

Алыбаева Р.А.,
Беркинбаев Г.Д.,
Федоров Г.В., Яковлева Н.А.,
Федоров Е.В.

**Оценка суммарной
фитотоксичности почвы
на территории в районе
влияния полигонов Азгир
и Капустин Яр**

Alybayeva R.A.,
Berkinbayev G.D.,
Fyedorov G.V., Yakovleva N.A.,
Fyedorov E.V.

**Assessment of aggregated phyto-
toxicity of soil on the territory in
the area of influence of polygons
Azgir and Kapustin Yar**

Р.А. Алыбаева,
Г.Д. Беркинбаев,
Г.В. Федоров, Н.А. Яковлева,
Е.В. Федоров

**Азгир және Капустин Яр
полигондарының әсері бар
аймақ территорияларындағы
топырақтың жиынтық
фитотоксінділігін бағалау**

Проведены исследования фитотоксичности почв в районе влияния полигонов Азгир и Капустин Яр. Показано, что по всхожести испытуемых тест-растений исследуемые почвы относятся к экологически чистым или слабо фитотоксичным. Такие же данные получены при исследовании показателей интенсивности начального роста семян. По показателю длины проростков, в процентах по отношению к фоновой почве, исследуемые почвы также можно отнести к экологически чистым и слабо фитотоксичным. Таким образом, исследуемые почвы относятся к экологически чистым или слабо фитотоксичным и не являются опасными для окружающей среды и здоровья человека.

Ключевые слова: полигон, загрязнение, фитотоксичность, тест-растения, всхожесть, начальный рост, экологически чистый.

Researches of phytotoxicity of soil in the area of influence of polygons Azgir and Kapustin Yar were conducted. It is shown that, according to germination of test-plants, studied soils belong to clean or slightly phytotoxic. Similar data were obtained during the research of indicators of the intensity of the initial growth of the seeds. In terms of the length of sprouts, as a percentage relative to the background soil, studied soil can also be attributed to clean and slightly phytotoxic. Thus, studied soils belong to environmentally clean or slightly phytotoxic and are not hazardous to the environment and human health.

Key words: polygon, pollution, phytotoxicity, test plants, germination, initial growth, environmentally friendly.

Азгир және Капустин Яр полигондарының әсері аймақтарында топырақтың фитотоксінділігіне зерттеулер жүргізілді. Зерттеліп жатқан тест-өсімдіктер шығымдылық бойынша зерттелген топырақтар экологиялық тазаға немесе әлсіз фитотоксінділерге жатады. Дәл осындай мәліметтер дәндердің бастапқы өсуінің интенсивтілігінің көрсеткіштерін зерттеуде алынған. Өскіндер ұзындығы көрсеткіштері бойынша, фонды топыраққа пайыздық қатынасында зерттеліп жатқан топырақтарды экологиялық тазаға және әлсіз фитотоксіндіге жатқызуға болады. Осылайша, зерттеліп жатқан топырақтар экологиялық тазаға немесе әлсіз фитотоксіндіге жатады және қоршаған орта және адам денсаулығына қауіпті емес болып табылады.

Түйін сөздер: полигон, ластану, фитотоксінділік, тест-өсімдіктер, шығымдылық, бастапқы өсуі, экологиялық таза.

ОЦЕНКА СУММАРНОЙ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНОВ АЗГИР И КАПУСТИН ЯР

В условиях роста техногенной нагрузки на окружающую среду все более актуальными становятся вопросы оценки ее экологического благополучия. По расчетам специалистов уже сейчас в окружающей среде содержится около 10 миллионов наименований загрязняющих веществ [1]. Есть мнение, что появление новых поллютантов, а также синтез в гетерогенных условиях среды специфических соединений, способных обладать существенно большим токсичным потенциалом, приводит к тому, что количественные показатели загрязнения, такие как ПДК, ПДУ, не могут охватить всего многообразия поллютантов, дать корректную оценку экологического благополучия исследуемых объектов. Исследователи считают, что даже нетоксичные соединения при комбинированном действии могут вызывать значительный токсический эффект [2]. В связи с этим в настоящее время растет интерес к биотест-системам, которые способны интегрально и оперативно дать токсикологическую характеристику природных и техногенных сред.

