

УДК 631.42

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СКЛОНОВЫХ ПОЧВ**

*Е.В. Мамаева, П.Ю. Галицкая,
Б.У. Шафигуллин, С.Ю. Селивановская*

Аннотация

Оценены агрохимические (содержание органического углерода и общего азота) и биологические (микробная биомасса, респираторная, уреазная, дегидрогеназная, целлюлазная активности микрофлоры) показатели почвенных образцов, отобранных на пяти склонах. Точки отбора (по трансекте) располагались на водораздельном участке, подножии склона и между ними. Проанализировано изменение значений показателей в зависимости от расположения точек отбора вдоль профиля склона. Установлено, что агрохимические параметры и биологическая активность почв, расположенных на склонах крутизной 10–15°, имеют значения, характерные для аналогичных типов почв, расположенных на равнинной территории, и не зависят от их положения на профиле склона.

Ключевые слова: агрохимические и биологические показатели почв, склоны, кластерный анализ.

Введение

Почвенные ресурсы являются не только основным средством сельскохозяйственного производства, но и важнейшим компонентом наземных биогеоценозов, мощным аккумулятором энергии на Земле, регулятором состава атмосферы и гидросферы, надежным барьером на пути миграции загрязняющих веществ [1].

При оценке качества почв используются такие показатели, как содержание гумуса, содержание биогенных элементов, а в последнее время распространение получили биологические показатели – базальная респирация, микробная биомасса, активность некоторых почвенных ферментов и т. д. [2–7].

Большинство публикаций, связанных с оценкой агрохимических и биологических свойств почв, посвящено оценке почв сельскохозяйственного назначения, расположенных на территориях с нулевым или незначительным уклоном [4, 5, 8, 9]. Информация о качестве почв, расположенных на склонах, практически отсутствует [10, 11]. В то же время данные об агрохимических показателях склоновых почв и их биологической активности могли бы стать отправными в мониторинге их состояния с точки зрения потенциального развития эрозионных процессов.

Целью настоящей работы является получение характеристик образцов почв, отобранных на склоновых участках, с использованием агрохимических и биологических показателей.

Табл. 1

Характеристика исследуемых ключевых участков

Местоположение	Координаты	Тип почвы	Уклон	Условное обозначение
с. Татарское Ходяшево Пестречинского района	55.81° с.ш. 49.94° в.д.	светло-серая лесная	14°	PS
с. Новая Анжирка Елабужского района	55.75° с.ш. 51.49° в.д.	светло-серая лесная	13°	NA
с. Утяково Чистопольского района	55.31° с.ш. 50.39° в.д.	чернозем типичный	13°	UT
пос. Базарные Матаки Алькеевского района	54.54° с.ш. 49.57° в.д.	чернозем оподзоленный	10°	BM
с. Таллы-Куль Бавлинского района	54.16° с.ш. 53.40° в.д.	чернозем типичный	15°	TK

Материалы и методы

Пробы почв отбирали на склонах пяти участков. Характеристика местоположения участков представлена в табл. 1.

Почвенные образцы отбирали в пяти точках, располагавшихся по профилю склона. Точке, располагавшейся на водоразделе, присваивался номер 1, точке у подножия склона – номер 5. Пробы отбирали почвенным буром на глубину 20 см.

Содержание органического углерода ($C_{орг}$) находили согласно ISO 14235: 1998 [12]. Определение содержания общего азота ($N_{общ}$) осуществляли на основании ISO 11261 по методу Кьельдаля [13]. Респираторную активность почв устанавливали согласно ISO 14240-1 [14]. Биомассу микроорганизмов оценивали на основании определения субстрат-индуцированного дыхания [15]. Дегидрогеназную активность устанавливали фотометрически [16], уреазную активность – с помощью метода Галстяна, основанного на колориметрическом определении аммиака реактивом Несслера [17]. Целлюлазную активность оценивали по количеству восстановленных сахаров после инкубирования с карбоксиметилцеллюлозой [18, 19].

