

База данных для создания геотехнической ГИС г. Кишинева

Резюме

В статье обсуждается методика создания базы данных геотехнической информации г. Кишинева. Предлагаемая база данных может быть использована для создания ГИС, которая позволит оперативно получать необходимую информацию для целей обоснования проектных работ в строительстве и планирования развития территории города. Приводится актуальное состояние базы данных, ее структура и примеры использования для инженерно-геологических работ. Построенные специальные карты обладают достаточной степенью детальности для принятия проектных решений на стадии ТЭО. Используя методы аппроксимации и геостатистики возможно создание региональной таблицы свойств пород в пределах однородных инженерно-геологических районов.

Abstract

The methodic of geotechnical database creation for Kishinev city is discussed. The proposed database can be used for the integrating GIS development for the operative utilization of the geological information by the project development for the construction and sustainable development of urban territory. The actual status, structure, and examples of engineering geology work are presented. The engineering geology maps have sufficient standard condition for the decision making by construction project in the urban environment. The geostatistical and correlation methods can be used for the creation of regional tables of geotechnical soil properties within the limits of homogenous engineering geology regions.

Введение

Стадии инженерно-геологических работ в пределах городских территорий можно разделить на три основные категории: планирование; обоснование проекта (ТЭО); специальные инженерно-геологические работы под конкретные объекты. В период 2002 – 2004 годы были выполнены работы по сейсмическому микрорайонированию города Кишинева. В рамках этого проекта была создана база данных геологической информации для кондиций масштаба 1:10000, в которую было включено более 2600 скважин [1]. На этом материале были построены специальные инженерно-геологические карты и карта сейсмического микрорайонирования, которые использовались для разработки генерального плана развития города.

Создание баз данных геотехнической информации является одним из требований нормативных документов Евросоюза (Eurocode 7), что актуально и для Республики Молдова. Реализация такого проекта возможна для территории г. Кишинева, где имеется большой объем геологической информации.

* Главное Архитектурное Управление по градостроительству и земельным отношениям г. Кишинева

Оценка геологических условий территории в настоящее время невозможна без геоинформационных технологий [2,3]. Технологии ГИС широко используются для инженерно-геологического картирования, планирования развития территорий, прогноза опасных природных процессов, оценки различных рисков [3-7]. Все подобные работы основываются на системе управления базами данных геологической информации, которые позволяют получать новую информацию путем моделирования свойств горных пород [8-10].

Полноценная ГИС должна включать четыре основных компонента: ввод информации (табличный набор, сканирование картографического материала, дистанционные методы); хранение, оперативное использование и пополнение данных; обработка и моделирование полей геологических параметров; представление информации (карты, таблицы или отчеты). Наиболее мощными пакетами в этой области являются продукты фирмы ESRI. Использование этих технологий позволяет не только отражать имеющиеся данные в виде карт и различных полей свойств, но и проводить анализ данных, моделирование геологических полей во времени и пространстве, получать новую информацию. Предлагаемая база данных ориентирована на использование программных продуктов ESRI, которые полностью соответствуют поставленным задачам. Важным аспектом оперативного использования информации является доступ через Интернет, что обеспечивается возможностями ArcIMS [11,12].

Целью работы является описание методики создания геотехнической базы данных г. Кишинева и демонстрация возможностей ее использования для проектирования и инженерно-геологических работ. Рассматриваемая база данных является продолжением обобщения инженерно-геологической информации до кондиций более крупного масштаба. Результатом этих работ должно стать создание интегрированной ГИС для информационного обеспечения при обосновании проектов строительства конкретных объектов и планирования устойчивого развития территории города.

1. Методика работ

Инженерно-геологические отчеты обобщались по районам города. Территория города была условно разбита на десять районов с учетом геоморфологических и геологических условий. Каждому району было присвоено название, близкое к административному делению: Aeroport, Botanica, Bousani, Budesti, Secani, Centru, Petricani, Posta Veche, Riscani, TV Centru. В первую очередь был обследован район "Centru", как наиболее изученный. Информация для включения в базу данных готовилась в специальных таблицах формата EXCEL. Для исключения ошибок проверка данных выполнялась с использованием программы Calculate, разработанной специально для структуры этих таблиц. Затем информация вносилась в базу данных Geotech.

Структура базы данных представлена на рис. 1 и включает общую информацию по скважине (координаты, глубина, уровень грунтовых вод, абсолютная отметка, тип просадочности и др.), а также ее паспорт с описанием разреза, литологии пород, возраста, физико-механических свойств.

Для построения карт использовалась программа ArcGIS 9.3, которая поддерживает несколько видов работы с информацией:

- создание пространственных баз данных в контексте общей модели данных ГИС (векторные объекты, растры, топология, сети и т.д.);
- набор интеллектуальных карт, которые показывают пространственные объекты и отношения между ними на земной поверхности;
- набор инструментов геообработки для получения новых наборов географических данных из существующих наборов данных.

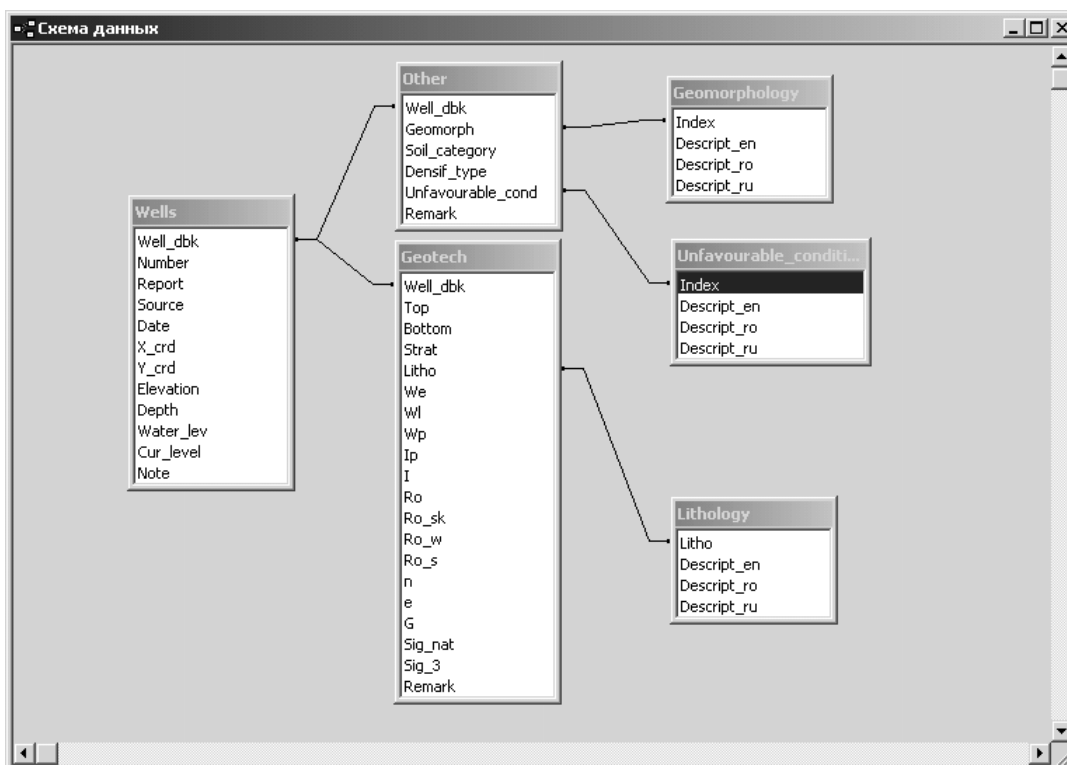


Рис. 1. Структура базы данных инженерно-геологической информации.

ArcGIS может использоваться как “окно” в базу данных при помощи специальных скриптов (hotlink) для поддержки запросов, анализа и редактирования информации. База данных Geotech может извлекать информацию в виде окна на трех языках (рис. 2), где содержатся подробные данные по каждой скважине.

2. Результаты

Границы выделенных районов, их изученность по годам и по площади представлены на карте фактического материала (рис. 3) и в таблице 1. В настоящее время (1 ноября 2008) в базе данных собрано более 8 тыс. скважин. Их распределение по площади имеет неравномерный характер. Инженерно-геологические условия районов плановой застройки изучены лучше. Парки и районы частной застройки - менее детально. Данный фактический материал может использоваться для моделирования полей геологических параметров, а также для создания региональной таблицы свойств грунтов.

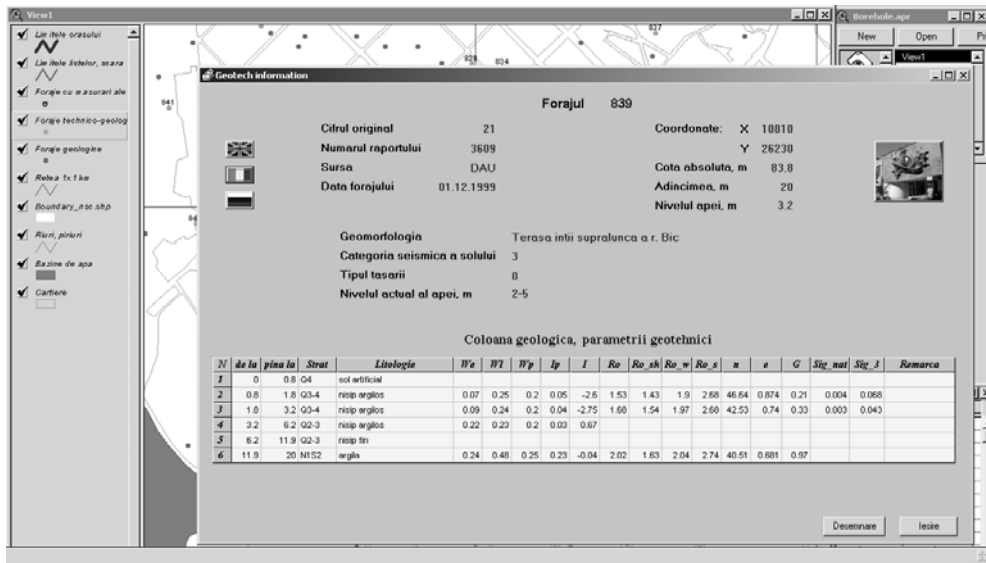


Рис. 2. Окно программы Geotech для работы с базой данных

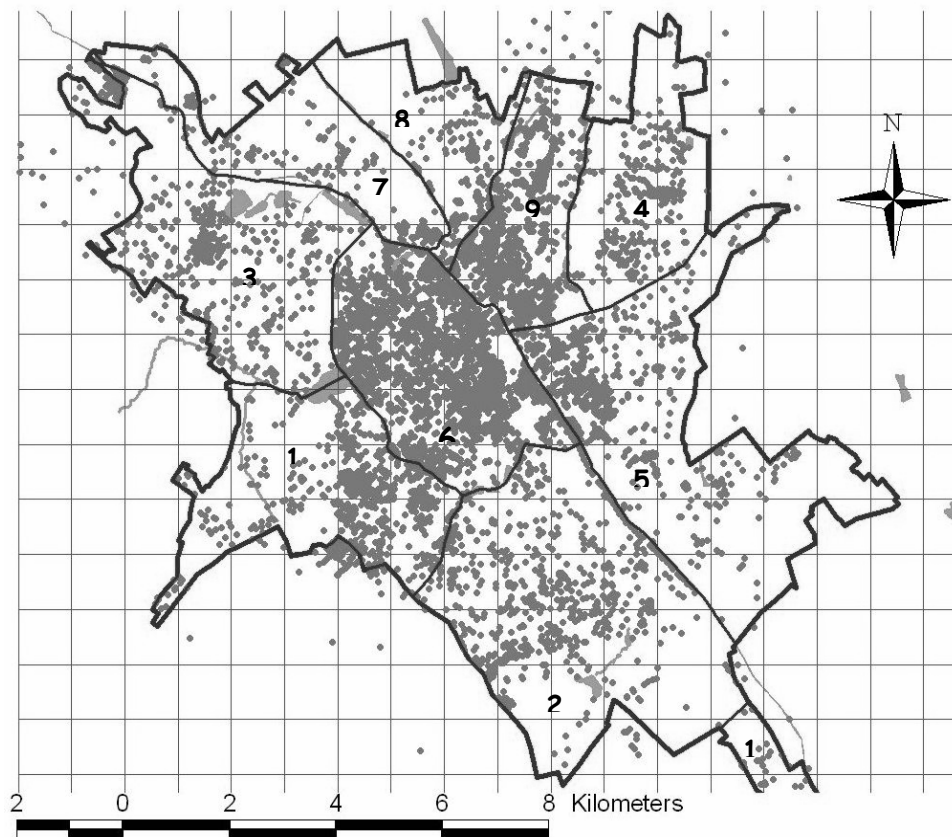


Рис. 3. Карта фактического материала: 1-Аеропорт, 2-Botanica, 3-Boucani, 4-Budesti, 5-Cecani, 6-Centru, 7-Petricani, 8-Posta Veche, 9-Riscani, 10-TV Centru.

