

2. Glazovskiy N. F. *Sotsialnoe, ekonomicheskoe i ekologicheskoe znachenie selskogo khozyaystva i selskikh territoriy: zarubezhnyy opyt i problemy Rossii* [Social, economic and environmental importance of agriculture and rural areas: international experience and problems of Russia], Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2005, pp. 48–63.
3. Dugin P. I., Mertens G. D., Mertens V. L. *Problemy stanovleniya i razvitiya novykh form khozyaystvovaniya na sele* [Problems of formation and development of new forms of agricultural management], Yaroslavl, Yaroslavl State Academy of Agriculture Publ. House, 2004. 261 p.
4. Yefremenko A. V. *Krestyanskaya kooperatsiya v Rossii* [Peasant cooperation in Russia], Yaroslavl, 2001. 158 p.
5. Kozenko Z. N., Roachev A. F. *Optimizatsiya struktury posevnykh ploshchadey dlya KFKh* [Optimization of the structure of sown areas for KFH], Volgograd, Preprint Publ., 2001. 40 p.
6. Kolbovskiy Ye. Yu. *Istoriya i ekologiya landshaftov Yaroslavskogo Povolzhya* [History and landscape ecology of Yaroslavl Volga region], Yaroslavl, Yaroslavl State Pedagogical Institute named after K.D. Ushinsky Publ. House, 1993. 113p.
7. Komov N. V., Rodin A. Z. *Zemelnye otnosheniya i zemleustroystvo v Rossii* [Land relations and land management in Russia], Moscow, Russlit Publ., 1995. 512 p.
8. Kryuchkov V. G. *Territorialnaya organizatsiya selskogo khozyaystva* [Territorial organization of agriculture], Moscow, Mysl Publ., 1978. 286 p.
9. Kulakov A.V., Mongaleva K. *Vidy kooperatsii KFKh Yaroslavskoy oblasti* [Types of cooperation KFH of Yaroslavl region]. *Yevropeyskiy issledovatel* [European Researcher], 2011, no. 8, pp. 1226–1230.
10. Kulakov A. V., Mongaleva K. S. *Kooperatsiya i strukturnye svyazi fermerskikh khozyaystv Yaroslavskoy oblasti* [Cooperation and structural relationships private farms of Yaroslavl region]. *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik* [Yaroslavl Pedagogical Bulletin], 2011, no. 2, pp. 128–132.
11. Mongaleva K. S. *Lichnye podsobnye khozyaystva Yaroslavskoy oblasti : sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya* [Private households Yaroslavl region: current state and prospects of development]. *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences], 2011, no. 4, pp. 350–353.
12. *Rossiyskaya Federatsiya. Zakony Federal'nyy zakon № 112-FZ «O lichnom podsobnom khozyaystve» ot 7 iyulya 2003 goda* [Russian Federation. On the personal subsidiary plots from July 7, 2003. Federal Law № 112-FZ]. Adopted by the State Duma June 21 2003, approved by Federation Council June 21 2003, amended on 22, July 23, December 30, 2008, July 21, 2011. Moscow, 2003.
13. *Selskokhozyaystvennaya deyatel'nost krestyanskikh (fermerskikh) khozyaystv Yaroslavskoy oblasti* [Agricultural activities of peasant (private) farms of Yaroslavl region]. *Territorialnyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Yaroslavskoy oblasti* [Territorial body of the Federal State Statistics Service in Yaroslavl region], Yaroslavl, 2010. 36 p.
14. *Selskokhozyaystvennaya deyatel'nost khozyaystv naseleniya v Rossii* [Agricultural activity of households in Russia]. *Gosudarstvennyy komitet Rossiyskoy Federatsii po statistike* [Russian Federation State Committee on Statistics], Moscow, 1999. 356 p.
15. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* [Federal State Statistics Service]. Available at : <http://www.gks.ru/>.