Измерение всех параметров проводили не менее чем в трехкратной повторности. В таблицах представлены средние значения и значение среднеквадратического отклонения. Достоверность различий средних оценивали по критерию Стьюдента ($P < 0.05$). Кластерный анализ проводили с помощью программы R.

Результаты и их обсуждение

Органическое вещество почвы – это совокупность органических соединений и материалов растительного, животного и бактериального происхождения. Характеристикой содержания органического вещества выступает содержание органического углерода ($C_{орг}$) и общего азота ($N_{общ}$), которые являются его основными компонентами [20]. На первом этапе работ в исследуемых образцах было определено содержание $C_{орг}$ и $N_{общ}$.

В образцах почв, отобранных на водоразделе, содержание $C_{орг}$ варьировалось в интервале 3.1–5.6% (табл. 2). Максимальное содержание отмечено в образце TK1, минимальное – в BM1. При анализе образцов, отобранных по профилю

Табл. 2

Содержание органического углерода и общего азота (%) в почвенных образцах, отобранных на склонах (1–5 – номера точек от водораздела вниз по склону)

Склон		1	2	3	4	5
C _{орг} , %	PS	3.8 ± 0.8	3.6 ± 0.7	3.6 ± 0.7	3.8 ± 0.8	3.0 ± 0.6
	NA	4.8 ± 1.0	4.6 ± 0.9	4.2 ± 0.8	4.6 ± 0.9	4.1 ± 0.8
	UT	3.7 ± 0.7	1.7 ± 0.3	1.6 ± 0.3	2.1 ± 0.4	2.2 ± 0.5
	BM	3.1 ± 0.6	3.5 ± 0.7	3.7 ± 0.7	4.0 ± 0.8	2.4 ± 0.5
	TK	5.6 ± 1.1	5.0 ± 1.0	3.5 ± 0.7	5.0 ± 1.0	5.1 ± 1.0
N _{общ} , %	PS	0.24 ± 0.05	0.21 ± 0.04	0.30 ± 0.06	0.33 ± 0.07	0.31 ± 0.06
	NA	0.17 ± 0.03	0.28 ± 0.06	0.20 ± 0.04	0.16 ± 0.03	0.18 ± 0.04
	UT	0.29 ± 0.06	0.08 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.19 ± 0.04	0.15 ± 0.03
	BM	0.17 ± 0.03	0.25 ± 0.05	0.27 ± 0.05	0.28 ± 0.06	0.15 ± 0.03
	TK	0.45 ± 0.11	0.34 ± 0.07	0.28 ± 0.06	0.21 ± 0.04	0.36 ± 0.07

склонов, выявлено, что в образцах склона PS, NA и BM достоверные различия в содержании C_{орг} по сравнению с образцами, отобранными на водоразделе, отсутствовали. Исключение составили образцы BM5 и ТК3, в котором содержание C_{орг} было в 1.3 и 1.6 раз ниже образцов BM1 и ТК1. Иную картину наблюдали при анализе проб, взятых на склоне UT. Во всех образцах, отобранных по профилю склона, содержание C_{орг} было существенно меньше по сравнению с UT1. В целом полученные результаты согласуются с данными о содержании органического вещества в почвах аналогичного типа [20].

Согласно ранжированию почв по содержанию гумуса [21], почвенные образцы четырех ключевых участков по степени обеспеченности гумусом отнесены к категории «хорошо обеспеченные»: содержание гумуса в образцах склонов PS, NA, BM и ТК колебалось в интервале 5.9–8.5%. Почвенные образцы склона UT характеризовались как «средне обеспеченные» – среднее содержание гумуса составило 3.9%.

