

УДК 582.29+582.26/.27+582.32+592:591.5:502.3

Влияние отвалов химического производства на видовое разнообразие лишайников, споровых растений и некоторых групп беспозвоночных

В.А. СОБЧЕНКО, О.М. ХРАМЧЕНКОВА, А.Г. ЦУРИКОВ, Ю.М. БАЧУРА,
В.Н. ВЕРЕМЕЕВ, Н.Г. ГАЛИНОВСКИЙ, С.В. ЖАДЬКО

В условиях присутствия в среде обитания фосфогипса отмечено 28 видов лишайников, 32 вида почвенных водорослей, 28 видов мохообразных и 69 видов жесткокрылых. Изучены особенности заселения фосфогипса как специфического субстрата данными группами организмов.

Ключевые слова: химические отходы, лишайники, растения, почвенные насекомые.

For the presence of phosphogypsum in the environment there have been found 28 species of lichens, 32 species of soil algae, 28 species of mosses and 69 species of soil insects. The peculiarities of these groups of organisms' filling the phosphogypsum as a specific substrate are analyzed in the article.

Keywords: chemical waste, lichens, plants, soil insects.

Введение

При накоплении больших запасов отходов промышленного производства может сложиться ситуация, когда минимальные, технически допустимые в процентном соотношении утечки в абсолютном исчислении могут являться дестабилизирующим фактором для окружающих экосистем. Описанная ситуация формируется на территории, прилегающей к местам складирования отвалов фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод», где уже накоплено 17–20 млн. тонн отходов. Ранее проводимые исследования влияния химического производства преимущественно были направлены на изучение закономерностей миграции компонентов химических отходов в подземные воды [1] либо изучение первичных сукцессий на поверхности отвалов с участием достаточно узкой группы семенных растений [2]. Переработка фосфогипса в полезные продукты в наших условиях представляется мало возможной ввиду экономических условий, высокой токсичности производства либо использования только части его состава [3].

В условиях невозможности утилизации отходов химического производства представляется актуальной оценка опасности различных компонентов отходов для наиболее уязвимых видов живых организмов, разработка способов биоиндикации и биомониторинга содержания химических загрязнителей. Базой для таких исследований является изучение состояния флоры и фауны.

Целью нашей работы являлась оценка видового разнообразия лишайников, почвенных водорослей, мохообразных и ряда групп беспозвоночных животных (на примере жесткокрылых) на поверхности отвалов химических отходов и в биотопах, расположенных в непосредственной близости от них.

Материалы и методы

Исследования проводились в вегетационные периоды 2006–2011 годов по общепринятым в ботанических и зоологических исследованиях методикам [4]–[7]. Выделение категорий отвалов проводилось исходя из сроков хранения и наличия или отсутствия на их поверхности растений: свежие отвалы (отсутствие сосудистых растений); отвалы среднего возраста (наличие травянистой растительности, всходы древесных растений), старые отвалы (присутствие травянистых и древесных растений). При изучении почвенных водорослей отбор проб на отвалах среднего возраста осуществляли на трех типах участков: без растений, с наличием мохового покрова, с травянистыми растениями и мхами.

Номенклатура таксонов почвенных водорослей дана по системе И.Ю. Костикова [8], мохообразных – согласно [6], жесткокрылых беспозвоночных – с использованием последних данных по систематике этой группы животных [9]–[10], лишайников – согласно последним сводкам таксонов Канады и США [11].