Таблица 1. Данные о площади изучаемых районов и количестве скважин включенных в базу данных на 1 ноября 2008 г.

№	Название Района	Площадь, км ²	Количество скважин по периодам создания базы данных			Общее количество скважин
			До 2007	2007	2008	
1	Aeroport	9,79	65	5	8	78
2	Botanica	21,45	509	71	90	670
3	Boucani	15,18	390	75	11	476
4	Budesti	8,99	205	3	84	292
5	Cecani	19,54	270	134	410	814
6	Centru	12,80	1266	1713	415	3394
7	Petricani	8,24	84	88	33	205
8	Posta Veche	6,46	91	3	164	258
9	Riscani	7,43	203	78	982	1263
10	TV Centru	12,43	242	85	259	586
	Vcero	122,33	3325	2255	2456	8036

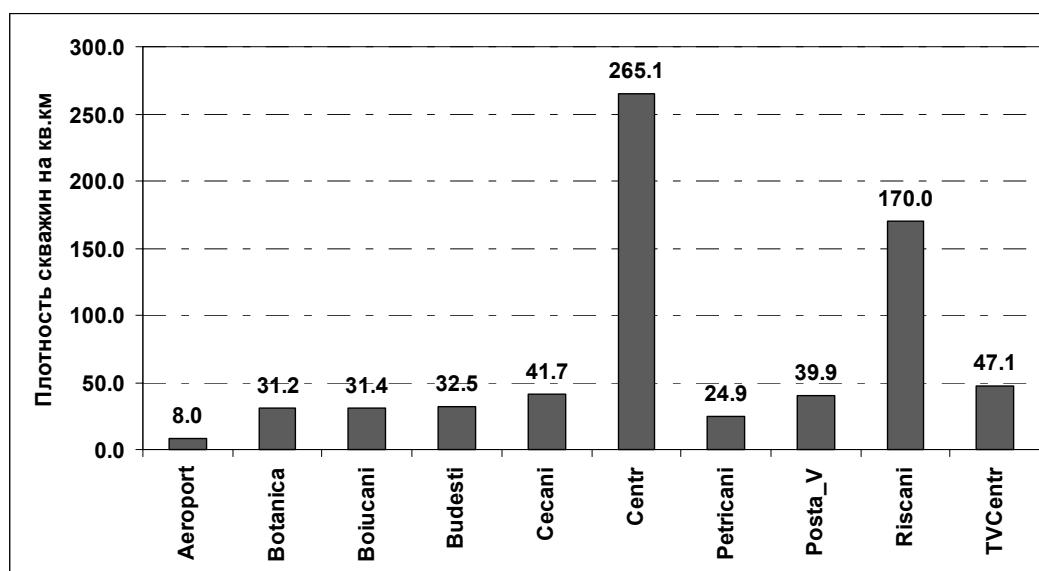


Рис. 4. Плотность скважин по выделенным районам.

В пределах наиболее изученной центральной части города однородной по своей геоморфологической и геологической структуре возможно выделить и оконтурить геологические тела с наибольшей достоверностью. Здесь были построены специальные инженерно-геологические карты. Ниже приводятся примеры карт просадочности и кровли неогеновых глин (рис.5, 6). Карты построены при помощи дополнения к ArcGIS Spatial Analyst. Граничные условия заданы в пределах центра города, размер ячейки 21,4 м, количество строк 250, столбцов 363, использовался метод аппроксимации IDW с учетом влияния соседних скважин.

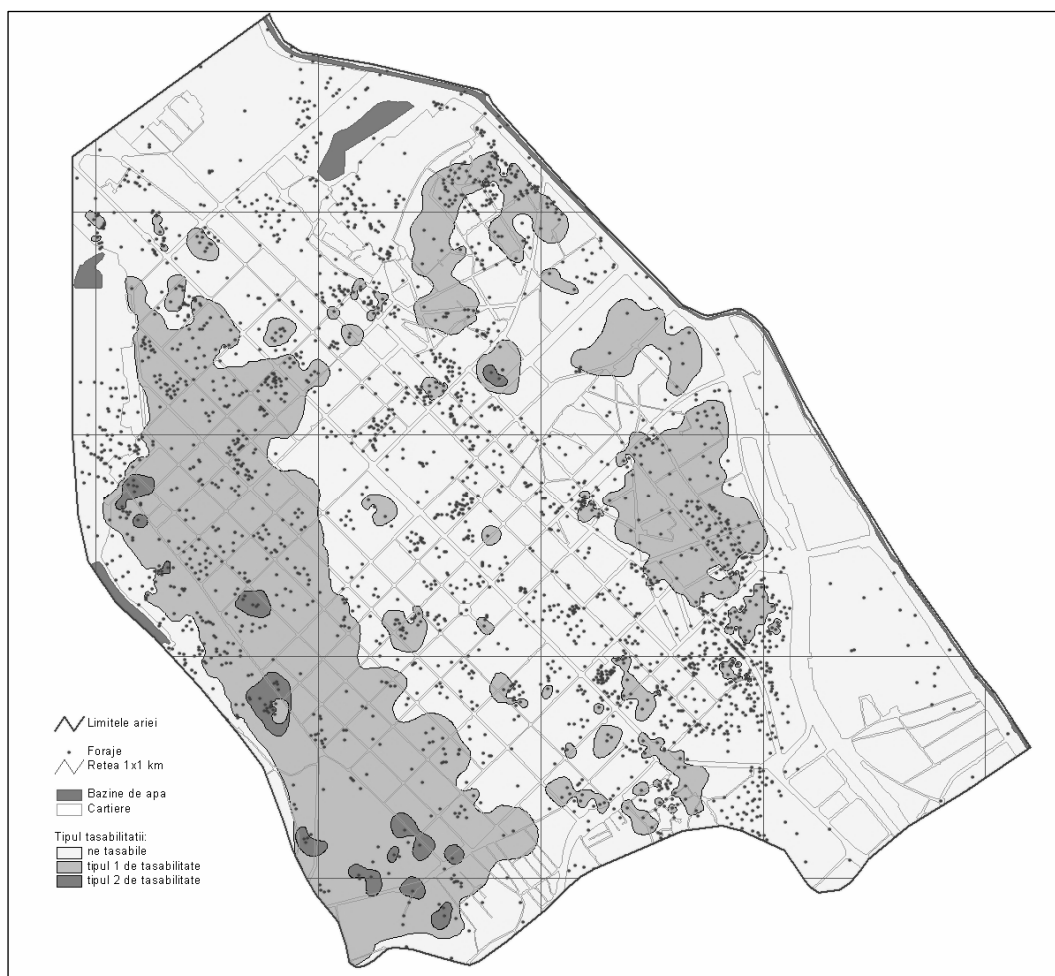


Рис. 5. Карта просадочности центральной части города.

Для этого района отмечается различная степень изученности территории. Более плотная густота скважин приходится на районы многоэтажной застройки. Меньшее количество точек отмечается в районах с преимущественной частной застройкой. Недостаток данных объясняется отсутствием инженерно-геологических работ. Отсутствие информации компенсировалось методами геологической интерполяции.

Территория центральной части города в значительной мере, находится в пойме р. Бык и характеризуется следующим соотношением типов грунтовых условий по просадочности: непросадочные – 72,1 %; просадочные первого типа 26,7 %; просадочные второго типа – 1,2 %. Кроме этого данная часть города характеризуются высоким уровнем грунтовых вод. Здесь отмечается и близкое залегание к поверхности известняков. Тип просадочности связан с рельефом и уровнем грунтовых вод. Просадочные грунты залегают на участках с уровнем грунтовых вод глубже 5,0 м. Второй тип по просадочности отмечается в пределах территорий с абсолютными отметками выше 80 – 90 м.

Глубина залегания кровли плотных глин также связана с рельефом и колеблется от 0 – 5 м в центре до 40 м в районе высоких террас р. Бык на юго-западе изучаемой территории. Здесь количество скважин достающих кровлю глин ограничено. Районы с залеганием глин меньше 20 м опробованы с достаточной детальностью для получения обобщенных инженерно-геологических свойств.

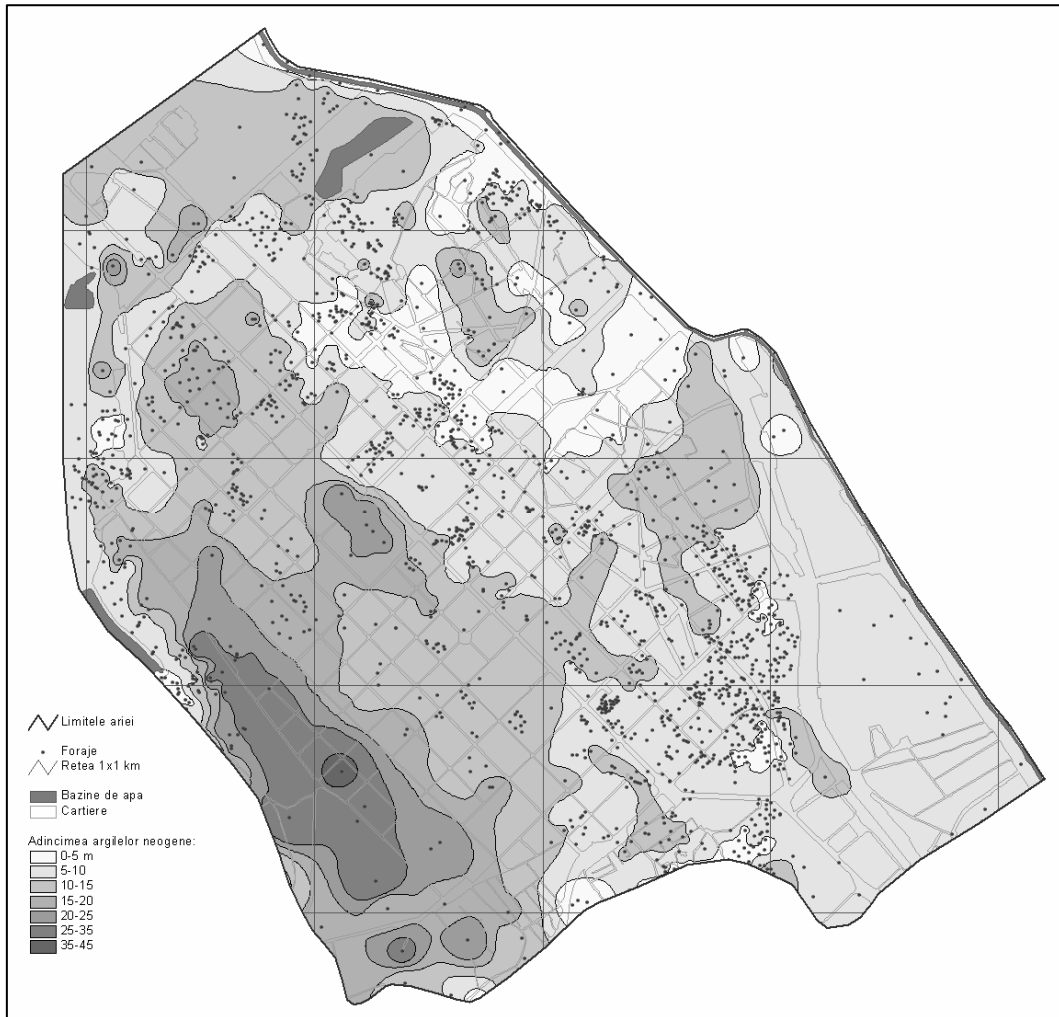


Рис. 6. Карта кровли плотных глин центральной части города.