Как и в случае определения C_{орг}, наибольшее содержание азота (0.45%) было выявлено в образце, отобранном на водоразделе склона ТК (табл. 2). В остальных образцах, отобранных на водоразделах четырех других склонов, содержание азота находилось в интервале 0.17–0.29%. При анализе содержания азота в образцах, отобранных по профилю склонов, не выявлено каких-либо закономерностей. Так, на склонах PS, NA и BM значения содержания азота были недостоверно выше или ниже значений, установленных для образцов PS1, NA1 и BM1. Для склона ТК значения для всех образцов были ниже значения для ТК1, однако различия не были достоверными. Только на склоне UT значения для образцов UT2, UT3, UT5 (0.08%, 0.10% и 0.15% соответственно) были достоверно ниже величины в образце UT1 (0.29%).

В литературе представлены данные о содержании азота в почве [20, 22, 23]. Полученные нами результаты согласуются с современными представлениями об азотном питании почв.

Оценка содержания азота и органического углерода позволила рассчитать соотношение C : N. Средние значения C : N для склонов PS, NA, UT, BM и ТК составили 13.3, 23.5, 15.2, 15.4 и 15.1 соответственно. Традиционно соотношение

Табл. 3

Респираторная активность (мкг $\text{CO}_2\text{-C}/\text{г}\cdot 24$ ч) и микробная биомасса (мкг/г) в почвенных образцах, отобранных на склонах (1–5 – номера точек от водораздела вниз по склону)

Склон		1	2	3	4	5
Респираторная активность	PS	31.7 ± 6.4	33.4 ± 6.7	56.8 ± 11.4	71.8 ± 14.4	73.3 ± 14.7
	NA	52.4 ± 10.5	29.7 ± 5.9	34.9 ± 7.0	29.6 ± 5.9	59.6 ± 11.9
	UT	51.2 ± 10.2	68.6 ± 13.7	76.3 ± 15.3	47.0 ± 9.4	82.4 ± 16.5
	BM	27.6 ± 5.5	71.3 ± 14.3	37.9 ± 7.6	54.7 ± 10.9	41.2 ± 8.2
	TK	164.2 ± 32.8	150.5 ± 30.1	96.5 ± 19.3	95.0 ± 19.0	56.3 ± 11.3
Микробная биомасса	PS	160.0 ± 32.0	216.2 ± 43.2	255.9 ± 51.2	340.0 ± 68.0	361.1 ± 72.2
	NA	152.7 ± 30.5	174.7 ± 34.9	120.5 ± 24.1	178.0 ± 35.6	181.6 ± 36.3
	UT	167.3 ± 33.5	233.7 ± 46.7	310.4 ± 62.1	288.9 ± 57.8	317.2 ± 63.4
	BM	93.2 ± 18.6	263.8 ± 52.8	237.0 ± 47.4	226.8 ± 45.4	254.7 ± 50.9
	TK	413.6 ± 75.3	376.7 ± 75.3	330.2 ± 66.1	361.0 ± 72.2	409.7 ± 81.9

C : N в почвах находится в интервале от 10 до 25 [20], поэтому можно заключить, что в нашем случае почвенные характеристики всех склонов благоприятны для почвенной биоты.

Микробиологические параметры используются рядом программ мониторинга почв в качестве индикаторных признаков [15, 24]. Одним из наиболее часто используемых параметров является респираторная активность почвенной микрофлоры. Анализ респираторной активности образцов, отобранных на водоразделе, выявил максимальную активность в образце ТК1 – 164.2 мкг $\text{CO}_2\text{-C}/\text{г}\cdot 24$ ч (табл. 3). В образцах NA1, UT1, PS1 и BM1 респираторная активность оказалась ниже и составила 52.4, 51.2, 31.7 и 27.6 мкг $\text{CO}_2\text{-C}/\text{г}\cdot 24$ ч соответственно. При исследовании респираторной активности в образцах почв, отобранных по профилям склонов, выявлено следующее. Так, в образцах, отобранных вниз по профилю склона PS, установлено монотонное увеличение активности с 31.7 (PS1) до 73.3 мкг $\text{CO}_2\text{-C}/\text{г}\cdot 24$ ч (PS5), а для образцов склона ТК выявлена обратная зависимость: наиболее низко расположенная точка (TK5) характеризовалась минимальной активностью в ряду. В случае остальных склонов значения респираторной активности колебались вне зависимости от положения точки отбора образца по профилю склона.

