

УДК 634.1+631.468

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ И МЕЗОФАУНЫ
ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ГОЛУБЫЕ ОЗЕРА»
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

*А.Б. Александрова, Т.А. Гордиенко, Д.Н. Вавилов,
В.С. Валиев, Д.В. Иванов, Э.Х. Рупова*

*Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, 420087, Россия*

Аннотация

В работе приведены результаты исследования почв и почвенных беспозвоночных природного заказника «Голубые озера». Почвенный покров заказника представлен дерново-подзолистыми, дерново-карбонатными, аллювиальными почвами. Особенности морфологического строения и физико-химических свойств почв обусловлены влиянием рельефа, глубиной залегания карбонатных пород, уровнем залегания грунтовых вод и воздействием антропогенного фактора. Концентрации тяжелых металлов гумусовых горизонтов почв находятся в пределах фоновых значений. Численность мезофауны превышает средние показатели естественных пойменных лесов Республики Татарстан. Ее трофическая структура сопоставима с таковой ненарушенных пойменных биоценозов Западного Предкамья. Таксономическое разнообразие почвенной фауны заказника составляет 20 таксонов и варьирует по биотопам независимо от степени рекреации. Установлено, что на структуру и население почвенных животных оказывают влияние тип почвы, фитоценоза и степень антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: дерново-подзолистые, дерново-карбонатные, аллювиальные почвы, почвенная мезофауна, трофические группы, таксономическое разнообразие, микроэлементы, рекреация, фитоценоз

Введение

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) традиционно считают одной из основных форм сохранения биоразнообразия. Системы мониторинга на ООПТ включают наблюдения за отдельными компонентами биоты и абиотическими параметрами. Научное значение ООПТ базируется на получении первичной информации с целью дальнейшей оценки и прогноза состояния природных комплексов [1].

Изучение Государственного природного заказника регионального значения комплексного профиля «Голубых озер» связано с интересом к нему как к географическому водному объекту. Территория заказника состоит из системы карстовых озер и лесного массива, прилегающего к ним. С севера он примыкает к г. Казани. Заказник имеет научное, оздоровительное и рекреационное значение [2].

Актуальность исследования обусловлена отсутствием данных о почвах и почвообитающих беспозвоночных природного заказника «Голубые озера» Государственном реестре особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан (РТ).

В.В. Докучаев впервые указал на роль организмов в формировании почвенного покрова и дал определение почвы как «функции (результат) от материнской породы (грунта), климата и организмов, помноженной на время» [3]. Она занимает промежуточное положение между живым (живущими организмами) и косным (горными породами, минералами) веществом биосферы и является, по выражению академика В.И. Вернадского, биокосным телом природы. Значение живого вещества (живых организмов) в генезисе почв проявляется в различных формах его воздействия на почвообразовательный процесс.

Почвенные беспозвоночные мезофауны выполняют важную работу в почве – они ускоряют процесс разложения растительных остатков и минерализацию углерода, повышают плодородие и аэрированное пространство почвы, входят в состав разных трофических уровней, стабилизируют интенсивность микробиологических процессов [4–8]. Они чутко реагируют на изменения свойств почвы, поэтому с их помощью можно определять характер и степень антропогенного воздействия [9, 10].

Цель настоящей работы – оценка состояния почв и педобионтов природного заказника «Голубые озера».

1. Объекты и методы

Объектами исследования в августе – сентябре 2014 г. были почвы и почвенная мезофауна Государственного природного заказника регионального значения комплексного профиля «Голубые озера» (рис. 1). Заказник расположен в Высокогорском районе РТ, у поселков Щербаково и Кадышево на правом берегу р. Казанки в пределах первой и второй надпойменных террас. Он состоит из лесного массива и системы карстовых озер. Растительность представлена широколиственными и мелколиственными насаждениями с небольшими участками сосновых фитоценозов. Площадь заказника составляет 1962.3 га [2].

Охраняемая территория отнесена к суббореальной северной гумидной ландшафтной зоне, широколиственной ландшафтной подзоне. Согласно ландшафтному районированию она расположена в Нижнемешинском возвышенном районе со среднерусско-волжскими широколиственными (липово-дубовыми) с елью неморальными лесами. В геологическом отношении территория представлена породами глинисто-известняковой пачки татарского яруса пермской системы. Доминирующую роль в почвообразовательном процессе играют аллювиальные, делювиальные, элювиальные и элювиально-делювиальные отложения [11].

Для исследования почвенного покрова и его обитателей были выбраны девять участков с различной антропогенной нагрузкой. Шесть участков расположены по периметру Большого Голубого озера (участки 1–6), три участка – в районе Малого Голубого озера (участки 7–9) (рис. 1) (табл. 1). В качестве показателей степени рекреационной нагрузки (СРН) на территорию использованы площадь тропинойной сети (ПТС), степень замусоренности, наличие кострищ, наличие подстилки (опада). ПТС оценивали визуально в процентах на участках 300 м² в местах отбора

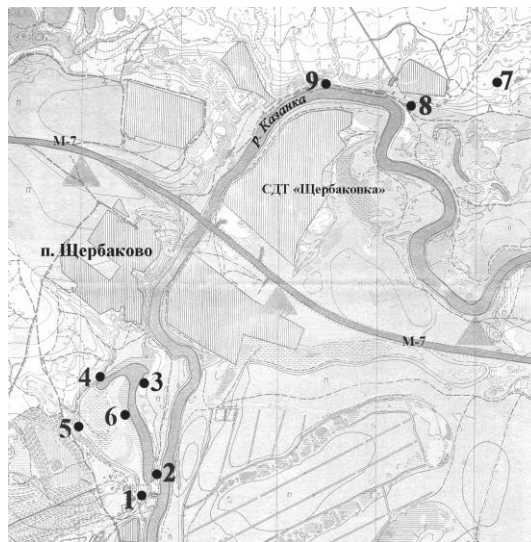


Рис. 1. Места отбора проб почв на территории ГПКЗ «Голубые озера»

почвенных проб. Описание растительности проводили на всей исследуемой площади, определяли среднее проективное покрытие травянистого яруса (ППТР).

Изучение почвенного покрова заказника проводили по ГОСТ 28168-89 [12]. На каждом участке были заложены почвенные разрезы и проведены их морфологические описания. При диагностике почв использовали «Классификацию почв СССР» 1977 г. [13]. В каждом из разрезов отбирали образцы по генетическим горизонтам для последующего анализа. В образцах определяли рН водной вытяжки по ГОСТ 26423-85 [14], содержание гумуса по ГОСТ 26213-91 [15], гранулометрический состав по ГОСТ 12536-79 [16], плотность сложения лабораторным методом [17], содержание общих форм тяжелых металлов по РД 52.18.191-89 [18].

Почвенных беспозвоночных учитывали стандартным почвенно-зоологическим методом (почвенные пробы) [19]. В каждой точке отбирали 8 почвенных проб площадью $25 \times 25 \text{ см}^2$ на глубину 0–15 см. Взято 72 почвенные пробы. Проведено 9 маршрутных учетов наземных беспозвоночных общей протяженностью 9 км. Беспозвоночных мезофауны определяли на уровне класса, отряда, семейства.

Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартных пакетов программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 7.0. В статье приводятся следующие показатели: среднее (M), ошибка среднего (m), коэффициент вариации (CV , %). Проведен многомерный анализ (дискриминантный) для выявления различий между типами почв, фитоценозов и степенями рекреации, основываясь на структуре и населении сообщества педобионтов мезофауны [20].