Геотехнические свойства неогеновых глин не изменяются существенно по площади и глубине. Толща глин среднего сармата до известняков здесь может быть выделена в один инженерно-геологический элемент. Таким образом, возможна разработка региональной таблицы свойств этих грунтов. Толща четвертичных отложений является более неоднородной по литологии и геотехническим свойствам. Она может быть разделена на несколько инженерно-геологических элементов: просадочные суглинки и супеси; непросадочные суглинки и супеси; аллювиальные суглинки и супеси; пески пылеватые, мелкие и средние. Известняки

являются скальным основанием разреза. Для них выделяется два слоя: выветрелые известняки мощностью 1,0 – 7,0 м и коренные прочные известняки.

Контуры геологических границ на представленных картах будут уточняться, и корректироваться по мере поступления информации на границах изученной территории. Построенные карты можно использовать при предварительной оценке инженерно-геологических условий территорий для целей проектирования и оптимизации инженерно-геологических работ

Выводы

База данных геотехнической информации должна включать как можно более полную информацию о геологической среде города. На основе базы данных по скважинам возможно моделирование полей геологических параметров и получение новой информации о геологической ситуации. Построение карт, разрезов 3D моделирование, методы геостатистики позволят прогнозировать развитие неблагоприятных геологических процессов. Предлагаемая база данных должна стать основой при создании интегрированной ГИС для целей проектирования в строительстве, прогнозирования устойчивого развития территории, оценки рисков от опасных геологических процессов, оптимизации инженерно-геологических работ. В итоге ГИС должна стать важным инструментом местных органов власти и бизнеса при региональном планировании. С другой стороны использование современных методов хранения и обработки информации позволит оптимизировать инженерно-геологические работы, что скажется на их качестве и стоимости.

Реализация данного проекта стала возможна после начала финансирования в 2007 году со стороны Главного Архитектурного Управления по Градостроительству и Земельным Отношениям г. Кишинева. Дополнительное финансирование было получено со стороны Академии Наук Республики в 2008 году по линии проектов технологического трансфера (№ 61Т).

Литература

1. Alcaz V., Drumea A., Isicico E., Ghinsari V., Bogdevici O. (2005) Dezvoltări metodice privind microzonarea seismică și aplicarea lor pentru teritoriul orașului Chișinău. 108 p.
2. Kolichko A. V. (2003) Use of geological information technologies in the engineering geology feasibility analysis of projects. Power Technology and Engineering, Vol. 37, nr 2, pp. 74-76.
3. Chacon J., Irigaray C., Fernandez T., Handouni R. (2006) Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. Bull Eng Geol Environ 65:341-411.
4. Rozos D., Apostolidis E., Xatzinakos I. (2004) Engineering-geological map of the wider Thessaloniki area, Greece. Bull Eng Geol Env (2004) 63:103–108.
5. Mandrone G. (2006) Engineering geological mapping of heterogeneous rock masses in the Northern Apennines: an example from the Parma Valley (Italy). Bull Eng Geol Env. 65: 245–252.
6. J.L. van Rooy, J.S. Stiff (2001) Guidelines for urban engineering geological investigations in South Africa. Bull. Eng. Geol. Env. 59: 285-295

7. G. Koukis, N. Sabatakakis, G. Tsiambaos, N. Katrivesis, (2005) Engineering geological approach to the evaluation of seismic risk in metropolitan regions: case study of Patras, Greece. *Bull Eng Geol Environ* 64: 219–235.
8. R.A. Ellison, A.A. McMillan, and G.K. Lott (2002) Ground characterization of the urban environment: a guide to best practice. *Urban Geoscience and Geological Hazards Programme. Research Report. British Geological Survey*, 38 pp.
9. M.G. Gulshaw, I. Jacson, J.R.A. Giles (2006) The provision of digital spatial data for engineering geologists. *Bull. Eng. Geol. Env.* 65: 185-194.
10. Hack R., Orlic B., Ozmutlu S., Zhu S., Rengers N. (2006) Three and more dimensional modeling in geo-engineering. *Bull Eng Geol Env* (2006) 65: 143–153.
11. Person G., (2007) Geotechnical database and ArcIMS development project. Minnesota Department of Transportation.
12. Panoot Suwanwiwattana, Korchoke Chantawarangul, Warakorn Mairaing, and Pakorn Apaphant (2001) The development of Geotechnical Database of Bangkok Subsoil Using GRASS-GIS Proceeding of 22 Asian Conference on Remote Sensing

Оценка риска воздействия стойких органических загрязнителей на окружающую среду (на примере района Хынчешть)

Abstract

The methodic of the pesticide deposit inventory and Environmental Risk Assessment from POPs is discussed by example of Hîncești region of Moldova Republic. The previous study showed a relative high level of the pollution and risks for the environment after the action by the POPs repacking and removal. The investigated deposits are 23,1% with the low level of integral risk, and 38,5% with middle and high level. The GIS approaches were used for the site inventory and distance measurements to the risk recipients. The high heterogeneity and physico-chemical properties of the waste material and POPs concentration were determined. The individual design of remediation actions are needed for every polluted site.

Rezumat

Metodica inventarierii a depozitelor de pesticide vechi și evaluarea riscul pentru mediului ambiant de la POP-uri este discutat ca exemplu raionului Hîncești al Republicii Moldova. Studiarea preliminară a demonstrat relativ înalt nivel de poluare și risc pentru mediului după realizarea acțiuni de reambalare și exportare de peste hotare. Loturi investigate au 23,1% nivelul mic al riscului integral și 38,5% niveluri medie și mare. Tehnologia GIS a fost utilizată pentru inventarierea loturilor poluate și evaluarea distanței până la obiectele de risc. Varietatea mare concentrației de POP-uri și proprietății fizico-chimice a fost determinat pentru deșeuri. În acest caz acțiuni de remediere au nevoie de proiectare individual pentru loturi poluate.

Введение

На территории Республики Молдова существует значительное количество бывших хранилищ устаревших пестицидов, которые в значительной мере представлены стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) [1]. Более 1000 пунктов хранения и использования пестицидов были оборудованы в 70-х – 80-х годах прошлого века. Эти объекты находятся в различном состоянии. Некоторые из них разрушены или заброшены, другие находятся в эксплуатации. До последнего времени на этих складах оставалась значительная часть устаревших препаратов. Благодаря помощи различных международных организаций удалось их собрать на централизованные пункты хранения и организовать вывоз и уничтожение за пределами Молдовы. В тоже время загрязненные почвы и строительный мусор на таких складах остался в прежнем состоянии.

В настоящее время существует задача инвентаризации загрязненных участков СОЗ, и оценка риска загрязнения ими окружающей среды и его влияние на здоровье населения. Целью данной работы являлось тестирование методики инвентаризации загрязненных участков и предварительная оценка риска загрязнения окружающей среды от СОЗ. Для этого было обследовано 13 складов в Хынчешском районе Молдовы.

1. Методика проведения работ

Опробование проводилось с учетом рекомендаций соответствующих нормативных документов [2-6]. С каждого участка было отобрано по три композитные пробы с площадки размером 1x1 м методом “конверта”. Одна – две пробы отбиралась в центре загрязнения, где они обычно представляли собой искусственный грунт, перемешанный со строительным мусором и остатками устаревших пестицидов. Затем отбирались пробы почвы в наиболее вероятном направлении переноса загрязнителя. Такая схема была выбрана для моделирования ситуации массового обследования складов устаревших пестицидов, которых более тысячи. При такой инвентаризации количество проб будет ограниченным из-за большого количества объектов.

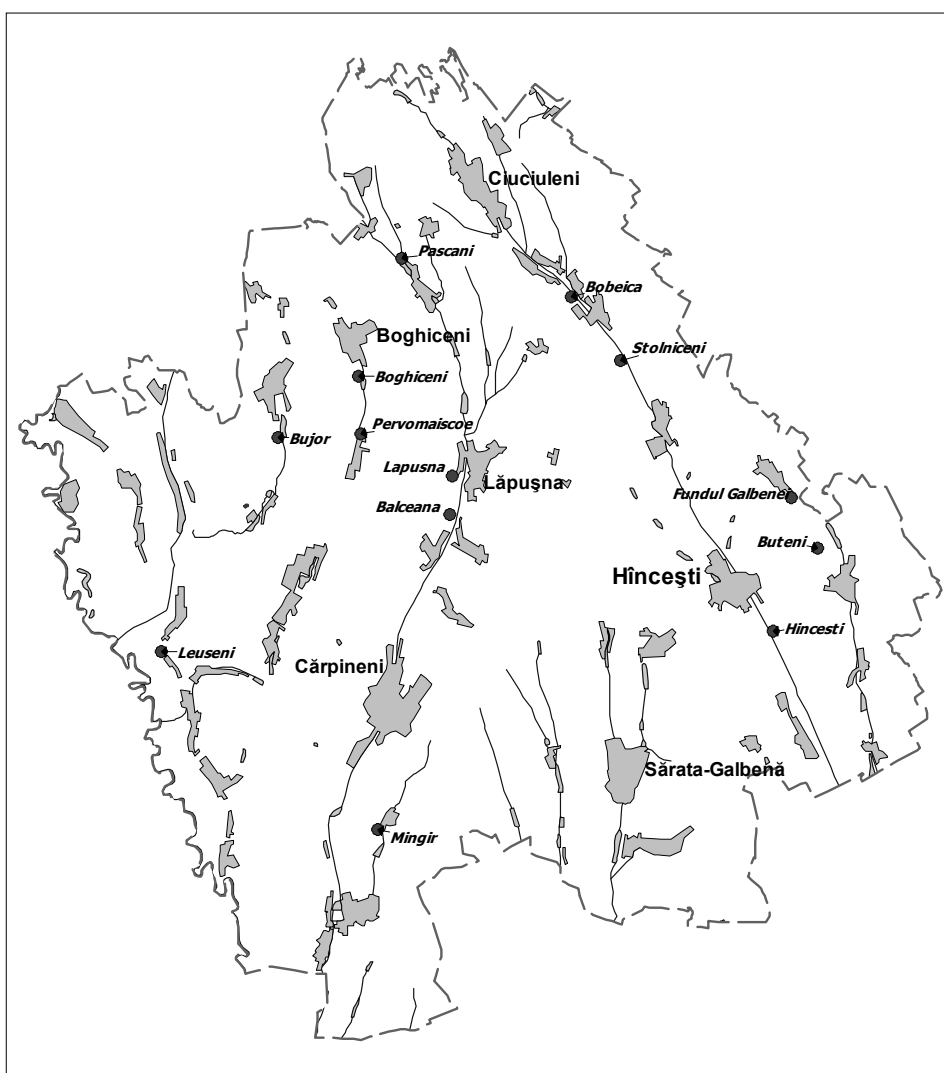


Рис. 1. Схема расположения обследованных участков загрязненных СОЗ.