В отличие от респираторной активности, отражающей состояние микрофлоры, активной непосредственно в момент проведения анализа, субстрат-индуцированное дыхание отражает активность и «спящих» форм. Субстрат-индуцированное дыхание находится в прямой зависимости с микробной биомассой, поэтому определение субстрат-индуцированного дыхания рекомендуется в качестве метода оценки суммарной микробной биомассы [25]. Микробная биомасса почвы – это наиболее подвижная фракция органического вещества почвы, способная быстро реагировать на изменения состояния почвы [26, 27]. В образцах, отобранных на водоразделе, максимальный уровень биомассы определен в образце ТК1 (413.6 мкг/г) (табл. 3). Наименьшее значение микробной биомассы выявлено в образце BM1 (93.2 мкг/г). Анализ образцов, отобранных по профилю

склонов, выявил, что значения микробной биомассы образцов двух склонов NA и ТК достоверно не различались внутри каждого склона и составляли в среднем 161.5 и 378.2 мкг/г соответственно. В случае трех склонов PS, UT и BM было выявлено увеличение уровня микробной биомассы в образцах, отобранных по профилю склона. На склонах PS и UT увеличение уровня биомассы было монотонным и в образцах PS5 и UT5 составили 361.1 и 317.2 мкг/г соответственно. Увеличение биомассы в сравнении с образцом, отобранным на водоразделе, отмечено и на склоне BM. Однако в этом случае наблюдали достоверное увеличение биомассы в образцах BM2, в дальнейшем значения биомассы оставались на том же уровне (226.8–254.7 мкг/г).

В литературе представлены различные значения микробной биомассы [28–30]. Авторы отмечают, что уровень микробной биомассы зависит от типа почв, способа их обработки, наличия или отсутствия мелиорантов, выращиваемых культур растений. Согласно общим представлениям содержание микробной биомассы в количестве 0.5–4% от органического углерода характеризует нормальное состояние почвы [31]. В нашем исследовании эти значения составили в среднем 0.8%, 0.4%, 1.3%, 0.7% и 0.8% для образцов склонов PS, NA, UT, BM и ТК соответственно. Максимальное значение параметра составило 2% и было обнаружено в образце UT3.

Важным показателем плодородия почвы является уровень ее ферментативной активности, который отражает деятельность почвенной биоты и может быть использован для диагностики происходящих в ней изменений [32–34]. Индикатором общей метаболической активности микроорганизмов является дегидрогеназная активность [35, 36].

В нашем случае дегидрогеназная активность почвенных образцов, отобранных на склонах, изменялась незначительно (табл. 4). Внутри склонов не наблюдалось изменений показателя от верхней точки профиля к нижней. Максимальные значения дегидрогеназной активности были отмечены на склоне ТК и составили в среднем 7 мг ресазурина/л за 24 ч.

Активность фермента уреазы используется как индикатор изменений азотного цикла в почве [37]. Среди образцов, отобранных на водоразделе, наибольший уровень активности уреазы был обнаружен в образцах ТК1 (7.6 г NH_4^+ /кг) и PS1 (5.6 г NH_4^+ /кг) (табл. 4). В образцах трех склонов (NA, UT и BM) наблюдали увеличение уреазной активности от точки водораздела вниз по профилю склона, однако только на склоне UT различия между значениями активности в образце UT1 и UT5 являются достоверными. В случае склона PS была обнаружена обратная зависимость: уровень уреазной активности снижался в образцах, отобранных вниз по профилю склона. Не обнаружено какой-либо зависимости при анализе образцов склона ТК. Средние значения установленной нами уреазной активности соответствуют таковым представленным в литературе [38].