СОРЫ КАК ХРАНИЛИЩЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕРЫ

Пищулов Сергей Андреевич, аспирант

Институт географии Российской Академии наук
119017, Российская Федерация, г. Москва, Старомонетный переулок, 29
E-mail: s-pishchulov@mail.ru

В районе Астраханского газового комплекса (АГК) на одноименном газоконденсатном месторождении (АГКМ) соровые понижения предполагается использовать в качестве естественных хранилищ элементной серы (вторичного продукта предприятия), попутно извлекаемой из газоконденсата. Статья содержит оценку характера воздействия серных карт АГК на морфолитолиз в соровых понижениях первично-морского образования в случае хранения в них S°. Работ по комплексному изучению отклика данного элемента ландшафта на техногенное воздействие не проводилось. Важно понять последствия такого использования

соровых понижений для состояния окружающей среды. Экологическая безопасность серохранилищ и сохранение потребительских свойств элементной серы зависит не только от технологии и химических свойств продукта, но и от природных условий (температурный режим, количество осадков, испаряемость и т.д.).

По результатам микробиологических и геохимических исследований выявлено, что такое хранение уменьшает аварийный риск возможного возникновения пожаров и диверсионных актов в пределах стратегического режимного объекта в связи с пожароопасностью S°. Более того, серный склад в котловине Сарысор не увеличивает массу и не расширяет спектр загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при том же объеме производства S°.

Ключевые слова: сера, хранение, сор, воздействие, морфолитогенез, изменения

SHORE AS A STORE OF ELEMENTAL SULFUR

Pishchulov Sergey A.

Post-graduate student

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

29 Staromonetny per., 119017, Moscow, Russian Federation

E-mail: s-pishchulov@mail.ru

In the district of Astrakhan gas complex (AGC) on the same gas-condensate field (AGCF) of the shores to be used as natural storage of elemental sulfur (a secondary product of the enterprise), simultaneously extracted from the gas condensate. The article contains an assessment of the nature of the impact of the sulfur blocks of the Astrakhan gas complex on the morpholitegenesis in the shores of the primary marine origin in the case of storage of sulfur in them. Works on the comprehensive study of the response of a given element in the landscape of technological impact was conducted. It is important to understand the consequences of such use shores for the environment. Environmental safety storage of sulfur and preservation of consumer properties of elemental sulfur depends not only on the technology and chemical properties of the product, but also on the environmental conditions (temperature, rainfall, evaporation, etc.).

According to the results of the microbiological and chemical research revealed that such storage reduces the emergency risk of possible occurrence of fires and acts of sabotage within the strategic special object in connection with the fire danger of sulfur. Moreover, sulfur warehouse in a hollow Sarysor does not increase the weight and do not expands the range of pollutants emitted into the atmosphere during the production of sulfur.

Keywords: sulfur, storage, shore, impact, morpholitegenesis, changes

В настоящее время единственным методом хранения элементной серы (S°) является её наземное размещение в блоках на бетонированных площадках – серных картах. Такой способ хранения применяется как в России на Астраханском газовом комплексе (АГК, на одноименном газоконденсатном месторождении), так и за рубежом – в Казахстане, Канаде, Мексике, Нидерландах, Польше, США и в других странах [1, 4, 8, 13–15].

Однако открытое складирование элементной серы порождает множество проблем, среди которых выделяется основная – риск загрязнения компонентов природной среды вблизи складов и вдоль транспортных магистралей, по которым перевозится комовая сера. Такому риску подвержены атмосферный воздух, почвы, подземные и поверхностные воды, рыхлые отложения. При этом экологическая безопасность складов и сохранение потребительских свойств серы на весь срок временной ее консервации зависит не только от технологии извлечения, хранения и химических свойств продукта, но в первую очередь от природных условий территории (солнечная радиация, темпе-

ратурный режим, количество осадков, испаряемость, наличие сульфатредуцирующих бактерий и т.д.).

На Тенгизском нефтяном месторождении опытным путем выявлено 5 типов воздействия серных хранилищ на окружающую среду (рис. 1) [4].

Первый тип представляет собой микробиологическое окисление серы с формированием серной кислоты. Под воздействием атмосферных осадков образуются большие объемы кислых вод. Это связано с тем, что существующие бетонные покрытия серных карт разрушаются сульфатной коррозией бетона. При исправной системе сбора осадков с площадок негативное кислотное воздействие на окружающую среду будет минимальным.