Схема расположения обследованных участков представлена на рис. 1. Обследование складов включало следующие виды работ: привязка участка в системе географических координат WGS84; геоморфологическая характеристика; описание состояния строений и территории; определение места взятия пробы и опробование почвы и строительного мусора; экспертная оценка глубины залегания грунтовых вод; определение расстояния до объектов риска; фотографирование ситуации на обследованном участке.

Методика оценка риска для окружающей среды при такой схеме опробования проводилась с учетом рекомендаций международных и республиканских организаций, работающих в этой области [2-6,11]. Индексы оценки риска представлены в таблице 1. Основным показателем, влияющим на риск, предлагается использовать уровень загрязнения СОЗ. В оценке риска принято два значения предельно допустимых концентраций (ПДК) для СОЗ. Первое значение 0,1 мг/кг – ПДК для почв. Второе значение 50,0 мг/кг – граница, когда изучаемый объект можно относить к токсичному отходу. Интегральный риск оценивался как сумма индивидуальных индексов риска. Важным моментом при оценке уровня загрязнения является характеристика пробы и точная привязка места опробования на плане для последующих мероприятий по восстановлению и очистке территорий. Кроме уровня концентрации СОЗ рассматривалось техническое состояние склада и расстояние до объектов риска: населенные пункты; сельскохозяйственные и водные объекты. Расстояния определялись с использованием программы ArcGIS9.3. Основой для такой работы являлась топографическая карта масштаба 1:50000. Дополнительно использовалась информация, полученная с сайта “GoogleEarth”.

Таблица 1. Методика оценка риска для окружающей среды от СОЗ

Индекс риска	0	1	2	3	4	6
Сумма в почве НСН, мг/кг	< 0,1	0,1–1,0	1,0–10,0		10,0–50,0	> 50,0
Сумма в почве DDTs мг/к	< 0,1	0,1– 1,0	1,0–10,0		10,0–50,0	> 50,0
Объем загрязненной почвы, т		< 1,0	1,0-5,0	> 5,0		
Площадь участка, га		< 0,5	0,5-1.5	> 1,5		
Доступ на территорию		закрыт	огран.	свобод.		
Уровень грунтовых вод, м	< 20	10 - 20	3 - 10	< 3		
Расстояние до населенного пункта, км		> 1,0	0,5-1,0	< 0,5		
Расстояние до сельскохозяйственных земель, м		> 200	50–200	10 - 50	< 10	
Расстояние до водных объектов, км		< 1,0	0,3-1,0	0,1-0,3	> 0,1	

Следует отметить значительную неоднородность изучаемых проб по своей структуре и физико-механическим свойствам. Устаревшие химикаты часто смешаны со строительным мусором и почвой. Отобранные пробы доставлялись в лабораторию, где выполнялась стандартная процедура подготовки проб к анализу. Определение пестицидов проводилось согласно методикам ЕРА и другим нормативным документам методом газовой хроматографии [7-10].

2. Результаты обследования

Участок “*Balceana*” расположен на первой надпойменной террасе реки Лапушна. Основным загрязнителем здесь являются пестициды группы DDT и его метаболиты, в меньшей мере HCH. В районе максимального загрязнения уровень концентрации DDT в почве составляет более 50,0 мг/кг, что позволяет отнести эту почву к токсичному отходу. Объем почвы с этим уровнем концентрации оценивается в интервале 40 – 80 т. Ветровая эрозия и сельскохозяйственное производство определено как основные механизмы переноса загрязнителя. Пример привязки точек опробования на плане с использованием топографической карты и снимков GoogleEarth представлен на рис. 2 - 4.

Участок “*Bobeica*” расположен в нижней части правого склона долины реки Когильник в пределах абсолютных отметок 150 м. Здание не разрушено и территория огорожена, что затрудняет свободный доступ. Пробы почвы были отобраны возле ворот и на расстоянии около 20 м ниже по склону. Образцы показали превышения ПДК для почв по HCH и DDT. Отмечается большее содержание HCH в образцах по сравнению с DDT.

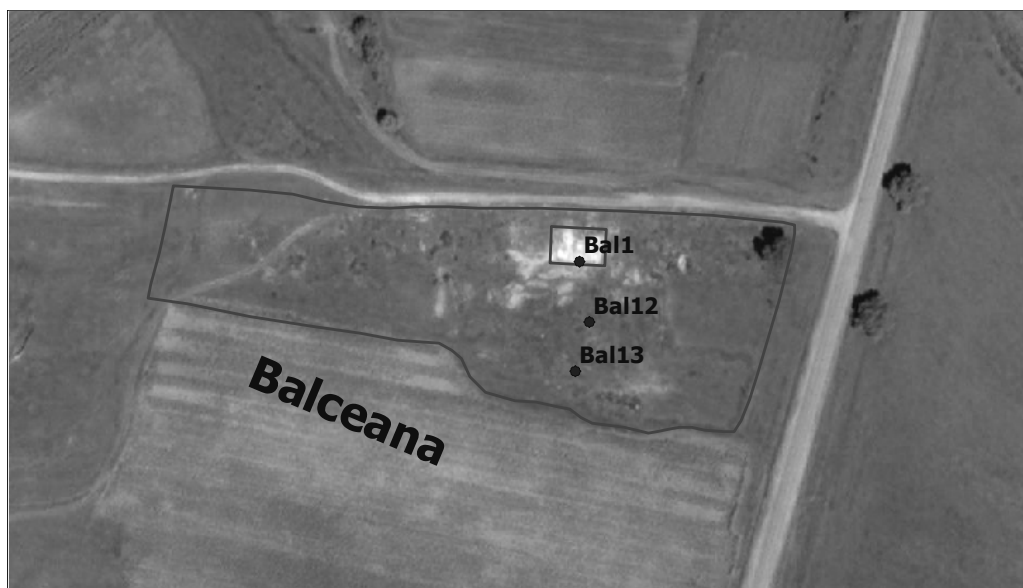


Рис. 2. Схема расположения точек опробования участка “Balceana”

Участок “*Boghiceni*” расположен на крутом склоне безымянной балки в нижней ее части, которая впадает в небольшую безымянную речку, которая затем впадает в р. Прут. Абсолютные отметки изменяются в интервале 140,0 – 120,0 м. Склад в настоящее время находится в эксплуатации. Пробы почвы были отобраны непосредственно возле дверей склада, на расстоянии около 20 м ниже по склону и в пойме балки в зоне сбора осадков сточных вод. Концентрации пестицидов незначительно превышают предельно-допустимые.

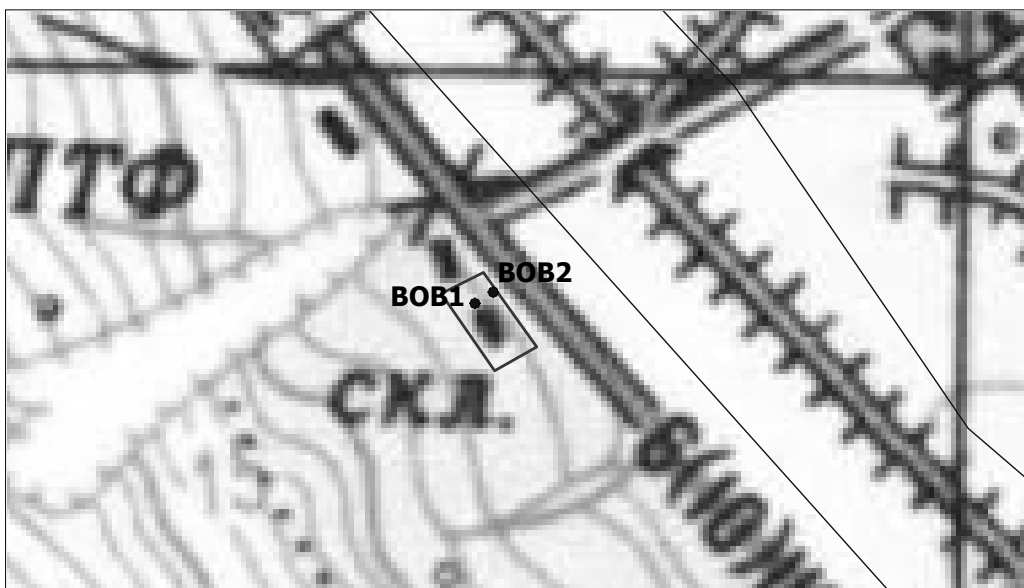


Рис. 3. Схема расположения точек опробования участка “Vobeica”



Рис. 4. Схема расположения точек опробования участка “Buțeni”

Участок “*Bujor*” расположен на склоне безымянной небольшой речки, которая впадает в р. Прут в пределах абсолютных отметок 85,0 – 90,0 м. Склад разрушен и в настоящее время не эксплуатируется. Пробы были отобраны из емкости возле фундамента. Основным загрязнителем является DDT. HCH имеет значительно меньший уровень. Концентрация DDT значительно превышает ПДК и можно классифицировать эти отходы как токсичные.

Таблица 2. Концентрация СОЗ в пробах обследованных участков

Проба	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	2-4-DDE	2-4-DDD	4-4-DDD	2-4-DDT	4-4-DDT	Σ HCH	Σ DDTs
Balceana										
Bal1	2,10	2,35	0,26	1,21	1,01	4,38	6,91	19,62	4,71	33,13
Bal13	0,01	0,08	0,01	0,23	0,19	0,65	1,74	11,19	0,10	14,01
Bal12	18,26	0,16	0,40	2,05	2,45	4,56	9,86	55,62	18,82	74,54
Bobeica										
Bob1	0,13	0,23	0,04	0,03	0,01	0,02	0,03	0,10	0,39	0,18
Bob2	0,65	1,91	0,16	0,09	0,02	0,05	0,09	0,35	2,73	0,60
Boghiceni										
BOG1	0,00	0,01	0,00	0,14	0,04	0,00	0,03	0,00	0,02	0,21
BOG2	0,00	0,07	0,00	0,04	0,02	0,00	0,01	0,00	0,08	0,07
BOG3	0,92	0,32	0,50	0,14	0,03	0,00	0,08	0,03	1,74	0,28
Bujor										
B2	0,24	0,42	0,01	278,13	9,22	158,99	14,96	82,23	0,66	543,52
B5	0,02	0,01	0,00	40,31	1,85	0,37	22,92	0,60	0,03	66,04
B6	0,03	0,11	0,00	24,44	4,58	0,12	14,47	0,36	0,14	43,97
Buțeni										
BUT1	0,46	1,09	0,19	310,95	79,96	1,18	50,07	21,68	1,73	463,9
BUT2	664,1	1563,5	205,1	1,49	0,25	0,04	1,25	0,20	2432,7	3,22
BUT3	0,02	0,02	0,01	0,12	0,02	0,00	0,10	0,00	0,04	0,24
Fundul Galbenei										
FG2	0,04	0,03	0,02	0,05	0,01	0,00	0,04	0,00	0,10	0,10
FG3	0,04	0,02	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
Hîncești										
HIN1	0,08	0,10	0,06	0,18	0,07	0,05	0,14	0,48	0,25	0,92
HIN2	0,05	0,36	0,02	0,52	0,10	0,03	0,07	0,05	0,43	0,77
HIN3	0,02	0,02	0,01	0,06	0,01	0,00	0,01	0,01	0,04	0,09
Lapușna										
L2	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,04
L3	0,02	0,03	0,00	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,07
L7	0,00	0,02	0,00	0,80	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,82
Leușeni										
LEU1	0,50	1,38	1,53	0,22	0,10	0,00	0,11	0,01	3,41	0,44
LEU2	0,07	0,29	0,06	0,11	0,04	0,00	0,02	0,00	0,42	0,18
LEU3	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01
Mingir										
M1	0,01	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,07	0,09
M3	0,00	0,01	0,00	0,10	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,11
M7	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,03
Pașcani										
PAS1	0,14	0,39	0,13	0,27	0,08	0,03	0,16	0,70	0,65	1,24
PAS2	0,15	1,20	0,07	0,40	0,25	0,29	0,05	0,02	1,42	1,01
Pervomaisc										
PER1	0,01	0,00	0,00	12,10	0,26	0,00	3,41	0,04	0,01	15,82
PER2	0,04	0,20	0,01	3,68	0,26	0,01	3,33	0,54	0,26	7,82
PER3	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,06
Stolniceni										
STL1	0,03	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,11	0,12
STL2	520,6	361,0	47,36	59,64	4,26	0,28	51,75	0,89	928,9	116,8

Таблица 3. Концентрация ПХБ в пробах почвы участка “*Lapușna*”

Название смеси	Номер CAS	Проба и концентрация, мг/кг		
		L2	L3	L7
Aroclor1254	11097-69-1	0,255	0,225	0,009

Участок “*Buțeni*” расположен в верхней части склона безымянной речки, которая впадает в р. Когильник в пределах абсолютных отметок 240,0 – 250,0 м. Склад разрушен полностью и существует свободный доступ к токсичным отходам. Две пробы были отобраны из смеси строительного мусора и остатков химических препаратов. Третья проба - ниже по рельефу в пределах территории склада в 15 м от угла разрушенного здания (рис 4). Концентрация DDT и HCH в двух пробах в 9,3 раза и 48,6 раз соответственно превышает уровень, когда этот строительный мусор можно определить как токсичный отход. За пределами склада концентрации этих пестицидов близки к ПДК для почв.