Одним из важных показателей биологической активности почвы является также ее способность разлагать целлюлозу. Целлюлолитическая активность свидетельствует о напряженности биологических процессов в почве. Чем интенсивнее разлагается целлюлоза, тем быстрее осуществляется биологический круговорот элементов и тем полнее культурные растения обеспечиваются питательными веществами [39]. В связи с этим в образцах почв была измерена целлюлозная

Табл. 4

Дегидрогеназная активность (мг/л ресазурино-натриевой соли за 24 ч), уреазная активность (г NH⁴⁺/кг), целлюлазная активность (г C₆H₁₂O₆/кг) в почвенных образцах, отобранных на склонах (1–5 – номера точек от водораздела вниз по склону)

Склон		1	2	3	4	5
Дегидрогеназная активность	PS	5.7 ± 1.1	5.8 ± 1.2	5.6 ± 1.1	5.5 ± 1.1	5.5 ± 1.1
	NA	5.5 ± 1.1	5.6 ± 1.1	5.2 ± 1.1	5.1 ± 1.0	4.8 ± 1.0
	UT	5.6 ± 1.1	5.6 ± 1.1	5.6 ± 1.1	5.6 ± 1.1	5.6 ± 1.1
	BM	5.6 ± 1.1	5.6 ± 1.1	5.6 ± 1.1	5.6 ± 1.1	5.5 ± 1.1
	TK	7.0 ± 1.4	6.9 ± 1.4	7.0 ± 1.4	7.0 ± 1.4	7.1 ± 1.4
Уреазная активность	PS	5.6 ± 1.1	4.4 ± 0.9	3.8 ± 0.8	3.7 ± 0.8	2.7 ± 0.5
	NA	1.2 ± 0.2	1.7 ± 0.3	1.5 ± 0.3	2.1 ± 0.4	1.9 ± 0.4
	UT	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	1.2 ± 0.2	1.9 ± 0.4	2.6 ± 0.5
	BM	0.9 ± 0.2	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	1.2 ± 0.2	1.6 ± 0.3
	TK	7.6 ± 1.5	5.3 ± 1.1	4.0 ± 0.8	8.7 ± 1.7	5.9 ± 1.2
Целлюлазная активность	PS	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4
	NA	1.0 ± 0.2	0.9 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.9 ± 0.2	0.8 ± 0.2
	UT	4.0 ± 0.8	1.0 ± 0.2	0.9 ± 0.2	1.4 ± 0.3	1.9 ± 0.4
	BM	2.5 ± 0.5	3.2 ± 0.6	3.2 ± 0.6	4.0 ± 0.8	2.3 ± 0.5
	TK	4.9 ± 1.0	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.2	5.6 ± 1.1	8.1 ± 1.6

активность (табл. 4). Как видно из полученных данных, целлюлазная активность образцов, отобранных на водоразделе исследованных склонов, различалась: максимальная активность выявлена в образце ТК1 (4.9 г глюкозы/кг), минимальная – в образце NA1 (1.0 г глюкозы/кг). При сравнении активностей в образцах, отобранных по профилю склона, выявлено, что в образцах трех склонов (PS, NA и BM) значения целлюлазной активности достоверно не различаются внутри склона. В случае склона UT обнаружено достоверное снижение активности во всех образцах, отобранных ниже по профилю склона, в 2.1–4.6 раз. Значения целлюлазной активности образцов склона ТК значительно различались: образцы ТК2 и ТК3 продемонстрировали активность в 4.1–4.3 раза ниже таковой в образце ТК1, а образцы ТК4 и ТК5 – в 1.1 и 1.6 раза выше.

Таким образом, каждый из почвенных образцов был охарактеризован по 7 показателям. Для того чтобы систематизировать результаты анализа почвенных образцов, был применен кластерный анализ. Для этого каждый из образцов был представлен объектом с семью характеристиками (по числу проанализированных параметров). При этом абсолютные величины были переведены в относительные значения. Полученные объекты подвергли кластерному анализу: объекты объединяли по методу Варда, использовали евклидово расстояние. Результаты анализа представлены на рис. 1.