2. Результаты и их обсуждение

Почвенный покров ГПКЗ «Голубые озера» представлен дерново-подзолистыми, дерново-карбонатными и аллювиальными почвами.

Оценка степени рекреационной нагрузки проведена по площади тропиной сети и степени замусоренности территории, разделена условно на три группы: участки с сильной нагрузкой – 1, 4, 8, со средней – 2, 5, 9, со слабой – 3, 6, 7 (табл. 1).

Табл. 1

Описание исследованных участков

| № участка | Местоположение. Координаты. Рельеф | Растительная ассоциация. Проектное покрытие травяного яруса (ППТЯ) (%) | Площадь тропиной сети (ПТС) (%). Механические включения в профиле почв. Наличие листового опада и дернины на поверхности почвы. Степень рекреационной нагрузки |
|-----------|--|--|---|
| 1 | «Купальня» Большого Голубого озера. N 55°54'05.6", E 49°09'20.9". Выположенный участок у подножья склона | Кленовник снытьевый с березой. ППТЯ 0–20% | ПТС 80–100%. 2 кострища, 4 кучи бытового и строительного мусора (стекло, бумага, металл, пластик, полиэтилен, кирпич). Включения строительного (кирпич) и бытового (стекло, пластик) мусора в профиле почвы. Лиственный опад отсутствует. Сильная нагрузка |
| 2 | «Купальня» Большого Голубого озера. Пойма р. Казанки, 5 м от берега. N 55°54'07.6", E 49°09'26.5" | Кленовник недо-трого-крапивный с вязом и ивой. ППТЯ 30–50% | ПТС 50–70%. 5 кострищ, 1 куча мусора, бытовой мусор, разбросанный по всему участку. Дернина на поверхности выражена фрагментами. В профиле почвы строительный (обломки кирпичей) и бытовой (стекло, полиэтилен, пластик) мусор. Отмечены механические нарушения верхнего горизонта почвы. Лиственный опад отсутствует. Средняя нагрузка |
| 3 | «Купальня» Большого Голубого озера. N 55°54'20.2", E 49°09'26.2" | Вязовник ежевично-снытьевый. ППТЯ 90–100% | ПТС менее 5%. На поверхности почвы единично встречен бытовой мусор (стекло, пластик, банки). Лиственный опад местами отсутствует (на тропинке). Слабая нагрузка |
| 4 | «Большая Пучина» Большого Голубого озера 5–7 м от берега. N 55°54'25.4", E 49°09'19.4" | Вязово-ольшаник крапиво-снытьево-хвощевый. ППТЯ 50% | ПТС 50–70%. 6 кострищ, небольшое количество бытовых отходов (бумага, пластик, жесть, окурки). Не имеет механических нарушений морфологического профиля. Местами на поверхности почвы отсутствует лиственный опад. Отмечены продукты жизнедеятельности крупного рогатого скота. Сильная нагрузка |
| 5 | Большое Голубое озеро. N 55°54'14.9", E 49°09'11.0". У подножья склона | Липняк осоково-снытьевый с березой. ППТЯ 70–80% | ПТС 5%. Не имеет механических нарушений морфологического профиля. Лиственный опад присутствует. Средняя замусоренность бытовыми отходами (стекло, полиэтилен, пластик, металл). Средняя нагрузка |
| 6 | Большое Голубое озеро. N 55°54'18.0", E 49°09'21.1". Понижение рельефа. 7–8 м от берега | Ольшаник ежевично-крапивный. ППТЯ 70–100% | ПТС 0%. Единично бытовой мусор (металлическая банка). Лиственная подстилка не нарушена. Слабая нагрузка |
| 7 | Малые Голубые озера. N 55°54'57.6", E 49°11'27.3". Склон южной, юго-восточной экспозиции 1–3° | Липняк волосисто-осоковый с березой. ППТЯ 90–100% | ПТС 0%. Не имеют механических нарушений морфологического профиля. На поверхности почвы лиственный опад не нарушен. Единично встречается бытовой мусор (стекло). Слабая нагрузка |
| 8 | Малые Голубые озера. Участок за мостом. N 55°54'56.1", | Липняк снытьево-крапивный с ольхой и березой. | ПТС 90–100%. 23 кострища, повсеместно бытовой мусор (металл, ткань, стекло, пластик, бумага, поли- |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | Е 49°11'01.6". Пойма р. Казанки. От озера 10 м | ППТЯ 0–10% | этилен). Дернина на поверхности отсутствует. В профиле почвы строительный (обломки кирпичей) и бытовой (стекло, полиэтилен, пластик) мусор. Отмечены механические нарушения верхнего горизонта почвы. Сильная нагрузка |
| 9 | Малые Голубые озера. N 55°55'00.6", E 049°10'44.6". На противоположном берегу протоки | Ольшаник сныте- вый с осиной. ППТЯ 80–90% | ПТС 6070%. Бытовой мусор присутствует в небольшом количестве (пластик, стекло, бумага). Не имеют механических нарушений морфологического профиля. Местами на поверхности почвы отсутствует лиственный опад. Средняя нагрузка |

На территории, прилегающей к Большому и Малым Голубым озерам, на высоких элементах рельефа в средней и нижней частях склонов под широколиственными фитоценозами формируются *дерново-подзолистые почвы*. В их морфологическом профиле хорошо выражена листовая подстилка мощностью до 1 см, ниже которой залегает серый гумусовый горизонт мощностью 7–12 см, сменяемый переходным горизонтом А1А2 и далее подзолистым горизонтом А2 белесого цвета, подстилаемыми желтым песчаным горизонтом В. Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах заказника можно охарактеризовать как высокое 4.0–5.5%, с учетом их облегченного гранулометрического состава. Гранулометрический состав гумусовых горизонтов этих почв рыхлопесчаный и унаследован от материнских пород, его отличает преобладание фракций среднего и мелкого песка (табл. 2). Реакция среды почв слабокислая. Дерново-подзолистые почвы из-за песчаного гранулометрического состава характеризуются повышенной плотностью сложения. Морфологические, физико-химические и физические свойства дерново-подзолистых почв территорий, прилегающих к Большому и Малому Голубым озерам, характерны для представителей естественных ненарушенных почв [21]. Содержание тяжелых металлов в гумусовых горизонтах дерново-подзолистых почв находится в пределах фоновых значений, установленных для данного типа почв в РТ (табл. 3).

На выположенных участках нижней части и подножья склонов, в местах близкого залегания карбонатных пород к дневной поверхности, под ольшаниками снытевыми с рудеральной растительностью развиваются *дерново-карбонатные* типичные и выщелоченные почвы. Мощность почвенного профиля этих почв в пределах заказника невысока и составляет всего 10–17 см. Толщи известковых пород залегают либо непосредственно под гумусовым горизонтом дерново-карбонатных типичных почв (участок 1), либо под маломощным горизонтом В (участок 9). Дерново-карбонатные почвы заказника отличаются супесчаным гранулометрическим составом с высоким содержанием фракций мелкого песка (47–62%), что является довольно редким явлением для этого типа почв. Подтип типичных дерново-карбонатных почв (участок 1) содержит в 1.5 раза больше гумуса по сравнению с дерново-карбонатными выщелоченными почвами (участок 9), что связано с включениями угля в верхнем горизонте. Для них характерна слабощелочная реакция среды (табл. 2). Дерново-карбонатные почвы исследованных участков имеют повышенную плотность сложения – более 1.2 г/см³ (табл. 2). Большой антропогенной нагрузке подвержены дерново-карбонатные