Участок “*Fundul Galbenei*” расположен в нижней части склона безымянной речки, впадающей в р. Когильник, в пределах абсолютных отметок около 190,0 м. Склад не эксплуатируется. Одна проба отобрана возле здания, а вторая на расстоянии 20 м ниже по рельефу. Обе пробы показали концентрацию СОЗ на уровне ПДК.

Участок “*Hîncești*” расположен в нижней части левого долины в р. Когильник в пределах абсолютных отметок около 130,0 – 135,0 м. Склад не эксплуатируется. Территория внутри здания покрыта строительным мусором мощностью несколько десятков сантиметров. Одна проба была отобрана в здании, вторая на небольшом расстоянии от него (20 м), а третья на расстоянии 90 м от склада ниже по рельефу. Первые две пробы имеют концентрации СОЗ выше ПДК для почв в 8 – 9 раз.

Участок “*Lapușna*” расположен в нижней части правого склона долины небольшой безымянной речки впадающей в р. Лапушница. Абсолютные отметки находятся в интервале 60,0 – 70,0 м. Склад не эксплуатируется. Здание разрушено полностью. Территория покрыта строительным мусором. Одна проба была отобрана перед основанием здания, вторая на территории и третья в месте сбора осадков сточных вод ниже по рельефу. Все пробы имеют концентрации DDTs и HCH ниже ПДК. Здесь также было обнаружено значительное содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ) общее содержание которых в двух образцах превышает ПДК для почв (0,1 мг/кг) в 2,5 раза (табл. 3).

Участок “*Leușeni*” расположен в высокой пойме долины р. Прут в пределах абсолютных отметок 20,0 - 25,0 м. Склад не эксплуатируется и полностью разрушен. Территория покрыта строительным мусором с остатками химических препаратов. Здесь отмечается максимальная концентрация СОЗ. Затем следует образец, отобранный в месте сбора осадков сточных вод. Третья проба имеет концентрацию меньше ПДК. Преобладающим загрязнителем является HCH.

Участок “*Mingir*” расположен в средней части склона долины безымянной речки впадающей в речку Лапушница в пределах абсолютных отметок 95,0 - 100,0 м. Склад не эксплуатируется и здание разрушено. Пробы отобраны в пределах разрушенного склада и в непосредственной близости от него. Концентрации пестицидов в основном ниже ПДК.

Участок “*Rașcani*” расположен в нижней части склона долины р Лапушница в пределах абсолютных отметок 95,0 м. Склад находится в рабочем состоянии.

Были отобраны две пробы: одна возле ворот склада, а вторая на расстоянии 27 м от угла здания в сторону поймы. Концентрация пестицидов в обеих пробах близки между собой и несколько превышают ПДК для почв.

Участок “Pervomaisc” расположен в нижней части правого склона долины безымянной притоки р. Прут в пределах абсолютных отметок 110,0 – 115,0 м. Склад не эксплуатируется. Здание не разрушено, но отсутствуют окна и двери. Первая проба отобрана в помещении склада, вторая на расстоянии 8 м от стенки здания, третья на пашне в 30 м от здания. Основным загрязнителем является DDT, концентрация которого в 158 и 78 раз превышают ПДК для почв, но меньше 50,0 мг/кг (токсичный отход). Почва на поле имеет незначительное загрязнение СОЗ.

Участок “Stolniceni” расположен в нижней части правого склона долины р. Когильник в пределах абсолютных отметок 150,0 – 155,0 м. Склад являлся основным, куда свозились пестициды на переупаковку, и в данный момент эксплуатируется. Были отобраны две пробы: одна на территории, вторая из кучи строительного мусора с остатками препаратов. Эти пробы существенно отличаются между собой. Первый образец показал незначительную концентрацию СОЗ. Во второй пробе обнаружено превышение ПДК для токсичных отходов по НСН в 18,6 раза, а для DDT в 2,3 раза.

3. Оценка риска

Согласно принятой методике были получены интегральные индексы риска I_r (табл.4). Все участки были разделены на три группы: низкий уровень риска $I_r < 20$; средний уровень $I_r = 20 - 25$; высокий уровень $I_r > 25$. Из 13 участков низкий уровень риска имеют три склада (23,1%), средний – пять складов (38,5%), высокий пять складов (38,5%). Таким образом, около 77% загрязненных территорий на месте бывших складов пестицидов имеют средний и высокий уровни риска для окружающей среды (рис. 5).

Таблица 4 Интегральная оценка риска обследованных складов

Название склада	Уровень загрязнения НСН	Уровень загрязнения DDTs	Объем загрязненной почвы, т	Площадь участка, га	Доступ на территорию	Уровень грунтовых вод, м	Расстояние до населенного пункта, км	Расстояние до сельхоз земель, м	Расстояние до водных объектов*, км	Суммарный показатель риска	Уровень интегрального риска
Balceana	2	4	3	3	3	3	2	4	2	26	3
Bobeica	2	1	3	1	2	2	3	3	3	20	2
Boghiceni	1	1	3	2	2	2	2	4	3	20	2
Bujor	1	6	2	3	3	1	2	4	3	25	3
Buteni	6	6	3	2	3	1	2	4	2	29	3
Fundul Galbenei	0	0	2	1	3	2	3	4	3	18	1
Hincesti	1	1	3	2	3	3	1	3	3	20	2
Lapusna	0	0	2	2	3	3	3	3	3	19	1
Leuseni	2	1	3	3	3	3	3	3	3	24	2
Mingir	0	0	3	2	3	2	3	4	1	18	1
Pascani	2	2	3	2	2	3	3	3	3	23	2
Pervomaisc	1	4	3	2	3	3	3	4	4	27	3
Stolniceni	6	6	2	2	1	2	1	2	3	25	3

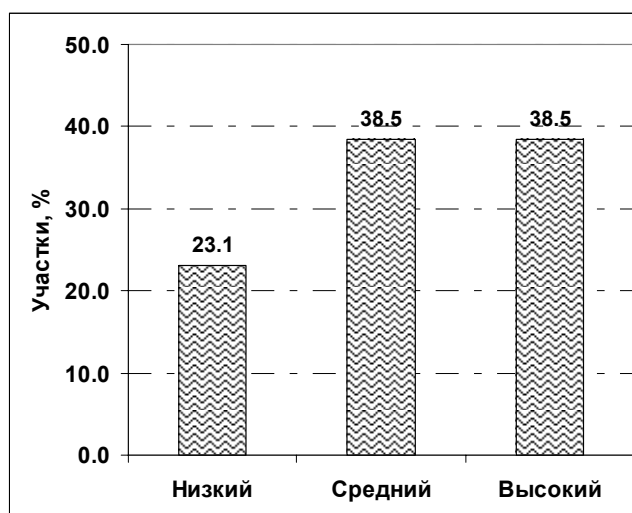


Рис. 5. Сравнительная оценка по уровню риска от СОЗ для обследованных участков

Выводы

Обследованные участки имеют высокий уровень загрязнения СОЗ после проведения мероприятий по переупаковке и вывозу устаревших пестицидов. Основным фактором, влияющим на уровень риска, является концентрация токсичных веществ в почве, насыпном грунте или строительном мусоре. Определение степени риска при небольшом количестве проб является предварительным и требует дополнительных исследований. Данный подход можно рекомендовать для проведения инвентаризации таких территорий. При этом необходимо использование ГИС технологий для привязки мест опробования и оценки возможных рисков для окружающей среды.

Обследование показало сложность задачи по последующей очистке этих территорий. Как правило, на них, кроме почв и насыпных грунтов, находится значительное количество строительного мусора, который очень неоднороден по своим свойствам и уровню загрязнения. В пределах одного участка концентрации могут изменяться в сотни раз. Основной опасностью является строительный мусор, перемешанный с остатками химических препаратов. Этот отход сложно собирать и транспортировать. Для таких объектов надо предусматривать их деактивацию на месте с использованием различных технологий. Для загрязненных сельскохозяйственных почв можно применять методы фиторемедиации.

Литература

1. National Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (2004) Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Moldova, 80 pp.
2. Assessing Soil Contamination. Reference Manual (2000) FAO. United Nations 232 p.
3. Risk Assessment Guidance for Superfund. (2002) EPA/540/1-89/002 December 1989 Vol I, Human Health Evaluation Manual, 17 pp.
4. Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA Sites. (2002) EPA, 540-R-01-003.

5. Pre-Acquisition Environmental Site Assessment Guidance Manual (1999) National Park Service, Washington, DC 20013.
6. Environmental Risk Assessment Manual (2008) Scottish Environment Protection Agency Issue 10.1, 94 pp.
7. EPA Method 3540c (1996) Soxlet Extraction, 8 pp.
8. EPA Method 3630 (1996) Silica Gel Cleanup, 12 pp.
9. EPA Method 8081A (1996) Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography, 44 pp.
10. ISO 10382:2002 Soil Quality. Determination of organochlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls. Gas chromatographic method with electron capture detector.
11. Environmental Impact Assessment And Environmental Management Plan (2005) Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Moldova, GEF PAD Grant for Preparation of Sustainable Persistent Organic Pollutants (POPs) Stockpiles Management Project, 179 pp.
12. Phytoremediation experiment on old pesticide storage: case study Balceana (2007) Institute of Geology and Seismology. Activity Report By The Project With Milieukontakt Int. Elimination of Acute Risks from Obsolete Pesticides in Moldova: part Remediation, 31 pp.

Гинсарь В.Н.

Статистическая оценка M_{max} подкоровых землетрясений области Вранча

This short-form report demonstrates the results obtained by the application one of the statistical methods for the evaluation of the maximum possible magnitude in Vrancea zone.

Максимальная возможная магнитуда M_{max} для любого сейсмоактивного региона является одним из важнейших параметров, характеризующих сейсмическую опасность. Как показано в [1] существует несколько основных подходов к определению величины M_{max} : преимущественно описательные, геологические и преимущественно расчетные, геофизические. Геофизические подходы, в свою очередь, могут быть двух типов: собственно физические, основанные на анализе внутренних причинно-следственных генетических соотношений и внешние, эмпирические, базирующиеся на корреляционных зависимостях. Наиболее приемлемые оценки получаются при комбинации вышеназванных подходов и применении математического аппарата как детерминистского, так и стохастического характера. В данной работе приводятся оценки M_{max} , только на основе применения одного из методов прикладной математики.