Согласно представленным результатам все объекты объединяются в три кластера. В первый кластер входят четыре объекта склона ТК, во второй – три объекта склона UT, три объекта склона PS, один объект склона ТК и один объект склона BM. Третий кластер объединял все остальные объекты, причем внутри этого кластера в состав объединений в основном входили объекты одного склона.

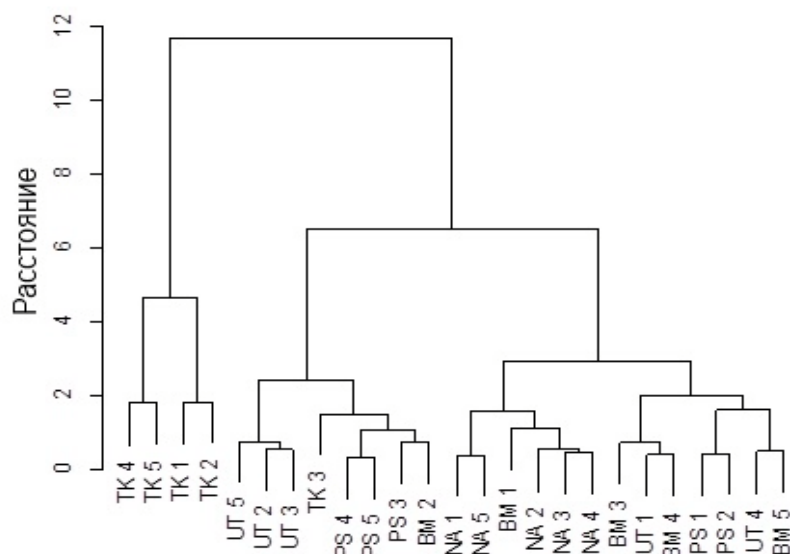


Рис. 1. Кластерный анализ результатов оценки почвенных образцов

Такое объединение в кластеры показывает, что различия в характеристиках образцов, отобранных на разных склонах, более значимы, чем различия в характеристиках образцов внутри одного склона.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что агрохимические параметры и биологическая активность почв, расположенных на склонах крутизной 10–15°, имеют значения, характерные для аналогичных типов почв, расположенных на равнинной территории и не зависят от их положения на профиле склона.

Summary

E.V. Mamaeva, P.Yu. Galitskaya, B.U. Shafigullin, S.Yu. Selivanovskaya. Agrochemical and Biological Properties of Hillslope Soils.

Agrochemical (organic carbon and total nitrogen content) and biological (microbial biomass, respiration, urease, dehydrogenase and cellulase activities) parameters of soil samples from five slopes have been estimated. The sampling points (according to transect) were located in the watershed area, at the foot of a hill and in between. Variations in the parameters have been analyzed depending on the location of the sampling points. It has been established that the agrochemical parameters and biological activity of soils located on slopes (with a slope angle of 10–15°) have the same values as those of similar types of soils located on a flat terrain and do not depend on the position of the soils on a slope profile.

Key words: agrochemical and biological parameters of soils, slopes, cluster analysis.

Литература

1. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. – М.: Моск. гос. ун-т, 1996. – 336 с.