Фитотестирование, как метод оценки почв, используется издавна для определения качества семян, плодородия почв сельскохозяйственных культур, в биомедицинских исследованиях и относительно недавно в природоохранной сфере для оценки экологического качества природных сред (вод, почв). Известны разные подходы и масштабы экспериментального фитотестирования. В основном фитотесты можно объединить в три группы методов: лабораторные, вегетационные и микроделяночные.

Особую актуальность в экологическом контроле приобретают лабораторные методы фитотестирования как наиболее экспрессные и экономичные. Существуют публикации, указывающие также на наибольшую чувствительность именно лабораторных методов тестирования по сравнению с микроделяночными и вегетационными [5, 6]. Фитотестирование основано на чувствительности растений к экзогенному химическому воздействию, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках. Основными требованиями, предъявляемыми к реализации метода фитотестирования, являются: экспрессность, доступность и простота экспериментов; воспроизводимость и достоверность полученных результатов; экономичность; объективность полученных данных. Распространено

мнение, что информативность высших растений при решении задач биотестирования связана со следующими свойствами: а) эукариотическое состояние – структурное и морфологическое сходство **X-хромосомы с хромосомами млекопитающих**, включая человека; б) у растений и млекопитающих отмечается сходная чувствительность к мутагенам; в) короткий жизненный цикл; г) относительная дешевизна, особенно по сравнению с тестами на других объектах; д) возможность проводить исследования *insitu* [2, 7-11].

Почвы занимают особое место в экологических системах и выполняют огромное количество функций. Важнейшая из них – экологическая, обеспечивающая жизненное пространство для человека и живых организмов. Определить степень токсичности почвы также можно с помощью биотестирования [7].

Для этих целей применяется биотест на фитотоксичность (фитотест), который способен адекватно реагировать на экзогенное химическое воздействие, что проявляется в морфологических и физиологических изменениях при росте и развитии растений. Фитотоксичность – один из интегральных показателей состояния почв, ее наличие свидетельствует о загрязнении почвы ксенобиотиками, истощении почвы, присутствии фитопатогенных микроорганизмов и их токсинов. Фитотест информативен, высоко чувствителен, характеризуется стабильностью получаемых результатов. Фитотестирование как метод мониторинга почв является более интегральным методом анализа, позволяющим оценить фитотоксичность почв. Для такого анализа используются различные тест-растения, которые реагируют на неблагоприятные изменения в почве, воздухе и в других средах [12].

Материалы и методы исследования

Были взяты семь равных по массе образцов почвы: 1 TOS – с. Таскала, в 230 км от границы исследуемой территории (фоновая); 2 TOS – с. Жангала в 18 км от границы исследуемой территории (фоновая); 3 TOS – исследуемый участок; 4 TOS – **исследуемый участок**; 5 TOS – **исследуемый участок**; 6 TOS – исследуемый участок; 7 TOS – исследуемый участок. Также был взят 8 образец почвы – стандартная (искусственная) почва.

Образцы почвы помещали в вегетационные сосуды. Первоначально загружали дренаж, слоем 1/3 горшка (для того чтобы не было излишне-

го увлажнения почвы), затем насыпали опытную почву. Объем вегетационных сосудов составлял 400 мг. В почву на глубину 0,5-1 см высаживали по 10 необработанных семян растений пшеницы. Опыт проводили в трехкратной повторности. Через восемь суток растения были извлечены из почвы. В течение опыта велись наблюдения по следующим показателям: 1 – время появления всходов; 2 – общая всхожесть (к концу опыта); 3 – дружность прорастания; 4 – измерение длины надземной части (высота растений); 5 – измерение длины корней.

Определяли количество проросших семян на 6 и 8 сутки прорастания. На 6 и 8 сутки прорастания определяли длину проростков. На 8 сутки прорастания определяли также длину корней.

