Заключение

Таким образом, в процессе эволюции молодых почв, развивающихся на участках обсохшего дна солёного озера, концентрация солей в профиле почвы и этап рассоления этого профиля определяется, помимо растительности, размером микробной биомассы и уровнем её метаболической активности, а также наличием благоприятных условий для существования панцирных клещей, которые являются одним из важнейших компонентов зоомикробного комплекса. Успешному развитию биоты в засоленных почвах препятствуют такие факторы как щелочная реакция почвы, высокое осмотическое давление, токсическое действие отдельных солей и их сочетаний, а также неблагоприятные водно-физические свойства [Klevenskaya et al., 1970].

В становлении комплекса деструкторов в процессе развития почв на участках обсохшего дна солёного озера в лесостепной зоне Западной Сибири можно проследить несколько стадий. После обсыхания озёрного дна почвообразующий субстрат, характеризующийся щелочным рН и высоким уровнем засоления, содержит значительное количество органического вещества озёрного ила. Благодаря этому относительно небольшая микроббиомасса этих почв отличается высокой общей и удельной метаболической активностью. При переходе от иловых отложений к солончакам луговой уровень засоления остается высоким. Запасы микробной биомассы увеличиваются относительно медленными темпами, но происходит резкое снижение общей и удельной метаболической активности, что может быть связано с коренной перестройкой почвенного микробценоза. На первых двух стадиях развития высокий уровень засоления препятствует заселению почв панцирными клещами.

Таблица 2. Распределение панцирных клещей (Oribatida) в исследованных почвах, экз./м²

Table 2. The distribution of oribatid mites in the investigated soils (specimen / m²)

Виды	Т. 1, 2	Т. 3
1. <i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	–	2280
2. <i>Oribatella reticulata</i> Berlese, 1916	–	760
3. <i>Podoribates longipes</i> Berlese, 1887	–	200
4. <i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	–	160
5. <i>Neoribates aurantiacus</i> (Oudemans, 1914)	–	160
6. <i>Scutovertex sculptus</i> Michael, 1879	–	80
7. <i>Galumna</i> sp.	–	80
8. <i>Micropia minus</i> (Paoli, 1908)	–	40
9. <i>Conchogneta traegardhi</i> (Forsslund, 1947)	–	40
Общая численность	–	3800
Число видов	–	9

На стадии луговых почв начинается процесс расчленения почвы, значительно увеличивается биомасса микроорганизмов и базальное дыхание и появляются панцирные клещи, которые образуют многовидовую группировку с пока ещё относительно невысокой численностью. Именно на этой стадии сукцессии можно говорить о начале формирования сложного зоомикробияльного комплекса засоленных почв.