Статистическая оценка M_{max} , названная автором „наилучшей”, предложена в серии работ В.Ф. Писаренко [2,3]. В основе методики лежит статистический анализ параметров графика повторяемости землетрясений в форме Гутенберга-Рихтера [4] с использованием функции правдоподобия для получения несмещенной оценки M_{max} , имеющей минимально возможную дисперсию. Опуская обширные математические выкладки, подробно изложенные в [3], приведем конечные формулы для оценки M_{max} и ее дисперсии ($Var M_{max}$):

$$M_{max} = M(n) + [10^{b(M(n) - M_0)} - 1] / nb \ln 10 \quad (1)$$

$$Var M_{max} = [10^{b(M_{max} - M_0)} - 1]^2 / (nb \ln 10)^2 + O(1/n^3), \quad (2)$$

где:

$M(n)$ – максимальное наблюдаемое землетрясение в выборке;

b – параметр графика повторяемости;

M_0 – нижнее значение регистрируемых представительных магнитуд;

n – количество землетрясений в выборке.

Расчеты по методике Писаренко выполнены нами для пяти выборок из двух каталогов. Величина землетрясений в этих каталогах определена по двум шкалам магнитуд – M_{G-R} и M_w [4,5].

Во все выборки входит землетрясение 1940 г. – максимальное, из наблюдаемых в инструментальный период. Выборки отличаются по временному интервалу, уровню M_0 и, соответственно, по числу событий, входящих в выборку.

Параметры, входящие в расчетные формулы (1) и (2), также как и результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры выборок и результаты вычислений M_{max} и $Var M_{max}$.

№	Объем выборки, n	Период	M_o	M_{max} наблюдаемое	b	M_{max} расчетное	$Var M_{max}$	Диапазон $M_{max} \pm Var$
1	274	1936-1977	4.5	7.7 (M_w)	0.797	8.4	0.5	$7.9 \leq M_{max} \leq 8.9$
2	97	1901-2000	5.3	7.7 (M_w)	0.838	8.37	0.45	$7.92 \leq M_{max} \leq 8.82$
3	32	1901-2000	6.0	7.7 (M_w)	0.880	8.58	0.22	$8.36 \leq M_{max} \leq 8.80$
4	95	1901-2000	5.0	7.4 M_{G-R}	0.769	7.82	0.17	$7.65 \leq M_{max} \leq 7.99$
5	12	1901-2000	6.0	7.4 M_{G-R}	0.678	7.82	0.18	$7.64 \leq M_{max} \leq 8.0$

Анализ расчетных значений M_{max} показывает, что наиболее реалистичные оценки данный метод дает для M_{G-R} (выборки 4, 5). Отметим также то, что оценки по выборкам 4, 5 оказались практически инвариантны к объему выборок, которые отличаются почти в 8 раз. Оценка M_{max} в терминах магнитуды M_w по выборке 3 представляется явно завышенной при сравнительно небольшой дисперсии, а в выборках 1 и 2 велики и дисперсия и само значение M_{max} . Очевидно, что применение данного метода оценки M_{max} оправдано только в терминах магнитуды M_{G-R} . Хотя международное сейсмологическое сообщество настоятельно рекомендует в последние годы пользоваться преимущественно магнитудами M_w , магнитуда M_{G-R} продолжает широко применяться в сейсмологической практике как одна из основных при оценке величины землетрясения.

Очевидно, что наиболее приемлемые оценки M_{max} можно получить при совместном применении математических и геофизических методов, например, используя эмпирические корреляционные соотношения [6], связывающие параметры разрыва и объем сейсмогенной области с величиной M_{max} .

Литература

1. Сейсмическое районирование территории СССР. М., Наука, 1980, стр.59-60.
2. Писаренко В.Ф. Статистическое оценивание максимальных возможных землетрясений. Известия АН СССР, Физика земли, 1991, №9, стр. 38-46.
3. Писаренко В.Ф. О наилучшей статистической оценке максимальной возможной магнитуды землетрясения. ДАН РФ, 1995, т.344, №2, стр.237-239.
4. Hanks T.C., Kanamori H. A moment magnitude scale. J. Geophys. Res., 1979, vol. 84, No B5, pp.2348-2350.
5. Gutenberg B., Richter C. F. Seismicity of the Earth and associated phenomena. 2nd ed. Princeton: Univ. Press, 1954, 310 p.
6. Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relations among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. BSSA, vol.84, No 4, 1994, pp.974-1002.

Значение палиноморф грибов для палеореконструкций позднего плейстоцена на юго-западе Русской платформы

Absract

Based on palynological study of the samples from the Late Pleistocene sediments from Moldova and from the Late Paleolithic Bolshaya Akkarzha site (southern west Ukraine), the various and numerous fungal palynomorphs (spores, hyphnodopodia and fruit-bodies) were identified. The taxonomic diversity and frequency of palynomorphs are varying in horizons. The frequent Glomus was encountered in the Upper Pleistocene loesses and paleosoils of the different natural outcrops in Moldova. The abundant Glomus was observed in loess corresponded to the Last (Würmian) Glacial period. The most diverse fungal palynomorph taxa of coprophilous fungi were established in the cultural layer of the archaeological site. The frequencies and taxonomic variety of fungal palynomorphs significantly decrease in Holocene sediments, but increase the quota of parasitic fungi (Helminthosporium and Coryneum). The predominance of Glomus spores are evidence for active erosive processes in the region where open xerophilous grasslands predominated. Represented results show the importance of fungal palynomorphs for palaeoecological reconstructions of the Quaternary.

1. Введение

На протяжении длительного времени основными объектами палинологических исследований были пыльца и споры высших сосудистых растений. Палиноморфы грибов (споры, конидии и гифы), нередко встречающиеся в палинологических препаратах, чаще всего игнорировались вследствие слабо разработанной методики их изучения, включающей таксономическую принадлежность и экологические параметры. В настоящее время изучение спор грибов, встречающихся в палинологических препаратах совместно с пыльцой и спорами высших сосудистых растений, начинает находить большое применение при реконструкциях растительности и климата отдалённых эпох. Находки палиноморф грибов приобретают особенную важность в исследованиях культурных слоев в археологических местонахождениях. Значимость грибов для палеореконструкций заключается также в их ограниченной способности к переносу ветром и водными потоками, в отличие от легко транспортируемой воздушными массами пыльцы. Поэтому, многие палиноморфы грибов могут рассматриваться в седиментах как “*in situ*”.

Впервые возможность использования спор грибов для изучения стратиграфии кайнозойских отложений была предложена Элсином [1]. Созданная им классификация палиноморф грибов основана на их морфологических особенностях: форма, размеры, симметрия, наличие и число отверстий, септ и тип

¹ Институт геологических наук, Государственный университет Рио Гранде до Сул, Порто Алегре, Штат Рио Гранде до Сул, Бразилия, svetlana.medeanic@ufrgs.br

² Институт Археологии НАН Украины, ул. Ленина, д. 2, кв 18, Ильичевск, Одесская обл., Украина, 68001, igors@ilyichevsk.net

орнаментации [2,3,4]. Работы Элсика дали толчок к более углубленному изучению палиноморф грибов в континентальных отложениях и их использованию в палеогеографических реконструкциях [5,6,7,8]. На год ранее первой публикации Элсика, в СССР вышла работа Попова [9], в которой описано большое количество таксонов палиноморф грибов-паразитов, обитающих на стеблях, листьях и соцветиях различных растений. Рыбакова [10], изучая озёрные голоценовые отложения на Северном Тянь-Шане, определила некоторые таксоны палиноморф грибов и отметила их важность при палеореконструкциях, основываясь именно на разработках Попова.

В последние годы появляется всё большее количество публикаций, посвященных палиноморфам грибов, идентифицированных из отложений в археологических стоянках, а также из торфяников и озёрных отложений [11,12,13,14]. Углубленными исследованиями Кларке [15] доказано, что различные методики химической обработки образцов для палинологического анализа не влияют на частоту встречаемости палиноморф грибов и на их сохранность. Часто сохранность палиноморф грибов, состоящих из хитина, лучше, чем у пыльцы и спор, экзина которых состоит из высокомолекулярного полимера - спорополленина [3]. Окисление, щелочная среда, колебания температуры и влажности, и др. менее губительны для палиноморф грибов, чем для пыльцы и спор. Недавние исследования поверхностных проб песчаных алевролитов в галерейных лесах реки Парана (Бразилия) продемонстрировали обилие палиноморф грибов и редкую встречаемость пыльцы и спор, что подтверждает большую, чем у пыльцы и спор, резистентность палиноморф грибов к разрушению в субаэральных условиях осадконакопления [16].

В культурных слоях археологических стоянок особое значение принадлежит находкам спор копрофильных грибов. Последние, чьи плодовые тела развиваются в навозе, занимают своеобразную экологическую нишу. Споры грибов, развивающихся на органической подложке, содержащейся в копролитах, могут рассматриваться также как копрофильные [13, 14]. В культурных слоях, кроме копрофильных, могут встречаться также палиноморфы грибов, развивающихся на гниющих органических субстратах, которыми обычно богаты культурные слои археологических раскопов, палиноморфы грибов-паразитов, развивающихся как на растениях, так и на животных, микромицеты, и также споры грибов, поселяющихся на обугленных стволах деревьев и кустарников, остающихся от кострищ.

Таким образом, в настоящее время уже общепризнанно, что палиноморфы грибов существенно дополняют палинологические реконструкции и дают новую, иногда неожиданную и весьма значимую информацию [2,17,18]. Значительно реже встречаются палиноморфы грибов в субаэральных четвертичных отложениях [19]. Чаще других упоминается микоризный арбускулярный гриб *Glomus*, который является индикатором усиления эрозионных процессов в условиях континентального и сухого климата периодов оледенений.

2. Район изучения и предшествующие результаты

Палинологическое изучение позднеплейстоценовых отложений проводилось на юге-западе Русской платформы, включая слои позднего плейстоцена из естественных обнажений надпойменных террас Днестра и Прута и из слоёв позднепалеолитической стоянки Большая Аккаржа (Рис. 1).

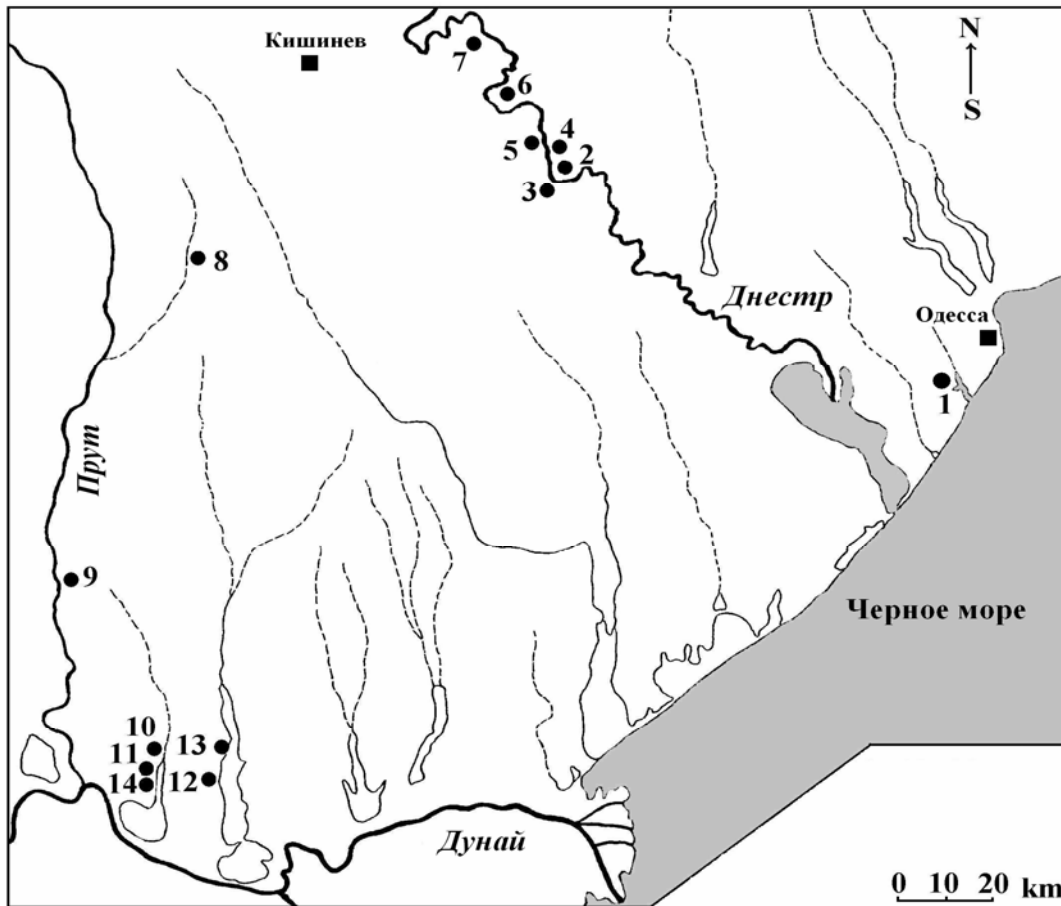


Рис.1. Карта-схема расположения позднепалеолитической археологической стоянки Большая Аккаржа и палинологически изученных обнажений в слоях соответствующих позднему плейстоцену в Молдове и Одесской области:

- 1 - Большая Аккаржа, 2 - Терновка, 3 - Хаджимус,
- 4 - Парканы, 5 - Варница, 6 - Спея, 7 - Делакэу,
- 8 - Сарата-Галбэнэ, 9 - Кагул, 10 - Чишмикиой,
- 11 - Лиманское, 12 - Новая Этулия, 13 - Владичень.