2. Pascual J.A., Garcia C., Hernandez T., Moreno J.L., Ros M. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes // *Soil Biol. Biochem.* – 2000. – V. 32, No 13. – P. 1877–1883.
3. Pascual J.A., Hernandez T., Garcia C., Ayuso M. Enzymatic activities in an arid soil amended with urban organic wastes: Laboratory experiment // *Biores. Technol.* – 1998. – V. 64, No 2. – P. 131–138.
4. Bastida F., Moreno J.L., Hernandez T., Garcia C. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate // *Soil Chem. Biochem.* – 2006. – V. 38, No 12. – P. 3463–3473.
5. de Paz J.M., Sanchez J., Visconti F. Combined use of GIS and environmental indicators for assessment of chemical, physical and biological soil degradation in a Spanish Mediterranean region // *J. Environ. Managem.* – 2006. – V. 79, No 2. – P. 150–162.
6. Reicosky D.C., Lindstrom M.J., Schumacher T.E., Lobb D.E., Malo D.D. Tillage induced CO₂ loss across an eroded landscape // *Soil Till. Res.* – 2005. – V. 81, No 2. – P. 183–194.
7. Зильберман М.В., Порошина Е.А., Зырянова Е.В. Комплексная оценка воздействия нефтяного загрязнения почвы на экологическое состояние территории // *Усп. соврем. естествознания.* – 2004. – Вып. 11. – С. 42–43.
8. Blavet D., De Noni G., Le Bissonais Y., Leonard M., Maillo L., Laurent J.Y., Asseline J., Leprun J.C., Arshad M.A., Roose E. Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards // *Soil Till. Res.* – 2009. – V. 106, No 1. – P. 124–136.
9. Рамазанов Р.Я., Хазиев Ф.Х., Ганиев Х.И. Влияние приемов обработки и удобрений на агрофизические свойства серой лесной почвы (Башкирия) // *Почвоведение.* – 2001. – Вып. 3. – С. 338–347.
10. Zhu M., Tan S., Dang H., Zhang Q. Rare earth elements tracing the soil erosion processes on slope surface under natural rainfall // *J. Environ. Radioact.* – 2011. – V. 102, No 12. – P. 1078–1084.
11. Русанов А.М. Комплексная оценка противоэрозионной устойчивости почв // *Почвоведение.* – 2006. – Вып. 8. – С. 977–982.
12. ISO 14235:1998. Качество почвы. Определение содержания органического углерода методом окисления в смеси дихромата калия и серной кислоты. – 1998. – 5 с.
13. ISO 11261:1995. Soil quality – Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method. – 1995. – 4 p.
14. ISO 14240-1:1997. Soil quality – Determination of soil microbial biomass – Part 1: Substrate-induced respiration method. – 1997. – 5 p.
15. Microbiological methods for assessing soil quality / Ed. by J. Bloem, D.W. Hopkins, A. Benedetti. – Wallingford, UK: CAB International, 2006. – XIII + 307 p.
16. Selivanovskaya S.Yu., Galitskaya P.Yu. Ecotoxicological assessment of soil using the *Bacillus pumilus* contact test // *Eur. J. Soil Biol.* – 2011. – V. 47, No 2. – P. 165–168.
17. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
18. Колешко О.И. Экология микроорганизмов в почве. – Минск: Высш. шк., 1981. – 345 с.
19. Нетрусов А.И., Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М. Экология микроорганизмов. – М.: Академия, 2004. – 272 с.
20. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 256 с.
21. Красильников П.В. Методические указания к практикуму по изучению физических и агрохимических свойств почв. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. – 18 с.