Результаты и их обсуждение

В результате наших исследований показано, что в окрестностях и на поверхности отвалов фосфогипса Гомельского химического завода не только нет «лишайниковой пустыни», но и обитает не менее 28 видов лишайников. Нами зафиксированы следующие виды: *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr. var. *cerina*; *Caloplaca decipiens* (Arnold) Blomb. & Forssell; *Caloplaca holocarpa* s. l.; *Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr.; *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. ssp. *furcata*; *Cladonia fimbriata* (L.) Fr.; *Cladonia ochrochlora* Flörke; *Evernia prunastri* (L.) Ach.; *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy; *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.; *Lecanora allophana* (Ach.) Nyl.; *Lecanora carpinea* (L.) Vain.; *Lecanora crenulata* Hook.; *Lecanora dispersa* (Pers.) Sommerf.; *Lecanora symmicta* (Ach.) Ach.; *Parmelia sulcata* Taylor; *Peltigera didactyla* (With.) J. R. Laundon; *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg; *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg; *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg; *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier; *Physcia caesia* (Hoffm.) Fűrnr.; *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau; *Physcia stellaris* (Ach.) Nyl.; *Physcia tenella* Bitter; *Xanthoria elegans* (Link.) Th. Fr.; *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.; *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber. Различий в видовом составе лишайниковых группировок на разных удалениях от отвалов (до 500 м) и в окрестностях разновозрастных терриконов не наблюдается. Отмечена смена доминантов в лишайносообществах различных биотопов, соответствующая таковой в антропогенно ненарушенных местообитаниях.

В результате изучения почвенной альгофлоры на отвалах фосфогипса установлено обитание не менее 32 видов почвенных водорослей следующего таксономического положения:

Отдел CYANOPHYTA, Класс CYANOPHYCEAE, ПОР. CHROOCOCCALES, Сем. Merismopediaceae: *Synechocystis salina* Wisl.; *Merismopedia* Meyen; *Microcystis* (*Aphanocapsa*) *pulverea* (Wood) Forti in De Toni; ПОР. OSCILLATORIALES, Сем. Phormidiaceae: *Phormidium dimorphum* Lemm; ПОР. NOSTOCALES, Сем. Microchaetaceae: *Tolypothrix* Kütz. ex Born. et Flah.; Сем. Nostocaceae: *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flah.; *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot; *Nostoc paludosum* Kütz.; Дополнение к классу CYANOPHYCEAE: Leptolyngbyoideae: *Leptolyngbya foveolarum* (Rabenh. ex Gom.) Anagnost. et Komárek; *Leptolyngbya tenuis* (Gom.) Anagnost. et Komárek; *Leptolyngbya molle* (Kütz.) Gom.;

Отдел XANTHOPHYTA, Класс XANTHOPHYCEAE, ПОР. MISCHOCOCCALES, Сем. Heterococcaceae: *Heterococcus* Chod.;

Отдел CHLOROPHYTA. Класс CHLOROPHYCEAE, ПОР. VOLVOCALES, Сем. Chlamydomonadaceae: *Chlamydomonas* Ehr.; *Chlamydomonas oblongella* Lund; Дополнение к сем. Chlamydomonadaceae: *Palmellopsis* Korsch.; ПОР. CHLOROCOCCALES, Сем. Chlorococcaceae: *Chlorococcum* Menegh.; *Tetracystis aggregata* Broun et Bold; ПОР. PROTOSIPHONALES, Сем. Chlorosarcinaceae: *Chlorosarcinopsis* Hernd.; Сем. Neosporangiococcaceae: *Neosporangiococcum* Deason; ПОР. SCENEDESMIALES, Сем. Bracteacoccaceae: *Bracteacoccus minor* (Chod.) Petrová; Сем. Oocystaceae: *Scotiellopsis rubescens* Vinatz.; Сем. Ankistrodesmaceae: *Keratococcus bicaudatus* (A. Braun) B. Petersen; Класс TREBOUXIOPHYCEAE, ПОР. MICROTHAMNIALES. Сем. Leptosiraceae: *Leptosira terricola* (Bristol) Printz; Сем. Microthamniaceae: *Microthamnion kuetzingianum* Näg.; ПОР. TREBOUXIALES, Сем. Myrmeciaceae: *Myrmecia bisecta* Reisigl; *Elliptochloris* Tschermak-Woess; ПОР. CHLORELLALES, Сем. Chlorellaceae: *Chlorella minutissima* Fott et Nováková; *Chlorella vulgaris* Beijr.; *Chlorella ellipsoidea* Gern; Сем. Stichococcaceae: *Stichococcus bacillaris* Näg.; ПОР. CHORICYSTIDALES, Сем. Choricystidaceae: *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott; Класс ULVOPHYCEAE, ПОР. CHAETOPELTIDALES, Дополнение к сем. Hormotiellopsidaceae: *Fernandinella alpina* Chod.