Результаты палинологических исследований по пыльце и спорам из субэкральных отложений естественных обнажений в Молдове были опубликованы в различных статьях и монографиях [20,21]. Согласно региональной стратиграфической схеме Молдовы, утвержденной в 1984 г., плейстоценовые отложения слагаются шестью (I-VI) надпойменными террасами рек Днестр, Прут и Дунай. Отложения представлены аллювиальными и субэкральными (лессы и ископаемые почвы) отложениями. Стратиграфическое расчленение плейстоценовых отложений основано на фауне млекопитающих, моллюсков, остракод, палеомагнитных и палеопедологических данных. Поздний плейстоцен включает горизонты: карагашский (100+/-13 тыс. лет назад), глиновский (64+/-11тыс. лет назад), бендерский (40+/-8 - 50+/-1 тыс. лет назад), делакеуский (23.7+/- 0.32 - 10.0+/-0.7 тыс. лет назад). Палинологические данные по изучению

пыльцы и спор имеют большое значение для воссоздания позднеплейстоценовой истории развития ландшафтов, изменения состава растительности, обусловленные резкими климатическими колебаниями во время ледниковых и межледниковых периодов [20,21]. Растительность межледниковых этапов имела лесостепной облик. В лесах преобладали растения панголарктической и американо-евразийской групп. В холодные этапы происходило дальнейшее обеднение дендрофлоры в островных редкостойных лесах, состоящих в основном из сосны и березы. Господствовали ландшафты перигляциального типа с участием аркто-альпийских и бореальных видов. К концу позднего плейстоцена состав дендрофлоры был значительно беднее, чем современный. До настоящего времени результаты изучения палиноморф грибов в этих отложениях не были опубликованы.

Позднепалеолитическая стоянка Большая Аккаржа, расположенная в приморской части Украины, является опорным и наиболее известным позднепалеолитическим памятником в степной зоне Юга Восточной Европы от Нижнего Дона до Дуная и Прута. Эта стоянка хорошо изучена практически на всей площади сохранившегося культурного слоя [22,23]. Кроме значительного числа археологических артефактов, на памятнике были найдены кости степного бизона и немногочисленные раковины наземных моллюсков [24]. Согласно радиоуглеродным датировкам костей бизонов абсолютный возраст стоянки насчитывает 18760 ± 210 (Ki-11306), 19.055 ± 200 (Ki-11340) и 19.200 ± 200 (Ki-11307) лет назад [25]. Ранее опубликованные палинологические данные позволили нам восстановить растительность позднего палеолита в регионе и на сопредельных территориях, подтвердить гипотезу Сапожникова [23] о сезонном характере стоянки, служащей временным убежищем для охотников на бизонов. В пользу сезонности этой стоянки свидетельствует отсутствие или незначительное количество пыльцы рудеральных и антропохорных растений, обычно присутствующих в культурных слоях в аномальных количествах в случаях долговременного поселения там людей [6,27]. Палинологические данные из культурного слоя стоянки указывают на господство ксеротических холодных степей [28,29]. Первые, предварительные данные о палиноморфах грибов из слоев этой стоянки, были недавно опубликованы [30].

В данной работе мы проводим достаточно детальный литературный обзор по использованию палиноморф грибов для палеореконструкций, сопровождаемый обобщенной таблицей (Таб. 1) по распространению некоторых наиболее часто встречающихся таксонов. Мы приводим также данные по палиноморфам грибов из субэаральных позднеплейстоценовых отложений Молдовы и данные по распространению и частоте встречаемости разных таксонов палиноморф в слоях археологической стоянки Большая Аккаржа, расположенной на сопредельной территории в Одесской области, из сохранившихся мацератов образцов, отобранных Сапожниковым в 1991 году из стратиграфического разреза раскопа А [23]. Сравнение результатов из одновозрастных горизонтов естественных обнажений и из археологической стоянки имеют большое значение, демонстрируя также важность палиноморф грибов при оценке антропогенного фактора, так как распространение многих таксонов грибов часто связано с присутствием человека и его хозяйственной деятельностью.

Таблица 1. Основные палиноморфы грибов, используемые для палеоэореконструкций четвертичных отложений (по данным: Van Geel, *et al.* (1983), van Geel *et al.* (2003), van Geel & Aptroot (2006), Cordazzo & Stürmer, (2007))

Палиноморфы грибов	Находки в археологических местонахождениях	Происхождение, распространение
<i>Apiosordaria verruculosa</i> (sin. <i>Tripterospora</i>)	В археологических слоях Бронзового века в Нидерландах	Развиваются на листьях отмерших растений и в навозе (копрофильные грибы)
<i>Arnium</i>	В почвенных образцах из слоёв Романского периода в Нидерландах	Копрофильные грибы
<i>Cercophora</i>	Часто встречается в различных культурных слоях в аномальных количествах, свидетельствуя о большом количестве животных или об их одомашнивании (Нидерланды)	Копрофильные грибы, или грибы, развивающиеся на разлагающейся древесине
<i>Chaetomium</i>	Важный индикатор в культурных слоях археологических стоянок	Грибы, участвующие в разложении древесины, различных растительных и животных остатков (шкура, кожа) и в навозе (копрофильные)
<i>Coniochaeta lignaria</i>	В слоях, свидетельствующих о плотных поселениях соответствующих Романскому Периоду в Нидерландах dense settlement in the Netherlands	Развиваются в навозе (копрофильные) и на древесине отмерших растений
<i>Glomus</i>	Показатель эрозии в почвах, встречается часто в слоях золотого происхождения	Открытые пространства, усиление эрозии, климат более сухой и континентальный в позднем плейстоцене
<i>Neurospora</i>	Торфяники с обугленными растениями (Нидерланды)	Развиваются на обугленной древесине
<i>Podospora</i>	Слои с останками мамонтов и грызунов (Нидерланды)	Копрофильные грибы, субстрат - навоз животных
<i>Pteridiosperma</i>	Бронзовый век (Нидерланды)	Копрофильные грибы (субстрат-навоз)
<i>Sordaria</i>	Обычны в культурных слоях археологических стоянок	Копрофильные грибы
<i>Sporormiella</i>	Обычные в культурных слоях археологических стоянок, в которых встречается большое число различных фаунистических остатков	Копрофильные грибы

3. Материалы и методы

3.1. Естественные обнажения надпойменных террас рек Днестр и Прут

Палинологические исследования четвертичных отложений надпойменных террас Днестра и Прута были начаты в Молдове в 1981 году. Основное внимание уделялось изучению пыльцы и спор сосудистых растений, которые позволяли проводить палеоклиматические и палеоландшафтные реконструкции различных этапов Четвертичного периода. Было проанализировано более 200 образцов, содержащих пыльцу и споры и палиноморфы грибов в образцах из различных обнажений в Молдове (Рис. 1). Во многих палинологических препаратах часто

встречались палиноморфы грибов. Они фиксировались и подсчитывались в каждом препарате. В настоящей работе приводятся данными по распространению палиноморф грибов и частота их встречаемости относительно усредненной суммы пыльцы в горизонтах позднеплейстоценового возраста, которая была установлена ранее [20,21] (Рис. 2).

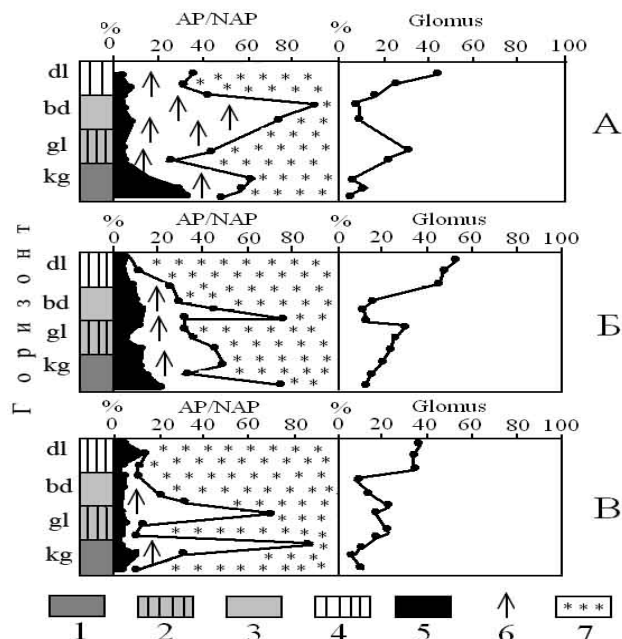


Рис. 2. Диаграмма, отражающая соотношения между AP/NAP (пыльца древесных растений+кустарничков/пыльца травянистых растений) [20] и усредненное процентное содержание грибов *Glomus* по отношению к сумме пыльцы подсчитанной в палинологических препаратах из позднеплейстоценовых отложений Молдовы.

1 - ископаемая почва карагашского горизонта(kg), 2 - лёсс глиновского горизонта (gl), 3 - ископаемая почва бендерского горизонта (bd), 4 - лёсс делакеуского горизонта (dl), 5 - пыльца (%) древесных лиственных растений, 6 - пыльца (%) хвойных растений, 7 - пыльца (%) травянистых растений,

А, Б, В - соответственно северная, центральная и южная части Молдовы.

3.2. Позднепалеолитическая стоянка Большая Аккаржа

В 1991 был проведен послыйный отбор образцов с интервалом 10 см. Споры грибов были проанализированы в 10 образцах. Палинологические исследования спор грибов проводились по одному разрезу А в стоянке Большая Аккаржа (Рис. 3). Под почвенно-растительным слоем (горизонт 0) сверху вниз прослеживаются четыре литологических горизонта (I-IV):

I. Чернозём - 0,0-0,7 м (H1).

II. Лессовидный суглинок серовато-желтого цвета - 0,7-1,0 м (W₃²).

III. Лессовидный суглинок желтый с включениями карбонатов - 1,0-1,3 м (W₃¹).

IV. Погребённая почва красно-бурая с включениями карбонатов - 1,3-2,0 м (W₂₋₃).

Кремневые изделия встречались во “взвешенном” состоянии в I-III горизонтах. Однако наибольшее количество кремневых артефактов было

найдено в нижней части II-го горизонта, где было обнаружено несколько скоплений костей бизонов. На контакте горизонтов II и III найдены остатки линзовидного чуть углубленного очага.