Второй тип – сублимация и дефляция блоков элементной серы. Сублимированная сера частично может окислиться до диоксида серы, а другая часть агрегироваться с образованием аэрозолей. Тонкодисперсная пыль, образующаяся также и при перемещении серы, влияет как на здоровье людей (при достижении и превышении уровня ПДК_{с.с.} 6 мг/м³), так и на состояние морфолитосистемы и грунтовых вод. Известно, что 60–90 кг серы на гектар земли в год может благотворно влиять на рост растений, а большее ее количество угнетающе действует на биоту [4]. Таким образом, возникает необходимость количественной оценки пылеобразования на серных картах.

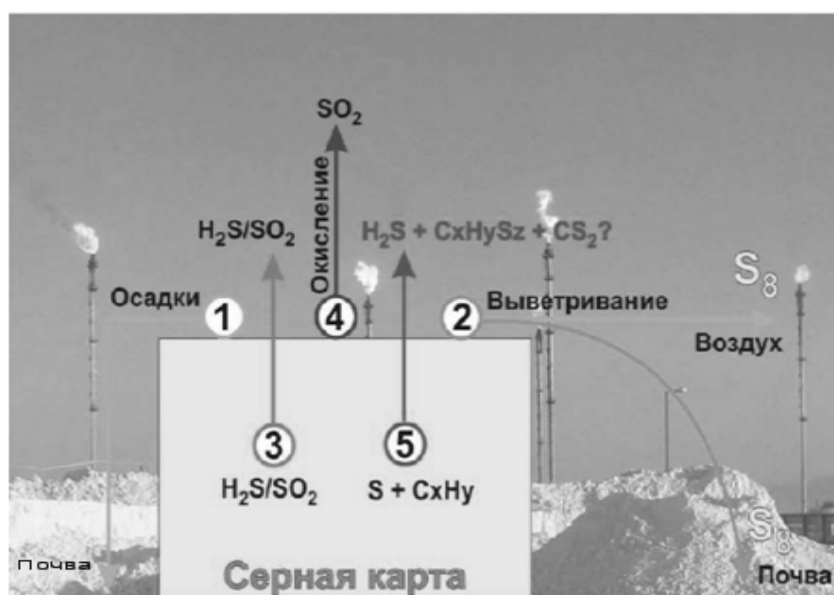


Рис. 1. Возможные пути воздействия открытого блочного хранения серы на окружающую среду (по [1])

Третий тип – отходящие газы: сероводород (H_2S) или диоксид серы (SO_2). Они связаны с технологией получения серы: окисление воздуха сероводорода, который всегда присутствует в расплавленной сере в виде полисульфида водорода. Не исключено и остаточное содержание в сере SO_2 .

Четвертый тип – окисление серы на поверхности карт под воздействием внешних факторов (например, ультрафиолетового излучения и др.). Теоретически могут возникнуть условия для окисления серы с образованием SO_2 .

Пятый тип – взаимодействие углеводородов с S^0 с образованием серосодержащих органических веществ. Сера может содержать некоторое количество углеводородов за счет адсорбции из атмосферы. Источником углеводородов может быть и само перерабатывающее газоконденсат и нефть производство.

Для Астраханского газового комплекса нами предложен оригинальный способ хранения элементной серы – в пределах соровых понижений или соров.

Соры – бессточные понижения различного генезиса [2, 6–7, 10–12]. В данном случае – это первично-морские образования, подвергшиеся эоловому воздействию, в пределах которых временно возникают пересыхающие водоемы, и происходит активное засоление рыхлых отложений и образование соровых солончаков с ярко выраженным солончаковым горизонтом.

Выбор способа хранения связан как с широким распространением соров в Северо-Западном Прикаспии, так и предопределен геоморфологическими, гидрогеологическими, ландшафтно-геохимическими условиями в зоне функционирования АГК.

Цель работы – оценить характер воздействия серных карт АГК на морфолитогенез в соровых понижениях в случае хранения в них S^0 .

По результатам наших микробиологических и геохимических исследований, на территории Астраханского газоперерабатывающего завода (АГПЗ) установлено: а) на существующих серных складах элементная сера практически не подвергается химическому и микробиологическому выветриванию, б) закисление почв территорий связано как с разливами серы, так и с кислыми осадками, образующимися при выбросах из высоких и низких труб АГПЗ, а также при дегазации серы.