На основе полученных данных вычисляли всхожесть – число проросших семян, выраженное в % от общего количества семян, взятых для проращивания; дружность прорастания – средний процент семян, проросших за 1 сутки прорастания: $D = П/А$, где D – дружность прорастания, $П$ – полная всхожесть, $А$ – число дней прорастания; а также прорастание семян за последние 2 суток.

Также определяли показатели интенсивности начального роста семян, наиболее полно характеризующие жизнеспособность растений. Показатели интенсивности начального роста: длина корней, длина зеленых проростков [13].

Результаты и обсуждение

В основе экологического мониторинга токсического загрязнения почвы с использованием биологических тест-объектов лежит представление о том, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов. Загрязнение почвы вызывается различными по масштабу и территориальному распространению поллютантами, влияющими на почву, почвенную биоту, совокупное состояние почвенной экосистемы. Загрязнение почвы может повлиять на ее структуру, порозность и плотность горизонтов, что может вызвать уменьшение аэрируемости и дренажа. Это приведет к затруднению прорастания семян и проникновению корней в почву, замедлению роста корней и побегов. Например, было показано замедление прорастания семян и снижение их всхожести при повышении концентрации нефтепродуктов в почве [4].

Учеными-экологами разработаны критерии фитотоксичности по всхожести испытуемых

тест-растений. Разница в 10% не принимается во внимание – почва считается экологически чистой. Снижение числа проростков в опытном варианте по сравнению с контрольным на 10 – 30% говорит о слабой фитотоксичности почвы. Разница от 30 до 50% указывает на среднюю степень фитотоксичности почвы, а выше 50% – свидетельствует о высокой (недопустимой) степени фитотоксичности почвы [13].

Определение всхожести семян (таблица 1, рисунок 1) показало, что 100%-я всхожесть наблюдалась только во втором варианте – в фоновой почве. Почва села Жангала (в 18 км от границы исследуемой территории (фоновая)) являлась экологически чистой.

Таблица 1 – Всхожесть семян – процент проросших семян по отношению к числу посаженных семян

Варианты опыта	Всхожесть, %	Разница между проросшими и посаженными семенами, в %
01TOS	83	17%
2TOS	100	0%
3TOS	93	7%
4TOS	87	13%
5TOS	97	3%
6TOS	80	20%
7TOS	97	3%
8	80	20%

Наименьшая всхожесть была установлена в вариантах опыта 6 (исследуемый участок) и 8 (искусственная почва), свидетельствующая о слабой фитотоксичности. Таким образом, искусственная почва не пригодна для использования в качестве контрольной почвы при определении фитотоксичности. Слабая фитотоксичность наблюдалась также в вариантах 01TOS и 4TOS (почва из села Таскала и исследуемый участок). В остальных вариантах опыта (3TOS, 5TOS, 7TOS) разница в количестве посаженных и взошедших семян составляла от 3 до 7%, что можно было не принимать во внимание и позволяло считать почву экологически чистой.

Таким образом, результаты опыта позволили выявить следующие данные по фитотоксичности почвы: в селе Таскала (в 230 км от границы исследуемой территории (фоновая)) – слабо токсичная; в селе Жангала (в 18 км от границы исследуемой территории (фоновая)) – экологи-

чески чистая; в варианте 3TOS (исследуемый участок) – экологически чистая; 4TOS (исследуемый участок) – слабо токсичная; 5TOS (исследуемый участок) – экологически чистая; 6TOS (исследуемый участок) – слабо токсичная; 7 TOS (исследуемый участок) – экологически чистая.