На всех категориях отвалов, кроме старовозрастных, преобладали представители отдела *Chlorophyta* (76,9–100%). Согласно литературным данным [12], именно они чаще всего являются первопоселенцами нарушенных почв и антропогенных безжизненных субстратов.

Смена состава водорослей фосфогипсовых субстратов происходит по схеме: *Elliptochloris* sp., *Chlorosarcinopsis* sp. (свежие отвалы) → *Palmellopsis* sp., *Fernandinella alpina*, *Microcystis pulvereae*, *Chlamydomonas oblongella* и *Myrmecia bisecta* (средневозрастные отвалы без растений) → *Keratococcus bicaudatus*, *Chlorella ellipsoidea* (средневозрастные отвалы со мхами) → *Chlamydomonas* sp., *Chlorococcum* sp., *Scotiellopsis rubescens*, *Merismopedia* sp., *Neosporangiococcum* sp., *Stichococcus bacillaris*, *Heterococcus* sp. (средневозрастные отвалы с травянистыми растениями и мхами) → *Leptosira terricola*, *Leptolyngbya molle*, *Leptolyngbya tenuis*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Microthamnion kuetzingianum*, *Tolypothrix* sp., *Phormidium dimorphum*, *Bracteacoccus minor*, *Nostoc paludosum*, *Nostoc punctiforme*, *Nostoc linckia* (старые отвалы).

На участках средневозрастных отвалов фосфогипса со мхами наблюдалось резкое уменьшение числа почвенных водорослей, что, возможно, обусловлено более низкой конкурентной способностью водорослей по сравнению с другими растениями, в том числе и мхами. Появление представителей отдела *Xanthophyta* на участках средневозрастных отвалов с растениями и на старовозрастных отвалах фосфогипса указывает на некоторое улучшение условий существования водорослей. На старых отвалах фосфогипса отмечено усложнение таксономической структуры водорослей, в основном за счет резкого увеличения доли сине-зеленых водорослей в составе альгогруппировок (47,6%).

Мохообразные отвалов и их ближайших окрестностей (до 500 м) характеризуются наличием 28 видов следующего таксономического состава: Отдел ANTHOCEROTOPHYTA, Класс ANTHOCEROTOPSIDA, ПОР. ANTHOCEROTALES, сем. Anthocerotaceae: *Anthoceros agrestis* Paton; *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk;

Отдел BRYOPHYTA. Класс HEPATICOPSIDA, Подкласс JUNGERMANNIIDAE, ПОР. METZGERIALES, сем. Pelliaceae: *Pellia epiphylla* (L.) Corda; сем. Blasiaceae: *Blasia pusilla* L.; сем. Aneuraceae: *Aneura pinguis* (L.) Dum; ПОР. JUNGERMANNIALES, сем. Geocalycaceae: *Lophocolea heterophylla* (Schrader) Dum.; сем. Cephaloziaceae: *Cephalozia connivens* (Dicks.) Lindb.; Подкласс MARCHANTIIDAE, ПОР. MARCHANTIALES, сем. Conocephalaceae: *Marchantia polymorpha* L.; Класс BRYOPSIDA, Подкласс BRYIDAE, ПОР. POLYTRICHALES, сем. Polytrichaceae: *Polytrichum juniperinum* Hedw.; *Polytrichum piliferum* Hedw.; ПОР. FUNARIALES, сем. Funariaceae: *Funaria hygrometrica* Hedw.; ПОР. POTTIALES, сем. Pottiaceae: *Tortula ruralis* Hedw.; ПОР. ORTHOTRIHALES, сем. Orthotrichaceae: *Orthotrichum striatum* Hedw.; *Orthotrichum affine* Brid.; ПОР. DICRANALES, сем. Ditrichaceae: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid.; сем. Dicranaceae: *Dicranum polysetum* Sw.; *Dicranum scoparium* Hedw.; *Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp.; ПОР. BRYALES, сем. Bryaceae: *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.; сем. Mniaceae: *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.Kop.; *Plagiomnium affine* (Bland.) T. Cop.; сем. Anomodontaceae: *Anomodon longifolius* (Brid.) Hartm.; сем. Amblystegiaceae: *Amblystegium serpens* (Hedw.) Shimp. in B.S.G.; *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loesche; сем. Brachytheciaceae: *Brachythecium albicans* (Hedw.) Shimp. in B.S.G.; сем. Plagiotheciaceae: *Plagiothecium laetum* Shimp. in B.S.G.; сем. Hypnaceae – Гипновые: *Hypnum cupressiforme* Hedw.; сем. Hylocomiaceae: *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Свежие отвалы характеризуются наличием только *Funaria hygrometrica*, *Ceratodon purpureus* и *Pohlia nutans*. На отвалах среднего возраста на поверхности фосфогипса также отмечены *Ceratodon purpureus* и *Pohlia nutans*, но они формируют уже плотный покров, частично стабилизирующий поверхность фосфогипса, что способствует его зарастанию длиннокорневищными травами. В местах, где покров из этих мхов нарушен, встречается *Dicranella heteromalla* и *Brachythecium albicans*.