Можно считать: элементная сера длительное время сохранит потребительские свойства и не окажет негативного воздействия закислением почв и рыхлых отложений прилегающих территорий при соблюдении технологии обращения с ней в условиях аридного климата полупустынь. Экологически безопасное хранение серы будет обеспечено при ее складировании за пределами промышленной площадки – вне зоны основного воздействия АГПЗ.

Одно из предполагаемых мест такого складирования – озеро Сарысор, расположенное в 7 км от АГПЗ. Его площадь составляет приблизительно 3000000 м², средняя глубина – 1,7 м, объем котловины – 5500000 м³ (рис. 2). Впадина представлена двумя субширотными продолговатыми понижениями неправильной формы и приурочена к равнинному рельефу эоловых холмов.



Рис. 2. Озеро Сарысор (снимок – Google-Maps)

Борта котловины – субгоризонтальные террасовидные поверхности с уклоном $2-3^{\circ}$ в сторону дна. На западном борту две террасовидные поверхности, располагающиеся на различных гипсометрических уровнях и разделённые склоном малой крутизны ($3-5^{\circ}$). В месте их сочленения рельеф осложнен вытянутыми западинами с уклонами склонов $10-15^{\circ}$. Днище котловины осложнено небольшими эоловыми холмами длиной 4–5 м и высотой 0,–0,5 м. Самая глубокая его часть заполнена водой.

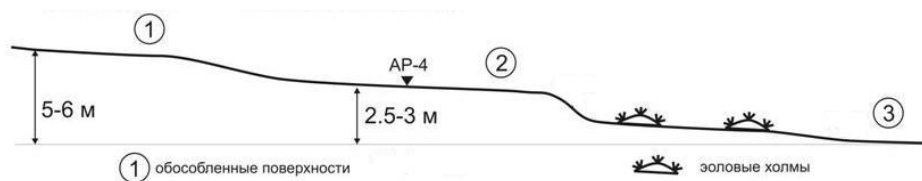


Рис. 3. Профиль через западный борт котловины озера Сарысор

Предлагаемая нами технология хранения элементной серы состоит в следующем:

1. Жидкая сера поступает через серопровод в подготовленное к хранению соровое понижение;
2. Режим заполнения понижения определяется производительностью установок по производству элементной серы и потребительским спросом на нее;

3. После окончательного заполнения понижения и остывания блок серы может храниться открытым способом или может быть перекрыт изолирующим слоем грунта (например, материал, полученный в процессе планировки склонов). Планировка грунта не должна затрагивать днища котловины, где расположено солёное озеро. Условия залегания пород, слагающих зону аэрации на склонах, должны по возможности сохраняться.

В качестве изолирующего слоя может быть использован грунт, соответствующий по своим фильтрационным свойствам материалу непроницаемых экранов, применяемых на полигонах ТБО (в естественном состоянии с коэффициентом фильтрации не более 10^{-5} см/с ($0,0086$ м/сут) и толщиной не менее $0,5$ м) [5]. Возможно и создание искусственного противифльтрационного экрана из слоя грунта (коэффициент фильтрации 10^{-8} – 10^{-7} см/с, толщина $0,3$ – $0,4$ м). В этом случае подземные воды будут защищены от попадания в них веществ, являющихся продуктами окисления элементной серы. В данном случае подходят грунты глинистого или тяжелосуглинистого состава, которые характеризуются низкой водопроницаемостью, высокой водоудерживающей и водоподъёмной (3 – 6 м) способностью [9]. В качестве дополнительного кислотного экрана склоны и днище котловины рекомендуется покрыть слоем карбонатных пород (галька, гравий, щебень известняка или мергеля).

Размещение серы в соровом понижении после выполнения указанных работ в отличие от существующего открытого способа ее хранения позволит:

- уменьшить ее микробиологическое окисление за счет контакта с влажным изолирующим слоем, содержащим высокую концентрацию солей;
- локализовать только в пределах сорового понижения негативное воздействие продуктов окисления серы;
- нейтрализовать негативное воздействие продуктов окисления серы, разместив под изолирующим слоем прослой известняка, при взаимодействии с которым кислота нейтрализуется, а сульфаты переходят в экологически безвредную соль – гипс (CaSO_4);
- сократить площадь взаимодействия элементной серы с атмосферой для уменьшения ее окисления.