22. Добровольский Г.В., Ковалева Н.О., Ковалев И.А. Роль почвенных новообразований в иммобилизации углерода, азота и фосфора в почвах начальных стадий заболачивания // Докл. по экол. почвоведению. – 2006. – Т. 1, Вып. 1. – С. 113–131.
23. Миндибаев Р.А., Гайсин В.Ф., Игнатьев В.А. Охрана и воспроизводство плодородия выщелоченных черноземов северо-восточной лесостепи Республики Башкортостан // Вестн. ОГУ. – 2004. – С. 113–115.
24. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 нояб. 2002 г. № 846 «Об утверждении положения об осуществлении государственного мониторинга земель» // Рос. газ. – 2002. – 5 дек. – № 231 (3099).
25. Anderson T.H., Domsch K.H. Application of eco-physiological quotient (qCO_2 or qD) on microbial biomasses from soil of different cropping histories // Soil Biol. Biochem. – 1990. – V. 22, No 2. – P. 251–255.
26. Ros M., Pascual J.A., Garcia C., Hernandez M.T., Insam H. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts // Soil Biol. Biochem. – 2006. – V. 38, No 12. – P. 3443–3452.
27. Suhadolc M., Schroll A., Gattinger M., Schloter, Munch C., Lestan D. Effects of modified Pb-, Zn-, and Cd- availability on the microbial communities and on the degradation of isoproturon in a heavy metal contaminated soil // Soil Biol. Biochem. – 2004. – V. 36, No 12. – P. 1943–1954.
28. Caravaca F., Roldan A. Assessing changes in physical and biological properties in a soil contaminated by oil sludges under semiarid Mediterranean conditions // Geoderma. – 2003. – V. 117, No 1–2. – P. 53–61.
29. Franco I., Contin M., Bragato G., De Nobili M. Microbiological resilience of soils contaminated with crude oil // Geoderma. – 2004. – V. 121, No 1–2. – P. 17–30.
30. Вершинин А.А., Петров А.М., Каримуллин Л.К., Игнатьев Ю.А. Влияние нефтяного загрязнения на эколого-биологическое состояние различных типов почв // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2012. – Вып. 2. – С. 207–211.
31. McGrath S.P., Chaudri A.M., Giller K.E. Long-term effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants // J. Ind. Microbiol. – 1995. – V. 14, No 2. – P. 94–104.
32. Хазиев Ф.Х., Гулько А.Е. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 88–103.
33. Li Y.T., Rouland C., Benedetti M., Li F.-B., Pando A., Lavelle P., Dai J. Microbial biomass, enzyme and mineralization activity in relation to soil organic C, N and P turnover influenced by acid metal stress // Soil Biol. Biochem. – 2009. – V. 41, No 5. – P. 969–977.
34. Niemi R.M., Heiskanen I., Ahtiainen J.H., Rahkonen A., Mäntykoski K., Welling L., Laitinen P., Ruuttunen P. Microbial toxicity and impacts on soil enzyme activities of pesticides used in potato cultivation // Appl. Soil Ecol. – 2009. – V. 41, No 3. – P. 293–304.
35. Serra-Witting C., Houot S., Barriuso E. Modification of soil water retention and biological properties by municipal solid waste compost // Compost Sci. Util. – 1996. – V. 4, No 1. – P. 44–52.
36. Garcia C., Hernandez T. Effect of bromacil and sewage sludge addition on soil enzymatic activity // Soil Sci. Plant Nutr. – 1996. – V. 42, No 1. – P. 191–195.
37. Lai K.M., Ye D.Y., Wong W.C. Enzyme activities in a sandy soil amended with sewage sludge and coal ash // Water Air Soil Pollut. – 1999. – V. 113, No 1–4. – P. 261–272.
38. Вяль Ю.А., Шиленков А.В. Оценка биологической активности почв городских ландшафтов (на примере г. Заречный) // Изв. ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2009. – Вып. 14 (18). – С. 7–10.

39. *Лазарев А.П., Абрашин Ю.И., Гордеюк Л.Л.* Целлюлозолитическая активность обрабатываемого чернозема обыкновенного лесостепной зоны Ишимской равнины // Почвоведение. – 1997. – Вып. 1. – С. 1230–1234.

Поступила в редакцию
11.06.12

Мамаева Елена Викторовна – студент Института экологии и географии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: *mamaevaelena04@gmail.com*

Галицкая Полина Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ландшафтной экологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: *Gpolina33@yandex.ru*

Шафигуллин Булат Ульфатович – аспирант кафедры ландшафтной экологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: *bulatshfgh@gmail.com*

Селивановская Светлана Юрьевна – доктор биологических наук, профессор кафедры прикладной экологии Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: *Svetlana.Selivanovskaya@ksu.ru*