Табл. 2

Физико-химические свойства гумусовых горизонтов почв ГПКЗ «Голубые озера»

| № участка | Почва | Гумус, % | pH _{вод} | Плотность сложения, г/см ³ | Гранулометрический состав, % | | | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | 1–0.25 | 0.25–0.05 | 0.05–0.01 | 0.01–0.005 | 0.005–0.001 | < 0.001 | < 0.01 |
| 1 | Дерново-карбонатная типичная | <u>5.3</u> 0.22 | <u>7.46</u> 0.10 | <u>1.25</u> 0.02 | <u>21.7</u> 0.4 | <u>46.9</u> 0.2 | <u>17.3</u> 0.3 | <u>6.6</u> 0.4 | <u>5.2</u> 0.3 | <u>2.4</u> 0.2 | <u>14.2</u> 0.6 |
| 2 | Аллювиальная дерновая | <u>6.9</u> 0.64 | <u>7.84</u> 0.12 | <u>1.18</u> 0.00 | <u>14.3</u> 0.4 | <u>44.7</u> 0.9 | <u>25.2</u> 0.4 | <u>6.8</u> 0.3 | <u>4.8</u> 0.6 | <u>4.3</u> 0.4 | <u>15.8</u> 0.8 |
| 3 | Аллювиальная луговая | <u>6.5</u> 0.52 | <u>7.87</u> 0.03 | <u>1.16</u> 0.00 | <u>0.0</u> 0.0 | <u>32.2</u> 0.4 | <u>28.3</u> 0.6 | <u>9.4</u> 0.2 | <u>10.8</u> 0.5 | <u>19.4</u> 0.4 | <u>39.6</u> 1.0 |
| 4 | Аллювиальная луговая | <u>9.4</u> 0.65 | <u>7.08</u> 0.17 | <u>1.12</u> 0.00 | <u>0.7</u> 0.1 | <u>11.7</u> 0.4 | <u>27.2</u> 0.5 | <u>15.9</u> 0.0 | <u>20.8</u> 0.6 | <u>23.9</u> 0.3 | <u>60.5</u> 0.9 |
| 5 | Дерново-подзолистая | <u>4.0</u> 0.44 | <u>6.70</u> 0.32 | <u>1.30</u> 0.00 | <u>30.6</u> 0.2 | <u>55.9</u> 0.3 | <u>9.2</u> 0.0 | <u>1.3</u> 0.2 | <u>0.8</u> 0.1 | <u>2.3</u> 0.1 | <u>4.4</u> 0.3 |
| 6 | Аллювиальная луговая | <u>11.0</u> 0.72 | <u>7.95</u> 0.10 | <u>1.16</u> 0.00 | <u>0.7</u> 0.1 | <u>25.9</u> 0.3 | <u>25.6</u> 1.0 | <u>10.0</u> 0.4 | <u>21.0</u> 0.3 | <u>16.8</u> 0.6 | <u>47.8</u> 0.9 |
| 7 | Дерново-подзолистая | <u>5.5</u> 0.44 | <u>6.34</u> 0.13 | <u>1.20</u> 0.02 | <u>39.1</u> 0.0 | <u>54.1</u> 0.1 | <u>3.4</u> 0.1 | <u>1.1</u> 0.2 | <u>1.5</u> 0.0 | <u>0.9</u> 0.0 | <u>3.4</u> 0.2 |
| 8 | Аллювиальная дерновая | <u>3.6</u> 0.74 | <u>7.75</u> 0.06 | <u>1.28</u> 0.01 | <u>0.7</u> 0.1 | <u>30.7</u> 0.1 | <u>34.4</u> 0.6 | <u>7.3</u> 0.3 | <u>12.5</u> 0.2 | <u>14.5</u> 0.6 | <u>34.3</u> 1.2 |
| 9 | Дерново-карбонатная выщелоченная | <u>3.5</u> 0.29 | <u>8.06</u> 0.03 | <u>1.30</u> 0.00 | <u>20.4</u> 0.5 | <u>61.6</u> 0.5 | <u>8.0</u> 0.0 | <u>3.4</u> 0.3 | <u>4.8</u> 0.1 | <u>1.8</u> 0.1 | <u>10.0</u> 0.5 |

Примечание. В числителе – среднее (M), в знаменателе – ошибка среднего (m).

Табл. 3

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах ГПКЗ «Голубые озера», мг/кг

| № участка | Почва | Cd | Pb | Co | Cu | Ni | Zn | Cr | Mn | Fe |
|-----------|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| 1 | Дерново-карбонатная типичная | <u>0.31</u> 0.01 | <u>5.8</u> 1.0 | <u>4.1</u> 0.2 | <u>11.9</u> 0.5 | <u>12.1</u> 0.4 | <u>35.6</u> 1.2 | <u>9.2</u> 0.4 | <u>176.8</u> 7.0 | <u>4 095.7</u> 154.7 |
| 2 | Аллювиальная дерновая | <u>0.42</u> 0.01 | <u>26.2</u> 0.8 | <u>5.2</u> 0.8 | <u>16.3</u> 0.5 | <u>19.4</u> 0.1 | <u>55.1</u> 1.1 | <u>13.1</u> 0.7 | <u>228.4</u> 26.3 | <u>6 510.3</u> 156.5 |
| 3 | Аллювиальная луговая | <u>0.42</u> 0.00 | <u>10.6</u> 0.8 | <u>7.9</u> 0.5 | <u>24.0</u> 1.0 | <u>37.2</u> 1.1 | <u>35.3</u> 1.1 | <u>26.6</u> 0.8 | <u>199.2</u> 11.2 | <u>10 830.9</u> 329.2 |
| 4 | Аллювиальная луговая | <u>0.33</u> 0.01 | <u>13.8</u> 0.4 | <u>9.1</u> 0.2 | <u>27.7</u> 0.2 | <u>45.4</u> 0.3 | <u>42.7</u> 0.5 | <u>25.7</u> 0.7 | <u>389.0</u> 9.0 | <u>13 949.7</u> 238.5 |
| 5 | Дерново-подзолистая | <u>0.26</u> 0.01 | <u>4.2</u> 0.5 | <u>2.5</u> 0.5 | <u>4.1</u> 0.5 | <u>4.7</u> 0.5 | <u>8.2</u> 0.5 | <u>6.0</u> 0.4 | <u>68.8</u> 2.0 | <u>2 069.4</u> 15.3 |
| 6 | Аллювиальная луговая | <u>0.32</u> 0.01 | <u>13.5</u> 0.4 | <u>8.5</u> 0.4 | <u>26.2</u> 0.4 | <u>40.7</u> 1.1 | <u>39.9</u> 0.8 | <u>17.6</u> 0.7 | <u>436.8</u> 16.2 | <u>11 778.7</u> 222.2 |
| 7 | Дерново-подзолистая | <u>0.38</u> 0.01 | <u>7.8</u> 0.3 | <u>3.2</u> 0.2 | <u>4.7</u> 0.2 | <u>4.7</u> 0.2 | <u>22.5</u> 0.4 | <u>6.9</u> 0.4 | <u>437.4</u> 4.5 | <u>2 175.1</u> 22.4 |
| 8 | Аллювиальная дерновая | <u>0.30</u> 0.01 | <u>9.6</u> 0.3 | <u>7.2</u> 0.3 | <u>19.2</u> 0.7 | <u>31.0</u> 1.1 | <u>32.0</u> 0.8 | <u>28.5</u> 0.6 | <u>329.4</u> 16.2 | <u>9 712.5</u> 218.3 |
| 9 | Дерново-карбонатная выщелоченная | <u>0.35</u> 0.02 | <u>8.1</u> 0.3 | <u>3.7</u> 0.5 | <u>6.4</u> 0.27 | <u>8.7</u> 0.3 | <u>16.0</u> 0.7 | <u>10.6</u> 0.6 | <u>120.8</u> 3.8 | <u>3 211.0</u> 37.2 |

Примечание. В числителе – среднее (M), в знаменателе – ошибка среднего (m).