На старых отвалах отмечено 9 видов мохообразных. 3 из них – печеночники, которые традиционно считаются наиболее примитивными по анатомическому строению и наиболее чувствительными к загрязнению окружающей среды: *Aneura pinguis*, *Blasia pusilla* и

Marchantia polymorpha. Интересной находкой на поверхности старого отвала является типичный лесной мох *Pleurozium schreberi* в островке растительности, сформированном вокруг нескольких берез.

В целом, с уменьшением возраста отвалов наблюдается снижение видового разнообразия бриофлоры, но в среднем на них обитает от 3 до 7 видов мохообразных, в том числе 3 печеночника. Печеночники встречаются достаточно массово у подножия отвалов и не испытывают значительного угнетения от присутствия фосфогипса. Вблизи отвалов отмечены *Aneura pinquis*, *Pellia epiphylla*, *Cephalozia connivens*, *Funaria hygrometrica*, не способные конкурировать с другими растениями в ненарушенных биотопах, что свидетельствует о неустойчивости обследованных растительных сообществ. По ценотической приуроченности среди зафиксированных мхов представлены напочвенные и эпифитные виды, характерные как для антропогенно нарушенных мест обитания, так и типично лесные мхи. Наиболее обильным мхом является *Ceratodon purpureus*. Его предшественником при завоевании субстратов (в том числе и в городских условиях) обычно является *Bryum argenteum*, не отмеченный в данных условиях. По-видимому, *Bryum argenteum* чувствителен к компонентам фосфогипса и может выступать индикаторным видом.

Изучение комплексов почвообитающих беспозвоночных показало, что свежие отвалы фосфогипса характеризуются отсутствием постоянных обитателей. На их поверхности иногда отмечаются передвигающиеся одиночные экземпляры пауков и жукелиц. В сухую солнечную погоду муравьи (*Lasius niger* Linnaeus) используют свежие отвалы фосфогипса для быстрого передвижения от одного участка вне отвалов к другому по близкой к прямолинейной траектории.

На средневозрастных отвалах собственно почвенные обитатели отсутствуют. На поверхности почвы в подстилке доминируют имаго жесткокрылых. Среди них преобладают жукелицы с массовым видом *Harpalus rufipes* Degeer и пилюльщики, встречаются тлевые коровки, долгоносики и пластинчатоусые жуки, довольно велика численность пауков, единично отмечены краснотелковые клещи.