Литература

- Anderson J.M. 2000. Food web functioning and ecosystems processes: problems and perception of scaling // *Invertebrates as Webmasters in Ecosystems*: CABI Publishing. P. 3–24.
- Anderson T.H., Domsch K.H. 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories // *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 22. P. 251–255.
- Andrievskii V.S., Yakutin M.V. 2016. Influence of salinity on community of oribatid mites (Acari: Oribatida) and microorganisms in underground of dry steppe ecosystem in The Southern Tuva // *Eurasian Entomological Journal*. Vol.15. No.5. P.443–449.
- Arinushkina E.V. 1970. [Manual on chemical analysis of soils]. M.: Izdatelstvo Moskovskogo Gosudarstvennogo universiteta. 487 p. [In Russian].
- Berezina O.G. 2006. [Collembola (Hexapoda, Collembola) on the saline lakes catenes of the southern forest-steppe of Western Siberia] // *Eurasian Entomological Journal*. Vol.5. No.3. P.199–202. [In Russian].
- Boyerahmadi M., Raiesi F., Mohammadi J. 2010. Influence of different salinity levels on some microbial indices in the presence and absence of plant's living roots // *Water and soil science*. Vol.14. P.103–115.
- Byzov B.A. 2005. [Zoo-microbial interactions in soil]. M.: GEOS. 213 p. [In Russian].
- De G.E., Sharma R.N., Mazumder J.K., Das S.K. 2009. Studies on the population structure of soil microarthropods in saline and non-saline soils of North and South 24-Parganas districts of West Bengal // *Records Zoological Survey of India*. Vol.109 No.2. P.73–78.
- Dey M.K., Hazra A.K., Sanyal A.K. 2005. Effect of soil salinity on the population dynamics of soil arthropods fauna at Nayachar Island of Midnapore District // *Environment and Ecology*. Vol. 23. No.4. P.267–269.
- Engelmann H.-D. 1978. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden // *Pedobiologia*. Vol.18. P.378–380.
- Gilyarov M.S. 1975. [Methods of soil zoological studies]. M.: Nauka. 280 p. [In Russian].
- Grishina L.G., Stebaeva S.K., Lapshina E.I., Mordkovich V.G., Folitarek S.S. 1991. [Microarthropods, soils, vegetation under conditions of intermittent wetting (for example, Karasukkiy plains)]. Novosibirsk: Nauka. 164 p. [In Russian].
- Identification keys to soil mites. 1975. Ed. by M.S.Gilyarov. M.: Nauka. 491 p. [In Russian].
- Insam H., Haselwandter K. 1989. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession // *Oecologia*. Vol.79. P.171–178.
- Kaur B., Gupta S. R., Singh G. 2002. Bioamelioration of a sodic soil by silvopastoral systems in northwestern India // *Agroforestry systems*. Vol.54. P.13–20.
- Klevenskaya I.L., Naplekova N.N., Gantimurova N.I. 1970. [Microflora in soils of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka. 222 p. [In Russian].
- Macfadyen A. 1963. The contribution of soil fauna to total soil metabolism. // *Soil Organisms*. Amsterdam: North-Holland. P. 3–17.
- Mallouhi N., Jacquin F. 1985. Essai de correlation entre proprietes biochimiques d'un soil salsodique et sa biomasse // *Soil Biology and Biochemistry*. Vol.17. P.23–26.
- Mordkovich V.G., Lyubechanskii I.I. 2017. The role of large arthropods (Arthropoda: Aranei, Insecta) in the development of halomorphic soils in the south of Siberia // *Eurasian Soil Science*. Vol.50. No.6. P.698–710.
- Plikhinskii N.A. 1970. *Biometriya*. M.: MGU. 367 p.
- Pulsating Chany Lake. 1982. Ed. by N.P. Smirnova, A.V. Shitnikov. L.: Nauka. 304 p. [In Russian].
- Sardinha M., Mulle T., Schmeisky H., Joergensen R.G. 2003. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions // *Applied Soil Ecology*. Vol.23. P.237–244.
- Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. 1996. *Methods in soil biology*. Berlin: Springer-Verlag, 420 p.
- Sorokin O.D. 2004. [Applied statistics with the computer]. Krasnoobsk: Izd-vo SO RASHN. 162 p. [In Russian].
- Tate R.L. III 1987. *Soil organic matter: Biological and ecological effects*. New York: Wiley. 291 p.
- Titlyanova A.A., Bazilevich N.I., Snytko V.A., Dubynina S.S., Kopoteva T.A., Magomedova L.N., Mironycheva-Tokareva N.P., Nefedyeva L.G., Semenyuk N.V., Tishkov A.A., Tran Ti, Khakimzyanova F.I., Shatokhina N.G., Shmakov E.I. 1988. [Biological productivity of grassland ecosystems. Geographical patterns and ecological peculiarities]. Novosibirsk: Nauka. 134 p. [In Russian].
- Weigmann G. 1973. Zur Okologie der Collembolan und Oribatiden im Grenzbereichland- Meer (Collembola, Insecta — Oribatei, Acari) // *Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie*. Leipzig. Vol.186. P.295–391.
- Yahontov V.V. 1964 [Ecology of insects]. M.: High school. 460 p. [In Russian].
- Yakutin M.V., Anopchenko L.Yu. 2006. [The structure of plant matter stock in the monitoring of ecosystems, forming in the drying floodplains of salt lakes in Baraba plain] // *Bulletin of Siberian State Geodesy and Technology University*. Vol.1. No.11. P.172–177. [In Russian].
- Yakutin M.V., Kazantsev V.A., Elizarova T.N., Magaeva L.A. 2001. [The season dynamic of soil microbial biomass in solonez-solonchak complex in the East Baraba] // *Siberian Ecological Journal*. Vol.1. No.3. P.305–314. [In Russian].
- Yuan B.-C., Li Z.-Z., Liu H., Gao M., Zhang Y.-Y. 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions // *Applied Soil Ecology*. Vol.35. P.319–328.
- Zaitsev A.S., Pystina N.B. 2014. Remarks on fauna and population of oribatid mites (Acari: Oribatida) in Priazovsky National Wildlife Sanctuary (Southern Russia) // *Soil organisms*. Vol.86. No.1. P.59–66.
- Zenova G.M., Oborotov G.V., Norovsuren Zh., Fedotova A.V., Yakovleva L.V. 2007. Halophilic and alkaliphilic streptomycetes in salt-affected soils // *Eurasian Soil Science*. Vol.40, No.11. P.1203–1208.
- Zvyagintsev D.G., Babjeva I.P., Zenova G.M. 2005. [Soil biology]. M.: Izdatelstvo Moskovskogo Gosudarstvennogo universiteta. 445 p. [In Russian].