почвы на участках, расположенных возле Большого Голубого озера, меньшей – Малых Голубых озер. Содержание тяжелых металлов в гумусовых горизонтах дерново-карбонатных почв находится в пределах фоновых значений, установленных для данного типа почв в РТ (табл. 3).

В пойме р. Казанки на повышенных прирусловых элементах рельефа, в условиях залегания грунтовых вод на глубине более 2–3 м формируются *аллювиальные дерновые* почвы. Они отличаются маломощным гумусовым горизонтом, который сменяется слоистыми аллювиальными отложениями различного гранулометрического состава. Гранулометрический состав аллювиальных дерновых почв варьирует от супесчаного до среднесуглинистого с преобладанием фракций крупной пыли и мелкого песка (табл. 2). Реакция среды почв слабощелочная, что связано с наличием в составе аллювиальных отложений мелких карбонатных включений ракушечника. Аллювиальные дерновые почвы (Малое Голубое, участок 8) содержат в два раза меньше органического вещества и отличаются уплотненностью верхнего горизонта в сравнении с аналогичными почвами участка 2 в районе купальни Большого Голубого (табл. 2). Содержание тяжелых металлов в гумусовых горизонтах аллювиальных дерновых почв находится в пределах фоновых значений, установленных для данного типа почв в РТ (табл. 3). Исключение составляет концентрация свинца в гумусовом горизонте аллювиальной дерновой почвы участка 2 района купальни Большого Голубого озера. На данном участке отмечается превышение содержания свинца в 2.5 раза по сравнению с его фоновым значением, установленным для аллювиальных дерновых почв РТ, что, видимо, связано с заездом автотранспорта на данный участок. Из этого следует, что аллювиальные дерновые почвы на территории Большого и Малого Голубых озер подвергаются интенсивному антропогенному воздействию, что обусловлено их близостью к реке и местам купания на озерах.

В пойме Казанки, в районе купальни (участок 3) и Б. Пучины (участки 4 и 6) Большого Голубого озера, под вязовниками и ольшаниками ежевично-разнотравными формируются *аллювиальные луговые* почвы. Почвенный профиль изученных участков представлен серым, хорошо структурированным гумусовым горизонтом мощностью от 12 до 20 см, ниже которого залегает глеевый горизонт. Последний отличается сизым, голубовато-серым цветом, обильными ржаво-охристыми пятнами и включениями спиралевидных конических ракушек белого цвета по всему горизонту или в его нижней части. Гранулометрический состав аллювиальных луговых почв варьирует от среднесуглинистого до глинистого с преобладанием крупнопылевой фракции (табл. 2). Реакция среды изменяется от нейтральной до слабощелочной. Плотность сложения находится в диапазоне оптимальных значений (до 1.2 г/см³). Аллювиальные луговые почвы характеризуются отсутствием механических нарушений в морфологическом профиле, а также физико-химическими и физическими свойствами аналогов естественных ненарушенных почв. Влияние антропогенного фактора на участке 4 перекрывается действием природных процессов почвообразования. Периодическое затопление аллювиальных луговых почв паводковыми водами, сопровождающееся привнесением органического и минерального материала, обуславливает высокое содержание гумуса и оптимальную плотность сложения

почв. Содержание тяжелых металлов в гумусовых горизонтах аллювиальных луговых почв находится в пределах фоновых значений, установленных для данного типа почв в РТ.

Коэффициенты вариации (CV) по физико-химическим показателям и содержанию тяжелых металлов в почвах не превышают 30%, что свидетельствует о слабом влиянии антропогенного фактора на биогеоценозы.

Результаты учета численности мезофауны в заказнике «Голубые озера» представлены в табл. 4. Зарегистрировано 20 таксонов, количество которых на участках сильно варьировало (7–15) и не связано со степенью рекреационной нагрузки: при сильной нарушенности – 7–12 таксонов, при средней – 7–15, при слабой – 7–15. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечено в средне- и слабонарушенных участках на дерново-подзолистых и аллювиально-луговых почвах (по 14–15 таксонов). Низкое биоразнообразие характерно для аллювиально-дерновых и дерново-карбонатных почв на участках с сильной и средней рекреационной нагрузкой (по 7–8 таксонов).

На всех участках преобладали дождевые черви Lumbricidae (28.6–92.3%). Большую роль на участках со средней и слабой нагрузкой на разных почвах играют хищные многоножки Chilopoda (10.1–20.8%) (участки 5, 6, 7, 9). У насекомых Insecta (10.9–28.6%) явные предпочтения не выявлены, они доминировали в разных типах почв и с различной рекреационной нагрузкой (участки 1, 2, 5, 7). Они многочисленны в аллювиально-дерновых и рыхлых песчаных дерново-подзолистых средненарушенных почвах (участки 2 и 5, 26.9–28.6%), их доля значительно меньше в сырых аллювиально-луговых и дерново-карбонатных слабо- и средненарушенных почвах (участки 3 и 9, 1.6–4.3%). На влажной аллювиально-луговой почве в слабонарушенном биотопе весомый вклад в сообщество вносят мокрицы Isopoda (участок 6, 10.5%). Паукообразные Arachnidae доминировали в дерново-подзолистой почве при средней нагрузке (участок 5, 16.4%). Для червей наиболее благоприятные условия созданы в сильно увлажненных аллювиально-луговых почвах (средняя численность 354.7 экз./м²), наименее – в аллювиально-дерновых и дерново-подзолистых (соответственно 123 и 161 экз./м²) с залеганием грунтовых вод более 3 м. В аллювиальных почвах прирост (вес и репродуктивность) эндогеичных червей происходит быстрее по сравнению с городскими из-за высокого содержания органического вещества в почве [22]. Исследованиями в городских биоценозах было показано [23], что наибольшее обилие дождевых червей наблюдается в липовых насаждениях на серых лесных и дерново-подзолистых почвах (соответственно 240.8 и 154.8 экз./м²), наименьшее – на урбаноземах и дерново-карбонатных почвах (26.2 и 14.0 экз./м²). Таким образом, рекреационная нагрузка оказывает слабое влияние на доминирующие таксоны: на участках с сильной рекреацией обилие дождевых червей значительно выше такового со средней нагрузкой (табл. 4). У многоножек отмечена некоторая тенденция увеличения их количества с уменьшением рекреации. Обилие насекомых сильно колеблется (13-кратное) независимо от нагрузки.