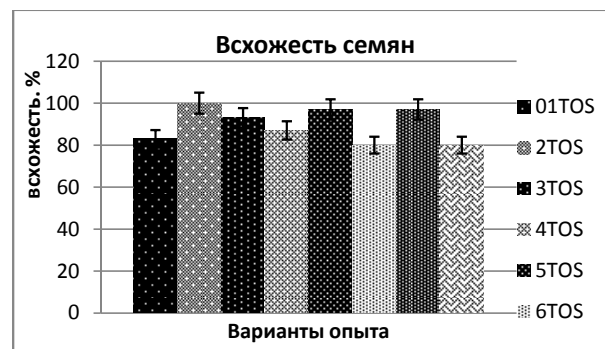


Рисунок 1 – Всхожесть семян пшеницы на 8 день определения фитотоксичности исследуемых почв

Фитотоксичность почвы – это свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений, она определяется как по снижению числа проросших семян, так и по уменьшению длины проростков [12]. Для получения более достоверных результатов можно продолжить опыт еще на 3-4 дня при тех же условиях и измерить среднюю длину проростков в опытном и контрольном вариантах. Уменьшение длины проростков в опытном варианте по сравнению с контрольным можно оценить по той же шкале, что и уменьшение числа проростков [14]. Поэтому следующим этапом исследования стало определение показателей интенсивности начального роста (таблица 2, рисунок 2).

Определение длины проростков показало, что на 6 день опыта наибольшей интенсивностью роста проростков отличаются проростки вариантов 4 TOS и 6 TOS, средней интенсивностью роста проростки вариантов 5TOS, 8, 01TOS, 3TOS, меньшей – 2TOS, 7TOS.

Однако, на 8 день опыта наибольшую интенсивность роста проростков за два дня продемонстрировали проростки вариантов 3TOS, 2TOS, 7TOS. Если судить по длине проростков – в процентах по отношению к фоновой почве (вариант 2TOS), то почвы в вариантах 01TOS, 3TOS, 4TOS, 6TOS и 8 можно отнести к экологически чистым. В вариантах 5TOS и 7TOS – к слабо фитотоксичным (таблица 2).

Таблица 2 – Длина проростков растений пшеницы, взошедших на различных вариантах опыта на определение фитотоксичности почвы

Варианты опыта	Средняя длина проростков, см		% удлинения с 6 по 8 день	% длины проростков по отношению к длине на фоновой почве
	на 6 день опыта	на 8 день опыта		
01TOS	10,6	19,6	84,9	93,3
2TOS	9,8	21,0	114,3	100
3TOS	10,1	22,4	121,8	104,8
4TOS	12,1	19,4	60,3	92,4
5TOS	11,4	18,8	64,9	89,5
6TOS	12,1	19,4	60,3	92,4
7TOS	8,0	16,8	110	80
8	11,4	20,0	75,4	95,2

Длину проростков в варианте 2TOS взяли за 100 процентов, потому что всхожесть в этом варианте составила 100%. Результаты определения длины корней продемонстрировали найденные закономерности более ярко. Как видно из диаграммы 3, наибольшая длина корней наблюдается в варианте 2TOS, наименьшая – в вариантах 5 TOS и 7 TOS, что может быть связано с тем, что

корни первыми сталкиваются с почвенными условиями и, видимо, в вариантах 5 TOS и 7 TOS, условия не совсем благоприятны для их роста.

Существенных различий в основных (всхожесть, длина проростков) изучаемых показателях между вариантами не выявлено. Наиболее ярко различия выражены в случае определения длины корней (рисунок 3).