На старых отвалах имеется тенденция увеличения видового разнообразия и численности почвообитающих беспозвоночных, но статистически значимые отличия отсутствуют. Они заселяют толщу почвы до глубины 5–10 см, не проникая в слой фосфогипса. Доминируют жесткокрылые (более 90% численности). Преобладают жукелицы с тем же массовым видом и щелкуны с доминантным видом *Agriotes lineatus* Linnaeus. В толще почвы, кроме щелкунов, встречаются личинки долгоносика *Otiorhynchus ovatus* Linnaeus, в небольшом количестве отмечены стафилиниды, встречаются пауки, численность которых, однако, меньше, чем на средневозрастных отвалах.

По сравнению с луговым фитоценозом на старых отвалах фосфогипса биоразнообразие и численность почвенных беспозвоночных значительно меньше. Отсутствуют дождевые черви и двукрылые, что свидетельствует о том, что комплексы почвообитающих беспозвоночных отвалов фосфогипса даже через 50 лет находятся на стадии формирования.

Значительно большим видовым разнообразием отличались жесткокрылые (Coleoptera) в биотопах, расположенных у подножия отвалов. Показано наличие не менее 69 видов следующих семейств: Сем. Carabidae: *Cicindela campestris* Linnaeus; *Cicindela hybrida* Linnaeus; *Calosoma auropunctatum* Herbst; *Calosoma investigator* Illiger; *Carabus granulatus* Linnaeus; *Broscus cephalotes* Linnaeus; *Asaphidion flavipes* Linnaeus; *Bembidion andreae polonicum* Müller; *Bembidion lampros* Herbst; *Bembidion properans* Stephens; *Poecilus cupreus* Linnaeus; *Poecilus lepidus* Leske; *Poecilus versicolor* Sturm; *Pterostichus melanarius* Illiger; *Pterostichus niger* Schaller; *Pterostichus oblongopunctatus* Fabricius; *Pterostichus quadrioveolatus* Letzner; *Pterostichus vernalis* Panzer; *Calathus ambiguus* Paykull; *Calathus erratus* Sahlberg; *Calathus fuscipes* Goeze; *Calathus micropterus* Duftschmid; *Amara aenea* DeGeer; *Amara brunnea* Gyllenhal; *Amara communis* Panzer; *Curtonotus aulicus* Panzer; *Harpalus rubripes* Duftschmid; *Harpalus rufipes* DeGeer; *Harpalus tardus* Panzer; Сем. Silphidae: *Nicrophorus vespillo* Linnaeus; *Silpha carinata* Herbst; *Silpha obscura* Linnaeus; Сем. Staphylinidae: *Atheta flavipes* Gravenhorst;

Drusilla canaliculata Fabricius; Сем. Scarabaeidae: *Onthophagus ovatus* Linnaeus; *Aphodius niger* Panzer; *Rhyssalus germanus* Linnaeus; *Phyllopertha horticola* Linnaeus; Сем. Limnichidae: *Limnichus sericeus* Duftschmid, 1825; Сем. Elateridae: *Agrypnus murinus* Linnaeus; *Prosternon tesellatum* Linnaeus; *Selatosomus aeneus* Linnaeus; *Agriotes lineatus* Linnaeus; *Agriotes obscurus* Linnaeus; *Agriotes sputator* Linnaeus; Сем. Buprestidae: *Ovalisia decipiens* Gebler; Сем. Byrrhidae: *Morychus aeneus* Fabricius; *Lamprobyrrhulus nitidus* Schaller; *Byrrhus fasciatus* Forster; *Byrrhus pilula* Linnaeus; Сем. Dermestidae: *Dermestes lanarius* Illiger; Сем. Trogossitidae: *Ostoma ferruginea* Linnaeus; Сем. Coccinellidae: *Coccinella septempunctata* Linnaeus; Сем. Anthicidae: *Notoxus monoceros* Linnaeus; Сем. Tenebrionidae: *Opatrum sabulosum* Linnaeus; *Crypticus quisquilius* Linnaeus; Сем. Chrysomelidae: *Oulema melanopus* Linnaeus; *Cassida nebulosa* Linnaeus; *Cassida viridis* Linnaeus; Сем. Curculionidae: *Otiorhynchus ovatus* Linnaeus; *Otiorhynchus raucus* Fabricius; *Otiorhynchus tristis* Scopoli; *Trachyploeus bifoveolatus* Beck; *Phyllobius argentatus* Linnaeus; *Phyllobius pyri* Linnaeus; *Chlorophanus viridis* Linnaeus; *Sitona lineatus* Linnaeus; *Ceutorhynchus punctiger* Sahlberg; *Hypera arator* Linnaeus.