Табл. 4

Численность мезофауны в заказнике «Голубые озера», экз./м²

| Таксоны | Трофо- фо- группа | Участки | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 | № 5 | № 6 | № 7 | № 8 | № 9 |
| Lumbricidae | С | <u>236</u> 20.89 | <u>36</u> 12.83 | <u>336</u> 38.11 | <u>220</u> 40.6 | <u>80</u> 26.26 | <u>508</u> 155.5 | <u>242</u> 60.6 | <u>210</u> 43.42 | <u>232</u> 42.27 |
| Mollusca | Ф | 0 | 0 | 0 | <u>6</u> 6.41 | <u>2</u> 2.14 | <u>6</u> 4.5 | 0 | 0 | 0 |
| Isopoda | С | 0 | 0 | 0 | 0 | <u>4</u> 2.8 | <u>90</u> 18.8 | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 |
| Arachnida | X | 0 | 0 | <u>2</u> 2.14 | <u>28</u> 16.08 | <u>46</u> 11.4 | <u>50</u> 14.97 | <u>10</u> 4.5 | <u>2</u> 2.14 | 0 |
| Araneae | X | 0 | 0 | <u>2</u> 2.14 | <u>14</u> 7.54 | <u>38</u> 8.51 | <u>44</u> 10.6 | <u>8</u> 3.23 | 0 | 0 |
| Opiliones | X | 0 | 0 | 0 | <u>14</u> 8.82 | <u>8</u> 5.6 | <u>6</u> 6.41 | <u>2</u> 2.14 | <u>2</u> 2.14 | 0 |
| Myriapoda | | <u>6</u> 4.5 | <u>2</u> 2.14 | <u>20</u> 7.75 | <u>38</u> 14.79 | <u>68</u> 18.78 | <u>140</u> 37.8 | <u>88</u> 17.41 | <u>24</u> 10.72 | <u>32</u> 3.23 |
| Diplopoda | С | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 | <u>8</u> 3.23 | <u>14</u> 8.82 | <u>20</u> 7.75 | <u>8</u> 4.57 | <u>10</u> 5.54 | <u>4</u> 2.8 |
| Geophilidae | X | <u>4</u> 2.8 | <u>2</u> 2.14 | <u>12</u> 6.26 | <u>26</u> 12.07 | <u>34</u> 8.2 | <u>58</u> 24.39 | <u>36</u> 13.23 | <u>14</u> 8.2 | <u>26</u> 4.5 |
| Lithobiidae | X | 0 | 0 | <u>8</u> 4.57 | <u>4</u> 2.8 | <u>20</u> 10.6 | <u>62</u> 13.5 | <u>44</u> 13.62 | 0 | <u>2</u> 2.14 |
| Insecta | | <u>32</u> 16.48 | <u>14</u> 5.99 | <u>6</u> 3.13 | <u>18</u> 5.05 | <u>80</u> 12.93 | <u>62</u> 20.3 | <u>42</u> 10.69 | <u>16</u> 4.57 | <u>12</u> 5.36 |
| Dictyoptera | С | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 |
| Dermaptera | Ф | 0 | <u>4</u> 2.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heteroptera | См | 0 | 0 | 0 | 0 | <u>12</u> 6.26 | <u>6</u> 6.41 | <u>14</u> 5.99 | 0 | 0 |
| Raphidioptera | X | 0 | 0 | 0 | <u>2</u> 2.14 | <u>2</u> 2.14 | 0 | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 |
| Carabidae | X | <u>8</u> 4.57 | 0 | <u>2</u> 2.14 | <u>2</u> 2.14 | <u>2</u> 2.14 | <u>10</u> 5.54 | <u>8</u> 4.57 | <u>4</u> 2.8 | <u>2</u> 2.14 |
| Staphylinidae | X | 0 | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 | <u>16</u> 7.23 | <u>12</u> 5.36 | 0 | 0 | <u>2</u> 2.14 |
| Melolonthinae | Ф | <u>20</u> 16.72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | <u>6</u> 4.5 | 0 | 0 |
| Geotrupidae | С | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 | 0 |
| Elateridae | Ф | <u>2</u> 2.14 | <u>4</u> 2.8 | <u>2</u> 2.14 | <u>6</u> 4.5 | <u>26</u> 6.41 | <u>14</u> 6.81 | <u>2</u> 2.14 | <u>4</u> 2.8 | <u>6</u> 4.5 |
| Curculionidae | Ф | 0 | 0 | 0 | 0 | <u>4</u> 2.8 | <u>2</u> 2.14 | 0 | <u>4</u> 4.28 | 0 |
| Lepidoptera | Ф | 0 | <u>2</u> 2.14 | <u>2</u> 2.14 | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Diptera | С | <u>2</u> 2.14 | <u>2</u> 2.14 | 0 | <u>6</u> 3.13 | <u>10</u> 6.41 | <u>12</u> 9.0 | <u>6</u> 4.5 | <u>4</u> 2.8 | <u>2</u> 2.14 |
| Прочие насекомые | | 0 | 0 | 0 | 0 | <u>8</u> 4.57 | <u>4</u> 2.8 | <u>2</u> 2.14 | 0 | 0 |
| Всего мезофауны | | <u>274</u> 32.23 | <u>52</u> 11.99 | <u>364</u> 37.1 | <u>310</u> 48.16 | <u>280</u> 39.59 | <u>856</u> 172.26 | <u>384</u> 62.68 | <u>252</u> 53.09 | <u>276</u> 41.87 |
| Сапрофаги | | <u>240</u> 21.44 | <u>38</u> 12.9 | <u>336</u> 38.11 | <u>234</u> 38.65 | <u>108</u> 27.57 | <u>632</u> 142.67 | <u>260</u> 65.51 | <u>224</u> 44.91 | <u>238</u> 44.49 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|--|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| Фитофаги | | $\frac{22}{16.46}$ | $\frac{10}{4.5}$ | $\frac{4}{2.8}$ | $\frac{14}{6.81}$ | $\frac{32}{7.92}$ | $\frac{22}{11.17}$ | $\frac{8}{4.57}$ | $\frac{8}{4.57}$ | $\frac{6}{4.5}$ |
| Хищники | | $\frac{12}{5.36}$ | $\frac{4}{2.8}$ | $\frac{24}{6.46}$ | $\frac{62}{23.63}$ | $\frac{120}{21.2}$ | $\frac{192}{42.39}$ | $\frac{100}{20.12}$ | $\frac{20}{9.56}$ | $\frac{32}{5.6}$ |
| Смешанная группа | | 0 | 0 | 0 | 0 | $\frac{20}{6.26}$ | $\frac{10}{8.51}$ | $\frac{16}{5.6}$ | 0 | 0 |
| Количество таксонов | | 7 | 7 | 7 | 12 | 15 | 15 | 14 | 8 | 8 |

Примечание. С – сапрофаги, Ф – фитофаги, Х – хищники, См – группа со смешанным типом питания. В числителе – средняя численность (M), в знаменателе – ее ошибка (m).

Отмечено сильное (16-кратное) варьирование общей численности почвенных беспозвоночных (табл. 4). Наибольшего значения она достигает на аллювиально-луговых почвах, расположенных вблизи уреза воды, что связано с влажностью почвенного покрова (близостью грунтовых вод). Наименьшая численность мезофауны отмечена на аллювиально-дерновых почвах с глубоким залеганием грунтовых вод. Обилие педобионтов на всех участках с разным типом почв и антропогенной нагрузкой, кроме участков 2 и 6 с крайними его показателями, в целом статически значимо не отличается и находится в пределах ошибки (252–384 экз./м²).

Полученные результаты учета численности педобионтов значительно превышают средние показатели естественных пойменных лесов РТ [24]. По данным Кадастра сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем РТ, средняя численность педобионтов в пойменных лесах южной тайги Западного Предкамья составляет в ивняках 114 экз./м², в ольшаниках – 76 экз./м², в вязовниках южной тайги Западного и Восточного Предкамья – 40 и 86 экз./м² соответственно.