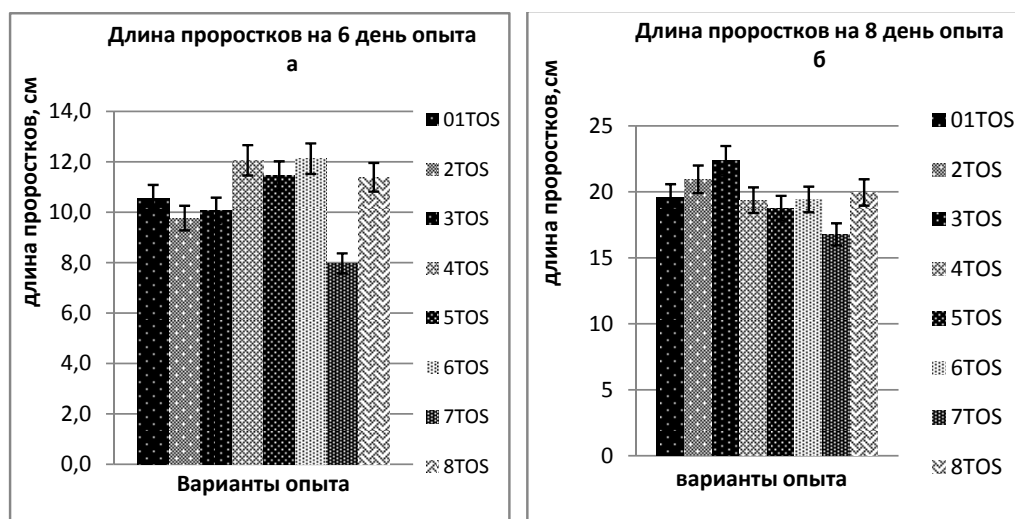


Рисунок 2 – Длина проростков растений пшеницы, взошедших на различных вариантах опыта на определение фитотоксичности почвы

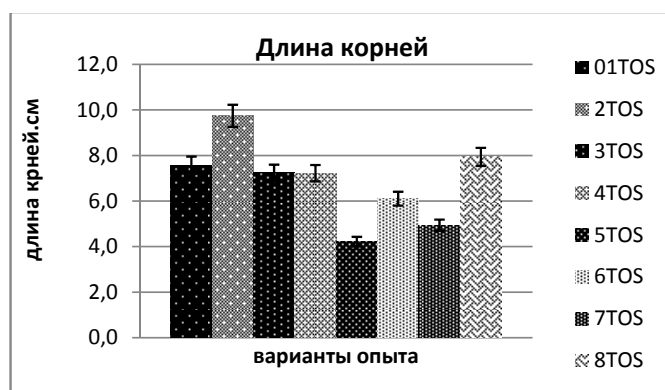


Рисунок 3 – Длина корней растений пшеницы, взошедших на различных вариантах опыта на определение фитотоксичности почвы

Таким образом, проведенные исследования всхожести семян пшеницы и длины их проростков показали, что исследуемые почвы относятся к экологически чистым или слабо фитотоксичным и не являются опасными для окружающей среды и здоровья человека.

Литература

- 1 Шеуджен А.Ч. Биогеохимия. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
- 2 Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. – 2010. – Вып 13. – №1. – С.1-18.
- 3 Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 228 с.
- 4 Васильев А.В., Заболотских В.В. Экологический мониторинг токсического загрязнения почвы нефтепродуктами с использованием методов биотестирования // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2012. – № 4. – С. 242-250.
- 5 Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 28 с.
- 6 Терехова В.А., Домашнев Д.Б., Канышкин М.А., Степачев А.В. Экотоксикологическая оценка повышенного содержания фосфора в почвогрунте по тест-реакциям растений на разных стадиях развития // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – № 3. – С. 21-26.
- 7 Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. – 1997. – № 6. – С. 408-411.
- 8 Стволинская Н.С. Жизнеспособность *Taraxacum officinale* Wigg в популяции города Москва в связи с автотранспортным загрязнением // Экология. – 2000. – №2. – С. 147-150.
- 9 Мирзоян А.В. Создание и апробация генетико-биохимической тест-системы для мониторинга мутагенности окружающей среды с использованием листьев древесных растений: дисс...канд. биол.наук. – Ростов н/Д., 2001. – 125 с.
- 10 Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис.канд. биолог.наук. – Ставрополь, ставропольский государственный университет, 2005. – 159 с.
- 11 Kristen U. Use of higher plants as screens for toxicity assessment // Toxicology in vitro, February – April. – 1997. – Vol. 11, Iss.1-2. – P. 181-191.
- 12 Нохрина А.А., Прокина Г.М. Определение основных характеристик почвы при проектировании зеленых насаждений // Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа – регионам», 11-12 апреля 2011 г. – Екатеринбург, 2011. – С. 428-429.
- 13 ГОСТ Р ИСО 22030 – 2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – Введ. 2010 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 20 с.
- 14 Вишнякова С.В. Лесоводственно-экологические особенности видов темнохвойных в посадках г. Екатеринбурга: диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук. – Екатеринбург, 2009. – 184 с.