С другой стороны, организация хранилища в бессточной котловине Сарысор может способствовать перераспределению поверхностного и грунтового стока на территории водосбора и в самой котловине, а также изменению состава грунтовых вод за счет поступления в них продуктов окисления серы. Подтягивание сильно минерализованных хлоридно-сульфатных грунтовых вод к поверхности может повлечь за собой засоление территории.

Существенным источником загрязнения грунтовых вод являются и продукты дегазации серы при ее остывании.

Изолирующий слой тяжелых суглинков и глин обеспечит подъем сильно минерализованных вод со дна до краев котловины и удержание раствора. Низкая водопроницаемость изолирующего слоя предотвратит поступление продуктов дегазации серы, ее трансформации и попадания в грунтовые воды.

В структуре землепользования соровые понижения относятся к бросовым землям. С точки зрения рационального хозяйства, использование сорового понижения в качестве хранилищ элементной серы никак не отразится на нем.

Серный склад в котловине Сарысор не увеличит массу и не расширит спектр загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при том же объеме производства S^0 . Произойдет смещение источника выбросов на 7 км –

на подветренную территорию, что снизит уровень выпадения вредных веществ в рабочей зоне АГПЗ. Однако возрастет риск загрязнения территории в районе поселка Комсомольский, располагающегося в 5,5 км – с подветренной, западной стороны от озера Сарысор.

В случае использования соровых понижений под хозяйственные нужды потребуются рекультивационные мероприятия. Они будут во многом зависеть от предполагаемого типа землепользования, а также от изменения климата и состояния других природных факторов к тому моменту.

Следует учесть и антропогенные изменения, так как в пределах сорового понижения Сарысор изменится характер литогенеза, геохимические и гидрогеологические условия, что может сказаться на дальнейшем развитии данной формы рельефа.

В итоге, представляется рациональным использование соровых понижений первично-морского образования, подвергшихся эоловому воздействию, в санитарно-защитной зоне АГК в качестве хранилищ серы. Таким образом, уменьшается аварийный риск возможного возникновения пожаров и диверсионных актов в пределах стратегического режимного объекта в связи с пожароопасностью S°.

Список литературы

1. Богданов Н. А. Рельеф и химическое загрязнение территорий / Н. А. Богданов // Отечественная геоморфология: прошлое, настоящее, будущее : тез. докл. XXVIII Пленума геоморфологической комиссии Российской Академии наук. СПб., 15-20 сентября 2008 г. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет, 2008. – С. 105–106.
2. Генезис и классификация полупустынных почв / отв. ред. Е. Н. Иванова. – Москва : Наука, 1966. – 235 с.
3. Димо Н. А. Грунты, почвы и характер почвообразовательных процессов / Н. А. Димо // Отчет по почвенным исследованиям в районе восточной части «Голодной степи» Самаркандской области. – Санкт-Петербург : Ю. Мансфельд, 1910. – 131 с.
4. Ергожин Е. Е. Оценка эмиссий вредных веществ с серных карт Тенгизского нефтяного месторождения / Е. Е. Ергожин. – Алматы, 2007. – 142 с.
5. Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов твёрдых бытовых отходов. – Москва, 1996.
6. Ковда В. А. Геохимия пустынь СССР / В. А. Ковда. – Москва : Академия наук СССР, 1954. – 93 с.
7. Коржинский Д. С. Происхождение мелкосопочника и озер Киргизской степи. – Москва : Природа, 1929. – С. 7–8.
8. Морозова Л. Н. Проект разработки экономически эффективного и экологически безопасного способа хранения серы / Л. Н. Морозова и др. – Москва : Эколого-Аналитический центр-М, 2009. – 135 с.
9. Почвоведение. Часть 2. Типы почв, их география использование / под ред. В. А. Ковда, Б. Г. Розанова. – Москва : Высшая школа, 1988. – 311 с.
10. Рычагов Г. И. Общая геоморфология / Г. И. Рычагов. – Москва : Московский государственный университет, 2006. – 416 с.
11. Рычагов Г. И. Труды Прикаспийской экспедиции. Геоморфология западной части Прикаспийской низменности / Г. И. Рычагов, М.В. Карандеева. – Москва : Московский государственный университет, 1958. – 240 с.
12. Щукин И. С. Общая геоморфология / И. С. Щукин. – Москва : Московский государственный университет, 1974. – 382 с.
13. Canadian Oil Sands Trust // Annual Report. – 2003. – no. 82
14. Canadian Oil Sands Trust // Annual Report. – 2004. – no. 81.
15. Pisz J. Mc. Science Thesis / J. Mc. Pisz // Department of Soil Science. – 2008. – no. 99.