Согласно исследованиям М.М. Алейниковой [25], средняя численность почвенной мезофауны широколиственных лесов южной тайги Вятско-Камской возвышенности (исследован один участок) составила 403 экз./м², в составе сообщества педобионтов преобладали насекомые (178 экз./м²), дождевые черви (140.5 экз./м²) и хищные многоножки (55.4 экз./м²).

Полученные нами данные по численности почвенной мезофауны дерново-подзолистых и пойменных почв сопоставимы с данными для ООПТ южной тайги [26].

Один из показателей состояния экосистемы – соотношение численности основных трофических групп почвенной мезофауны. В естественных ненарушенных биоценозах доля сапрофагов достигает 60–70% от суммарной численности [24, 27]. По данным других авторов [28–30], доля сапрофагов в городских и нетрансформированных фитоценозах не различается, а в ряде случаев в естественных биотопах она уменьшается. На всех исследованных точках, кроме участка 5, доминирует сапрофильная группа педобионтов (67.7–92.3%) (табл. 4). На участке 5 со средней антропогенной нагрузкой она снижается до 38.6%, при этом возрастает участие хищников (42.9%), что, по-видимому, обусловлено песчаным гранулометрическим составом дерново-подзолистых почв. Роль фитофагов на большинстве участков незначительна и не превышает 5%, кроме участков 1, 2 и 5. На первых двух участках с сильной и средней рекреационной нагрузкой на дерново-карбонатных и аллювиально-дерновых почвах

растительная группа педобионтов преобладает над хищниками (на № 1 соответственно 8% и 4.4%, на № 2 – 19.2% и 7.7%). Доля фитофагов в дерново-подзолистой почве при средней нагрузке (участок 5) несколько возрастает (11.4%), но значительно уступает хищникам и сапрофагам. Увеличение численности фитофагов (шелкуны, уховертки) связано как с благоприятными почвенными условиями дерново-подзолистых, дерново-карбонатных и аллювиально-дерновых почв (супесчаный гранулометрический состав, оптимальная плотность сложения), так и с антропогенной нагрузкой. Ранее была установлена связь обилия насекомых, в частности шелкунов, с содержанием песка в органическом горизонте почв [30].

Для определения факторов, влияющих на структуру и население сообщества почвенных беспозвоночных, проведен многомерный анализ. Дискриминантный анализ выборок педобионтов разных типов почв выявил статистически значимые различия (Wilks' Lambda: 0.18537 approx. $F(60,147) = 1.8606$ $p < 0.0014$). Дерново-подзолистые почвы отличаются от других почв составом и численностью почвенной мезофауны ($p < 0.01$). Квадрат расстояния Махаланобиса варьирует в пределах 2.4–11.6. Наибольший вклад в дискриминацию вносят моллюски ($p < 0.05$), мокрицы и многоножки литобииды ($p < 0.01$).

Дискриминантный анализ при предикторе «тип фитоценоза» показал, что исследованные ольшаники отличаются составом и численностью педобионтов ($p < 0.05$) от кленовников и липняков (Wilks' Lambda: 0.21797, approx. $F(60,147) = 1.6327$, $p < 0.0092$), но не отличаются от вязовников. Квадрат расстояния Махаланобиса колеблется от 3.9 до 6.6. Наибольший вклад в разделение вносят мокрицы ($p < 0.01$).

Многомерный анализ выборок мезофауны выявил статистически значимые отличия биотопов по степени антропогенной нагрузки (Wilks' Lambda: 0.29841, approx. $F(40,100) = 2.0765$, $p < 0.0018$). Биотопы с сильной рекреационной нагрузкой отличаются составом и обилием почвенных беспозвоночных от таковых со средней и слабой нагрузкой ($p < 0.01$). Квадрат расстояния Махаланобиса изменяется в пределах 3.01–6.68. Дождевые черви, литобииды и стафилиниды – таксоны, играющие основную роль в дискриминации ($p < 0.05$).

Таким образом, структура и население почвообитающих беспозвоночных мезофауны заказника «Голубые озера» имеют особенности распределения в пространстве, которые обусловлены типом почвы, фитоценоза и степенью антропогенной нагрузки.

На территории заказника маршрутными учетами были обнаружены в единственном экземпляре редкие виды наземных беспозвоночных, занесенных в Красную книгу РТ [31]: траурница (участок 9), адмирал (участок 8), жужелица-улитковод (участок 1).

Несмотря на высокую рекреационную нагрузку на некоторых участках заказника, состояние сообщества почвенных беспозвоночных Большого Голубого и Малых озер в целом удовлетворительное. Благоприятное воздействие на почвенных беспозвоночных оказывает близость грунтовых вод и органические остатки (продукты жизнедеятельности человека и крупного рогатого скота), которые становятся кормовым объектом для наиболее многочисленной группы педобионтов – дождевых червей.

Заключение

На период обследования природного заказника «Голубые озера» его почвенно-зоологическое состояние оценивается как удовлетворительное, поскольку четкой закономерности изменения таксономического состава и численности почвенных беспозвоночных мезофауны с ростом рекреационной нагрузки не выявлено. Обнаружена зависимость структуры и обилия педо- и герпетобионтов от типа почвы, типа фитоценоза и степени рекреации. Увлажненность почв уменьшает влияние рекреационной нагрузки на биогеоценоз. Учитывая актуальность изучения состояния заказников, требуется разработка интегрального показателя для оценки влияния рекреации на окружающую среду с привлечением данных по другим охраняемым территориям.

Литература

1. Волков А.М. К Концепции особо охраняемых природных территорий России // Заповедники и национальные парки. – 1999. – № 28. – С.6–48.
2. Государственный реестр ООПТ в РТ. – Казань: Идел-Пресс, 2007. – 408 с.
3. Почвоведение: в 2 ч. Ч. 1. Почва и почвообразование / Г.Д. Белицина, В.Д. Васильевская, Л.А. Гришина и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
4. Стриганова Б.Р. Вклад животных в формирование аэрированного пространства в почве // Проблемы почвенной зоологии: Материалы XVII Всерос. совещ. по почвенной зоологии, посвящ. 75-летию со дня рожд. чл.-корр. РАН Д.А. Криволуцкого. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2014. – С. 211–214.
5. Самойлова Е.С., Костина Н.В., Стриганова Б.Р. Влияние личинок щелкунов (Coleoptera, Elateridae) на почвенные микробные сообщества // Проблемы почвенной зоологии: Материалы XVII Всерос. совещ. по почвенной зоологии, посвящ. 75-летию со дня рожд. чл.-корр. РАН Д.А. Криволуцкого. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2014. – С. 195–198.
6. Lee K.L. Earthworms: Their Ecology and Relationships with soils and land use. – Sydney: Acad. Press, 1985. – 570 p.
7. Bottinelli N., Henry-des-Tureaux T., Hallaire V., Mathieu J., Benard Y., Tran T.D., Jouquet P. Earthworms accelerate soil porosity turnover under watering conditions // Geoderma. – 2010. – V. 156, No 1–2. – P. 43–47. – doi: 10.1016/j.geoderma.2010.01.006.
8. Capowiez Y., Sammartino S., Michel E. Burrow systems of endogeic earthworms: Effects of earthworm abundance and consequences for soil water infiltration // Pedobiologia. – 2014. – V. 57, No 4–6. – P. 303–309. – doi: 10.1016/j.pedobi.2014.04.001.
9. McIntyre N., Rango J., Fagan W.F., Faeth S.H. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment Landscape Urban Plann. – 2001. – V. 52, No 4. – P. 257–274. – doi: 10.1016/S0169-2046(00)00122-5.
10. Nahmani J., Lavelle P. Effects of heavy metal pollution on soil macrofauna in a grassland of Northern France // Eur. J. Soil Biol. – 2002. – V. 38, No 3–4. – P. 297–300. – doi: 10.1016/S1164-5563(02)01169-X.
11. Ермолаев О.П., Игонин М.Е., Бубнов А.Ю., Павлова С.В. Ландшафты Республики Татарстан. – Казань: Слово, 2007. – 411 с.
12. ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.
13. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
14. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Стандартиформ, 2011. – 8 с.

15. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 8 с.
16. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 18 с.
17. Практикум по физике почв. Ч. 1: Методы определения структурного состояния и механических свойств почв. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2004. – 86 с.
18. РД 52.18.191-89. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – М., 1990. – 32 с.
19. Количественные методы в почвенной зоологии / Под ред. М.С. Гилярова, Б.Р. Стригановой. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
20. Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П. Математическая статистика в почвоведении: Практикум. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 84 с.
21. Красная книга почв Республики Татарстан / А.Б. Александрова, Н.А. Бережная, Б.Р. Григорьян, Д.В. Иванов, В.И. Кулагина. Под ред. Д.В. Иванова. – Казань: Фолиант, 2012. – 192 с.
22. *Amossé J., Turberg P., Kohler-Milleret R., Gobat J.-M., Le Bayon R.-C.* Effects of endogeic earthworms on the soil organic matter dynamics and the soil structure in urban and alluvial soil materials // *Geoderma*. – 2015. – V. 243–244. – P. 50–57. – doi: 10.1016/j.geoderma.2014.12.007.
23. *Gordienko T.A., Vavilov D., Alexandrova A.B., Bogdanov A.V.* The earthworm fauna of recreation area of Kazan // 8th Int. Conf. Biodiversity Research. Book of Abstracts. – Daugavpils: Daugavpils Univ. Acad. Press “Saule”, 2015. – P. 64.
24. Кадастр сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем Республики Татарстан / Под редакцией Р.М. Сабирова. – Казань: Казан. фед. ун-т, 2014. – 308 с.
25. *Алейникова М.М.* Почвенная фауна различных ландшафтов Среднего Поволжья // Почвенная фауна Среднего Поволжья. – М.: Наука, 1964. – С. 5–51.
26. *Гордиенко Т.А., Сабанцев Д.Н.* Сравнительный анализ фауны и населения почвенных беспозвоночных Государственного природного заповедника «Большая Кокшага» // Сб. науч. тр. Ин-та проблем экологии и недропользования АН РТ. – Казань: Отечество, 2014. – С. 24–34.
27. *Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г.* Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 281 с.
28. *Богданов А.В., Хабибуллина Н.Р.* Мезофауна почв урбоэкосистем г. Казани // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития: Материалы III международ. науч.-практ. конф. – Ишим, 2008. – С. 165–167.
29. *Соколова Т.Л.* Биоиндикационная роль люмбрицид при оценке почв города Костромы и Костромского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Н. Новгород, 2011. – 20 с.
30. *Александрова А.Б., Гордиенко Т.А., Сабанцев Д.Н., Маланин В.В.* Почвенно-зоологические особенности агроэкосистемы в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия // Изв. Сам. науч. центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 1(4). – С. 1047–1054.
31. Красная книга Республики Татарстан. Животные, растения, грибы. – Казань: Идел-Пресс, 2006. – 832 с.

Александрова Асель Биляловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
ул. Даурская, д. 28, г. Казань, 420087, Россия
E-mail: *adabl@mail.ru*

Гордиенко Татьяна Александровна, научный сотрудник лаборатории биомониторинга

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
ул. Даурская, д. 28, г. Казань, 420087, Россия
E-mail: *eiseniata@gmail.com*

Вавилов Дмитрий Николаевич, научный сотрудник лаборатории биомониторинга

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
ул. Даурская, д. 28, г. Казань, 420087, Россия
E-mail: *sabantsev.ipen@gmail.com*

Валиев Всеволод Сергеевич, научный сотрудник лаборатории биогеохимии

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
ул. Даурская, д. 28, г. Казань, 420087, Россия
E-mail: *podrost@mail.ru*

Иванов Дмитрий Владимирович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биогеохимии

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
ул. Даурская, д. 28, г. Казань, 420087, Россия
E-mail: *water-rf@mail.ru*

Рупова Эльмира Ханисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
ул. Даурская, д. 28, г. Казань, 420087, Россия
E-mail: *elmira.rupova@mail.ru*

ISSN 1815-6169 (Print)

ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI

(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2016, vol. 158, no. 1, pp. 101–116

**The Contemporary State of Soils and Mesofauna in the “Golubye Oзера”
Nature Preserve of the Republic of Tatarstan**

A.B. Alexandrova^{*}, *T.A. Gordienko*^{**}, *D.N. Vavilov*^{***},
V.S. Valiev^{****}, *D.I. Ivanov*^{*****}, *E.H. Rupova*^{*****}

*Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,
Kazan, 420087 Russia*

E-mail: ^{*}*adabl@mail.ru*, ^{**}*eiseniata@gmail.com*, ^{***}*sabantsev.ipen@gmail.com*,
^{****}*podrost@mail.ru*, ^{*****}*water-rf@mail.ru*, ^{*****}*elmira.rupova@mail.ru*,

Received June 1, 2015

Abstract

The contemporary state of soils and their mesofauna in the “Golubye Oзера” Nature Preserve have been studied. The soil cover of the studied territory consists of sod-podzolic, sod-calcareous, and alluvial soils. The morphological structure and physicochemical properties of the soils are determined by the influence of relief, depth of carbonate rocks, level of groundwaters, and anthropogenic factor. The concentration

of heavy metals in the humus horizons complied with the background values. The trophic structure and abundance of soil mesofauna in the investigated biotopes were usual for natural forest ecosystems of the Western Pre-Kama Region. Soil mesofauna in the nature preserve included 20 taxa and varied by biotopes, regardless of the recreation degree. It has been found that the structure and population of soil animals are influenced by the types of soil, phytocenosis, as well as by the degree of anthropogenic load.

Keywords: sod-podzolic soils, sod-calcareous soils, alluvial soils, soil mesofauna, trophic groups, taxonomic diversity, microelements, recreation, phytocenosis

Figure captions

Fig. 1. Sites of soil sampling at the territory of the “Golubye Ozera” Nature Preserve.