Сообщество жесткокрылых, обитающих вблизи отвалов фосфогипса, также находится на стадии формирования, с преобладающими видами из родов *Harpalus* и *Otiorhynchus*. В сообществе жесткокрылых наблюдается доминирование луговых и полевых мезоксерофильных и мезофильных зоофагов и фитофагов. Вблизи отвалов формируется сообщество жесткокрылых, практически целиком сложенное из экологически пластичных видов-эврибионтов, способных обитать в самых неблагоприятных условиях окружающей среды. Это в значительной степени обедняет фауну. Кроме того, данное сообщество является своеобразным резерватом потенциальных вредителей сельскохозяйственных и цветочно-декоративных культур.

Выводы

В изученных условиях отмечено 28 видов лишайников, 32 вида почвенных водорослей, 28 видов мохообразных и 69 видов жесткокрылых. Изучены особенности заселения фосфогипса как специфического субстрата данными группами организмов.

В ряду «свежие отвалы – отвалы среднего возраста – старые отвалы – прилегающие биотопы» происходит постепенное увеличение видового разнообразия всех изученных групп организмов. Сообщества споровых растений и почвообитающих беспозвоночных на поверхности отвалов фосфогипса и в биотопах около них еще значительный промежуток времени будут находиться в стадии становления и могут являться, с одной стороны, резерватом вредителей сельскохозяйственных культур и инвазивных видов растений, с другой – местом с относительно благоприятными условиями для неконкурентоспособных видов (например, достаточно редких печеночников).

Литература

1. Коцур, В.В. Прогноз миграции загрязнения в подземных водах на участке отвалов фосфогипса / В.В. Коцур // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2003. – № 5(20). – С. 115–123.
2. Гусев, А.П. Первичная сукцессия на отвалах фосфогипса (Гомельский химический завод, Белоруссия) / А.П. Гусев // Экология. – 2006. – № 3. – С. 232–235.
3. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология / Т.Е. Гридэл, Б.Р. Алленби / пер. с англ. – М. : Юнити-дана, 2004. – 527 с.
4. Бязров, Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л.Г. Бязров. – М. : Научный мир, 2002. – 336 с.
5. Голлербах, М.М. Почвенные водоросли / М.М. Голлербах, Э.А. Штина. – М. : Наука, 1969. – 228 с.
6. Рыковский, Г.Ф. Флора Беларуси. Мохообразные : в 2 т. Т. 1. Andreaeopsida – Bryopsida / Г.Ф. Рыковский, О.М. Масловский. – Минск : Тэхналогія, 2004. – 437 с.
7. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю.Б. Бызова [и др.] ; под ред. М.С. Гилярова, Б.Р. Стригановой. – М. : Наука, 1987. – 288 с.

8. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / І.Ю. Костіков та інш. – Київ : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
9. Каталог жесткокрылых (Coleoptera, Insecta) Беларуси / О.Р. Александрович и др. – Минск : ФФИ РБ. – 1996. – 103 с.
10. Fauna Europaea [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.faunaeur.org>. – Дата доступа : 15.03.2009.
11. Esslinger, T.L. A cumulative checklist for the lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of the continental United States and Canada [Electronic resource] / T.L. Esslinger. – Fargo, North Dakota : North Dakota State University, 2011. – Mode of access : <http://www.ndsu.edu/pubweb/~esslinge/chcklst/chcklst7-15.htm>. – Date of access : 08.11.2011.
12. Штина, Э.А. Почвенные водоросли как пионеры зарастания техногенных субстратов и индикаторы состояния нарушенных земель / Э.А. Штина // Журнал общей биологии. – 1985. – Т. XLVI, № 4. – С. 435–443.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступило 15.05.12