References

- 1 Sheudzhen A.Ch. Biogeohimija. – Majkop: GURIPP «Adygeja», 2003. – 1028 s.
- 2 Lisovickaja O.V., Terehova V.A. Fitotestirovanie: osnovnye podhody, problemy laboratornogo metoda i sovremennye reshenija // Doklady po jekologicheskomu pochvovedeniju. – 2010. – Vyp 13. – №1. – S.1-18.
- 3 Biologicheskij kontrol' okruzhajushhej sredy: bioindikacija i biotestirovanie: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij. – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2008. – 228 s.
- 4 Vasil'ev A.V., Zabolotskih V.V. Jekologicheskij monitoring toksicheskogo zagrjaznenija pochvy nefteproduktami s ispol'zovanijem metodov biotestirovanija // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo». – 2012. – № 4. – S. 242-250.
- 5 Vorobejchik E.L., Sadykov O.F., Farafontov M.G. Jekologicheskoe normirovanie tehnogennyh zagrjaznenij nazemnyh jekosistem (lokal'nyj uroven'). – Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1994. – 28 s.
- 6 Terehova V.A., Domashnev D.B., Kanis'kin M.A., Stepachev A.V. Jekotoksikologicheskaja ocenka povyshennogo sodержanija fosfora v pochvogrunte po test-reakcijam rastenij na raznyh stadijah razvitija // Problemy agrohimii i jekologii. – 2009. – №3. – S. 21-26.
- 7 Kabirov R.R., Sagitova A.R., Suhanova N.V. Razrabotka i ispol'zovanie mnogokomponentnoj test-sistemy dlja ocenki toksichnosti pochvennogo pokrova gorodskoj territorii // Jekologija. – 1997. – № 6. – S. 408-411.
- 8 Stvolinskaja N.S. Zhiznesposobnost' TaraxacumofficinaleWigg v populjácii goroda Moskva v svjazi s avtotransportnym zagrjazneniem // Jekologija. – 2000. – №2. – S. 147-150.
- 9 Mirzojan A.V. Sozdanie i aprobacija genetiko-biohimicheskoj test-sistemy dlja monitoringa mutagennosti okruzhajushhej sredy s ispol'zovanijem list'ev drevesnyh rastenij: diss...kand. biol.nauk. – Rostov n/D., 2001. – 125 s.
- 10 Bagdasarjan A.S. Biotestirovanie pochv tehnogennyh zon gorodskih territorij s ispol'zovanijem rastitel'nyh organizmov: dis.kand. biolog.nauk. – Stavropol', stavropol'skij gosudarstvennyj universitet, 2005. – 159 s.
- 11 Kristen U. Use of higher plants as screens for toxicity assessment // Toxicology in vitro, February – April. – 1997. – Vol. 11, Iss.1-2. – P. 181-191.
- 12 Nohrina A.A., Prokina G.M. Opredelenie osnovnyh harakteristik pochvy pri proektirovanii zelenyh nasazhdenij // Mezh-dunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Ural'skaja gornaja shkola – regionam», 11-12 aprelya 2011 g. – Ekaterinburg, 2011. – С. 428-429.
- 13 GOST RISO 22030 – 2009. Kachestvo pochvy. Biologicheskie metody. Hronicheskaja fitotoksichnost' v otnoshenii vysshih rastenij. – Vved. 2010 – 01. – M.: Izd-vo standartov, 2009. – 20 s.
- 14 Vishnjakova S.V. Lesovodstvenno-jekologicheskie osobennosti vidov temnohvojnyh v posadkah g. Ekaterinburga: dissertacija ... kandidata sel'skohozjajstvennyh nauk. – Ekaterinburg, 2009. – 184 s.