References

1. Volkov A.M. On the concept of specially protected natural sites in Russia. *Zapov. Nats. Parki*, 1999, no. 28, 1999, pp. 6–48. (In Russian)
2. State Register of Specially Protected Natural Areas in the Republic of Tatarstan. Ed. 2. Kazan, Idel-Press, 2007, 408 p. (In Russian)
3. Belitsin G.D., Vasil'evskaya V.D., Grishina L.A. (Eds.) Soil Science. 2 Vols. *Pochva i pochvoobrazovanie* [Soil and Its Formation]. Moscow, Vyshaya Shkola, 1988. 400 p. (In Russian)
4. Striganova B.R. Contribution of animals in the formation of aerated space in the soil. *Problemy pochvennoi zoologii: Materialy XVII Vseros. soveshch. po pochvennoi zoologii, posvyashch. 75-letiyu so dnya rozhd. chl.-korr. RAN D.A. Krivolutskogo* [Problems of Soil Zoology: Proc. 17th Russ. Conf. on Soil Zoology Dedicated to the 75th Birthday of D.A. Krivolutskii, Corresponding Member of RAS]. Moscow, T-vo. Nauch. Izd. KMK, 2014. pp. 211–214. (In Russian)
5. Samoilova E.S., Kostina N.V., Striganova B.R. The influence of click-beetle larvae (Coleoptera, Elateridae) on soil microbial assemblages. *Problemy pochvennoi zoologii: Materialy XVII Vseros. soveshch. po pochvennoi zoologii, posvyashch. 75-letiyu so dnya rozhd. chl.-korr. RAN D.A. Krivolutskogo* [Problems of Soil Zoology: Proc. 17th Russ. Conf. on Soil Zoology Dedicated to the 75th Birthday of D.A. Krivolutskii, Corresponding Member of RAS]. Moscow, T-vo. Nauch. Izd. KMK, pp. 195–198. (In Russian)
6. Lee K.L. Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Sydney, Acad. Press, 1985. 570p.
7. Bottinelli N., Henry-des-Tureaux T., Hallaire V., Mathieu J., Benard Y., Tran T. D., Jouquet P. Earthworms accelerate soil porosity turnover under watering conditions. *Geoderma*, 2010, vol. 156, nos. 1–2, pp. 43–47. doi: 10.1016/j.geoderma.2010.01.006.
8. Capowiez Y., Sammartino S., Michel E. Burrow systems of endogeic earthworms: effects of earthworm abundance and consequences for soil water infiltration. *Pedobiologia*, 2014, vol. 57, nos. 4–6, pp. 303–309. doi: 10.1016/j.pedobi.2014.04.001.
9. McIntyre N., Rango J., Fagan W.F., Faeth S.H. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape Urban Plann.*, 2001, vol. 52, no. 4, pp. 257–274. doi: 10.1016/S0169-2046(00)00122-5.
10. Nahmani J., Lavelle P. Effects of heavy metal pollution on soil macrofauna in a grassland of Northern France. *Eur. J. Soil Biol.*, 2002, vol. 38, nos. 3–4, pp. 297–300. doi: 10.1016/S1164-5563(02)01169-X.
11. Ermolaev O.P., Igonin M.E., Bubnov A.U., Pavlova S.V. Landscapes of the Republic of Tatarstan. Kazan, Slovo, 2007. 411 p. (In Russian)
12. State Standard 28168-89. Soils. Sampling. Moscow, Standartinform, 2008. (In Russian)
13. Classification and Diagnostics of Soils of the USSR. Moscow, Kolos, 1977. 224 p. (In Russian)
14. State Standard 26423-85. Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH, and solid residue of water extract. Moscow, Standartinform, 2011. (In Russian)
15. State Standard 26213-91. Soils. Methods of determination of organic matter. Moscow, Kom. Stand. Metrol. SSSR, 1991. 8 p. (In Russian)
16. State Standard 12536-79. Soils. Methods of laboratory granulometric (grain-size) and microaggregate distribution, Moscow, Izd. Stand., 2008. (In Russian)

17. Manual on Physics of Soils. *Metody opredeleniya strukturnogo sostoyaniya i mekhanicheskikh svoystv pochv* [Methods of Identification of Structural Composition and Mechanic Properties of Soils]. Kazan, Kazan. Gos. Univ., 2004. 86 p. (In Russian)
18. Guiding Document 52.18.191-89. Methodological instructions. Methods of measurements of the weight ratio of acid-soluble metal forms (copper, lead, zinc, nickel, cadmium) in soil samples by means of atomic absorption. Moscow, 1990. (In Russian)
19. Gilyarova M.S., Striganova B.R. (Eds.) Quantitative Methods in Soil Zoology. Moscow, Nauka, 1987. 288 p. (In Russian)
20. Meshalkina Y. L., Samsonova V.P. Mathematical Statistics in Soil Science. Moscow, MAKS Press, 2008. 84 p. (In Russian)
21. Alexandrov A.B., Berezhnaya N.A., Grigoryan B.R., Ivanov D.V., Kulagina V.I. The Red Book of Soils of the Republic of Tatarstan. Ivanov D.V. (Ed.). Kazan, Foliant, 2012. 192 p. (In Russian)
22. Amossé J., Turberg P., Kohler-Milleret R., Gobat J.-M., Le Bayon R.-C. Effects of endogeic earthworms on the soil organic matter dynamics and the soil structure in urban and alluvial soil materials. *Geoderma*, 2015, vols. 243–244, pp. 50–57. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.12.007.
23. Gordienko T.A., Vavilov D., Alexandrova A.B., Bogdanov A.V. The earthworm fauna of recreation area of Kazan. *8th Int. Conf. on Biodiversity Research, Book of Abstracts*, Daugavpils, Daugavpils Univ. Acad. Press “Saule”, 2015. p. 64.
24. Sabirov R.M. (Ed.) Cadastre of Soil Dwelling Invertebrates (Mesofauna) of Natural Ecosystems of the Republic of Tatarstan. Kazan, Kazan. Fed. Univ., 2014. 308 p. (In Russian)
25. Aleinikova M.M. Soil fauna of various landscapes in the Mid-Volga region. *Pochvemnaya fauna Srednego Povolzh'ya* [Soil Fauna of the Mid-Volga Region]. Moscow, Nauka, 1964, pp. 5–51. (In Russian)
26. Gordienko T.A., Sabantsev D.N. Comparative analysis of the fauna and population of soil invertebrates in the Bolshaya Kokshaga State Nature Reserve. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta problem ekologii i nedropolzovania AN RT* [Collection of Scientific Papers of the Institute of Problems of Ecology and Management of Subsurface Resources]. Kazan, Otechestvo, 2014, pp. 24–34. (In Russian)
27. Vorobeychik E.L., Sadykov O.F., Farafontov M.G. Ecological Regulation of Technogenic Pollutions of Terrestrial Ecosystems (Local Level). Yekaterinburg, UIF Nauka, 1994. 281 p. (In Russian)
28. Bogdanov A.V., Khabibulina N.R. Mezofauna of urban soils in Kazan. *Urboekosistemy: problemy i perspektivy razvitiya: Materialy III mezhdunarod. nauch.-prakt. konf.* [Proc. III Int. Sci. Pract. Conf.: Urban Ecosystems: Problems and Prospects of Development], Ishim, 2008, pp. 165–167. (In Russian)
29. Sokolova T.L. The bioindicator role of earthworms in assessment of the soils in the city of Kostroma and the Kostroma Trans-Volga region. *Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.*, Nizhniy Novgorod, 2011. 20 p. (In Russian)
30. Alexandrova A.B., Gordienko T.A., Sabantsev D.N., Malanin V.V. Soil and zoological features of agroecosystems under the conditions of adaptive-landscape farming. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2014, vol. 16, no. 1(4), pp. 1047–1054. (In Russian)
31. The Red Book of the Republic of Tatarstan. Animals, Plants, Mushrooms. Kazan, Izd. Idel-Press, 2006. 832 p. (In Russian)

Для цитирования: Александрова А.Б., Гордиенко Т.А., Вавилов Д.Н., Валиев В.С., Иванов Д.В., Рупова Э.Х. Современное состояние почв и мезофауны природного заказника «Голубые озера» Республики Татарстан // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2016. – Т. 158, кн. 1. – С. 101–116.

For citation: Alexandrova A.B., Gordienko T.A., Vavilov D.N., Valiev V.S., Ivanov D.I., Rupova E.H. The contemporary state of soils and mesofauna in the “Golubye Oзера” Nature Preserve of the Republic of Tatarstan. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2016, vol. 158, no. 1, pp. 101–116. (In Russian)