References

1. Bogdanov N. A. Relief i khimicheskoe zagryaznenie territoriy [Relief and chemical contamination of land]. *Otechestvennaya geomorfologiya: proshloe, nastoyashchee, budushchee : XXVIII Plenum geomorfologicheskoy komissii Rossiyskoy Akademii nauk. Tez. dokl.* [Patriotic Geomorphology: Past, Present, Future : XXVIIIth of the Plenum of the geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences. Abstracts], Saint Petersburg, Saint Petersburg State University Publ., 2008, pp. 105–106.
2. Ivanova Ye. N. (ex. ed.) *Genezis i klassifikatsiya polupustynnykh pochv* [Genesis and classification semideserted soils], Moscow, Nauka Publ., 1966. 235 p.
3. Dima N. A. Grunty, pochvy i kharakter pochvoobrazovatelnykh protsessov [Grounds, soil and nature of the soil-forming processes]. *Otchet po pochvennym issledovaniyam v rayone vostochnoy chasti «Golodnoy stepi» Samarkandskoy oblasti* [Proceedings on soil research in the eastern part of the "Hungry Steppe" Samarkand], Saint Petersburg, J. Mansfeld Pub., 1910. 131 p.
4. Yergozhin Ye. Ye. *Otsenka emissiy vrednykh veshchestv s sernykh kart Tengizskogo neftyanogo mestorozhdeniya* [Evaluation of emissions of harmful substances with sulfur pads of Tengiz oil field], Almaty, 2007. 142 p.
5. *Instruktsii po proektirovaniyu, ekspluatatsii i rekultivatsii poligonov tverdykh bytovykh otkhodov* [Instructions for the design, operation, and reclamation of solid waste landfills], Moscow, 1996.
6. Kovda V. A. *Geokhimiya pustyn SSSR* [Geochemistry of the deserts of the USSR], Moscow, 1996.
7. Korzhinskiy D. S. *Proiskhozhdenie melkosopochnika i ozer Kirgizskoy stepi* [The origin of the lakes and low hills of Kirghiz steppes], Moscow, Priroda Publ., 1929, pp. 7–8.
8. Morozova L. N. et al. *Proekt razrabotki ekonomicheskii effektivnogo i ekologicheskii bezopasnogo sposoba khraneniya sery* [The project is the development of cost-effective and environmentally safe way of storing sulfur], Moscow, SPE Environmental and Analytical Center-M, 2009. 135 p.
9. Kovda V. A., Rozanova B. G. (ed.) *Pochvovedenie. Chast 2. Tipy pochv, ikh geografiya ispolzovanie* [Soil Science. Part 2. Soil types and their use of geography], Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1988, 311 p.
10. Rychagov G. I. *Obshchaya geomorfologiya* [General geomorphology], Moscow, Moscow State University Publ., 2006. 416 p.
11. Rychagov G. I., Karandeeva M.V. *Trudy Prikaspiyskoy ekspeditsii. Geomorfologiya zapadnoy chasti Prikaspiyskoy nizmennosti* [Proceedings of the Caspian expedition. Geomorphology of the western part of the Caspian depression], Moscow, Moscow State University Publ., 1958. 240 p.
12. Shchukin I. S. *Obshchaya geomorfologiya* [General geomorphology], Moscow, Moscow State University Publ., 1974. 382 p.
13. Canadian Oil Sands Trust. *Annual Report*, 2003, no. 82.
14. Canadian Oil Sands Trust. *Annual Report*, 2004, no. 81.
15. Pisz J. Mc. *Science Thesis. Department of Soil Science*, 2008, no. 99.