3.3. Химическая обработка образцов

Отобранные образцы были высушены в сушильном шкафу при температуре 60°C. Навески высушенных образцов (около 200 г) обрабатывались по общепринятой методике. Для увеличения концентрации палиноморф проводилось 6-часовое взбалтывание суспензии породы в тяжелой жидкости (водный раствор KI и CdI₂) по методике [31]. Определение спор грибов проводилось согласно известным литературным источникам [9,11,13,14].

4. Результаты и дискуссии

4.1. Естественные обнажения надпойменных террас рек Днестр и Прут

Среди обнаруженных в палинологических препаратах палиноморф грибов *Glomus* (синоним *Rhizophagites* - почвенный микоризный микрогриб [9]) является наиболее распространённым и легко определяемым. Другие морфологические типы грибов встречались значительно реже и спорадически. Поэтому, в настоящей работе мы приводим лишь данные по распространению *Glomus* в позднеплейстоценовых субаэральных отложениях для установления его важности как индикатора ландшафтно-климатических условий. Результаты проведенного анализа встречаемости *Glomus* по отношению к сумме пыльцы травянистых и древесных растений в образцах позднеплейстоценовых горизонтов надпойменных террас Днестра и Прута в северной, центральной и южной частях Молдовы отображены на Рис. 2 А,Б,В. В ископаемой почве карагашского горизонта (kg), формирование которого происходило в условиях межледниковья, способствовавшему расширению облесённости территории и соответственно сокращению ареалов сухих степей, содержание *Glomus* колеблется от 5 до 20%, показывая приблизительно сопоставимые параметры в северной, центральной и южной части Молдовы.

В глиновском горизонте (gl), представленным лёссом, сформировавшимся во время оледенения в перигляциальной зоне, содержание увеличивается (15-25%), достигая максимальных содержаний в северной части Молдовы.

Улучшение климата во время межледниковья, когда формировалась ископаемая почва бендерского горизонта (bd), содержание *Glomus* уменьшается, сохраняя сходные параметры в северной, центральной и южной частях.

В делакеуском лёссовом горизонте (dl), соответствующем позднеледниковью, которое сопровождалось значительным возрастанием аридизации и континентализации климата, отмечено максимально аномальное содержание *Glomus* (до 55%) в центральной части Молдовы.

4.2. Позднепалеолитическая стоянка Большая Аккаржа

В отличие от относительного однообразного состава палиноморф грибов в позднеплейстоценовых субаэральных отложениях естественных обнажений в Молдове, позднепалеолитическая стоянка Большая Аккаржа характеризуется большим таксономическим разнообразием палиноморф грибов. Палинологические результаты представлены на диаграмме (Рис. 3).

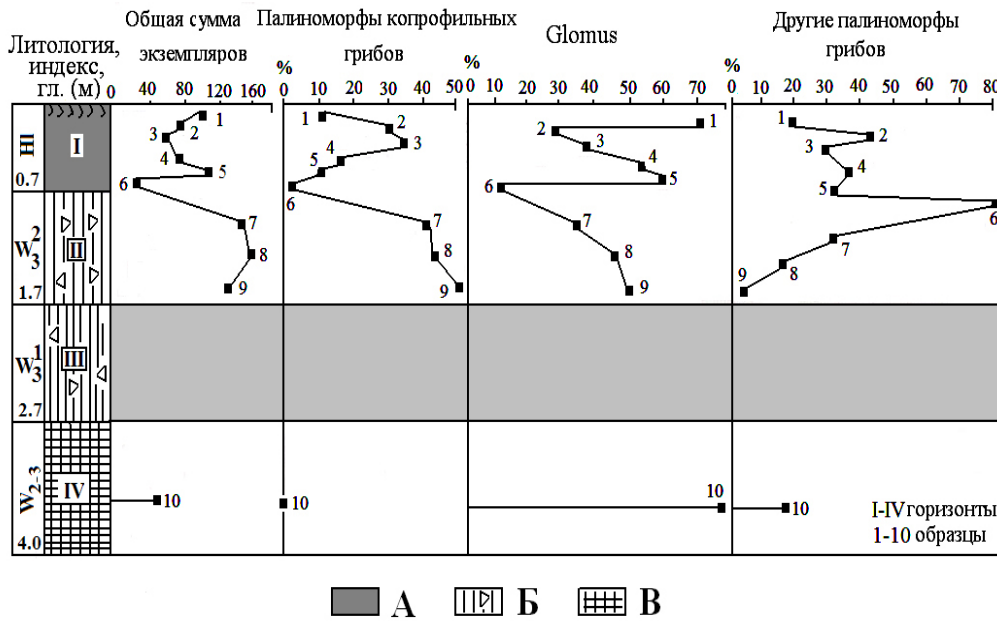


Рис. 3. Диаграмма процентного содержания спор грибов в раскопе стоянки Большая Аккаржа.

А - чернозем,

Б - лёсс, включающий артефакты и палеонтологические остатки,

В - ископаемая почва.

На фототаблице (рис.4) даны микрофотографии наиболее распространённых спор грибов, встреченных в изученных образцах.

Имеющиеся в наличии материалы позволили установить таксоны палиноморф грибов во всех литологических горизонтах, за исключением горизонта III. Этот лёссовый прослой, подстилающий культурный слой, не был охарактеризован палиноморфами грибов, так как на момент исследований палинологические препараты оказались в плохом состоянии, а органические мацераты были полностью использованы при проведении палинологического анализа образцов в 1991 году. Основной интерес был сосредоточен нами на отложениях II-го горизонта, сформировавшихся во время максимума последнего оледенения. Палиноморфы грибов из IV и I горизонтов приведены для сравнения ассоциаций палиноморф грибов из культурного горизонта с подстилающим и перекрывающим горизонтами.

IV-й горизонт (гл. 140-170 см) соответствует дофиновскому времени (W₂₋₃, интерстадиал) унифицированной схемы Украины [32]. Разнообразие спор грибов весьма ограниченное. Всего определено 3 таксона. Абсолютно преобладают споры *Glomus*, которые являются показателем развития эрозийных процессов в условиях преобладания открытых ландшафтов и относительного сухого климата. О спорах *Glomus*, как об индикаторе активных эрозийных процессов, писали некоторые исследователи [19,33]. *Diporisorites* - споры неясной биологической принадлежности. Редкие находки спор грибов *Neurospora*, которые развиваются чаще всего на обугленных частях растений, непосредственно указывают на наличие на стоянке кострищ. Данный вывод подтверждается часто встречающимися обугленными

микрочастичками растений, указывающими на природные или искусственные кострища.

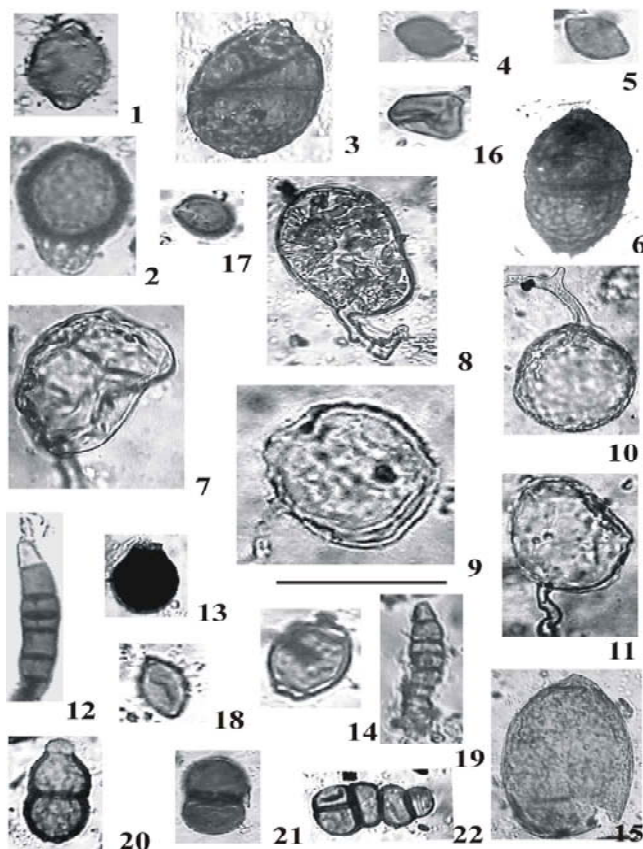


Рис. 4. Микрофотографии палиноморф грибов, обнаруженных в горизонтах I, II, IV стоянки Большая Аккаржа (шкала = 50 μm)

1 - *Apiosordaria*, 2 - *Apiosordaria verruculosa*, 3 - *Arnium*, 4 - *Cercophora*,
5 - *Chaetomium*, 6 - *Diporisorites*; 7-11 - *Glomus*, 12 - *Coryneum*, 13 - Mycogaceae,
14 - *Neurospora*, 15 - *Podospora*, 16,17 - *Coniochaeta lignaria*; 18 - *Sordaria*,
19 - *Helminthosporium*, 20-22 - палиноморфы грибов, которые не были идентифицированы.

II-й горизонт (гл. 75-100 см) соответствует позднему этапу поздневалдайского оледенения, который характеризовался более холодным и континентальным климатом, чем предыдущие этапы. Преобладали ксеротические степи. Отсутствие ели, присутствие эфедры, дифазиума, значительное содержание пыльцы полыни являются бесспорными показателями более сухого и континентального, чем в предыдущем этапе, климата [19]. Небольшое содержание пыльцы рудеральных растений, обнаруженной в культурном слое, может свидетельствовать об относительно непродолжительном времени обитания человека на стоянке, что подтверждается также преобладанием среди палеонтологических остатков костей, принадлежащих особям половозрелых самцов бизонов [29]. В этом слое были обнаружены многочисленные (124-156 экземпляров) и разнообразные (12-16 идентифицированных таксонов) споры грибов. Наиболее представительными являются споры копрофильных грибов (в сумме

39,3-49,2%): *Apiosordaria*, *Chaetomium*, *Coniochaeta lignaria*, *Sporormiella*, *Sordaria*, *Arniium*, *Cercophora*, *Podospora*, *Pteridiosperma*, другие палиноморфы копрофильных грибов, встречаются спорадически. Вышеуказанные споры грибов с преобладанием копрофильных или “dung-inhabiting” грибов были идентифицированы на различных археологических памятниках романского периода, бронзового века, на местонахождениях останков мамонтов позднепалеолитических стоянок в Нидерландах [12,13], а также в поверхностных пробах одного пастбища на восточном побережье Канады [14]. Палиноморфы гриба *Neurospora*, который обычно поселяется на обугленных частях древесины и является хорошим индикатором наличия кострищ и очагов на археологических стоянках, встречались постоянно. Значительные количества *Glomus* свидетельствовали о развитии активных эрозионно-аккумулятивных процессов в условиях холодного и континентального климата. Плесневые грибы: *Diplodia*, *Mycosphaerella* и Мисогасеае также были обнаружены в культурном слое.

I горизонт (гл. 0,0-75 см) соответствует голоцену, стратиграфическая схема которого была предложена норвежским и шведским учёными Блиттом и Сернандером, составленная на основании наблюдений над строением торфяников Скандинавии, и приспособлена Векличем [33] к субаральным отложениям Украины. Небольшое количество проанализированных образцов в этом горизонте позволило нам лишь в общих чертах охарактеризовать различные этапы изменения растительности послеледникового периода, связанные как с климатическими изменениями, так и с развитием хозяйственной деятельности населения этого региона [19,28,34].

В пребореальном и бореальном периодах (гл. 50-75 см) улучшение климатических условий после оледенения способствовало некоторому расширению ареала лесной растительности с широколиственными породами. Среди палиноморф грибов преобладал *Glomus*. Копрофильные грибы в заметном количестве (12,5-14,7%) были представлены: *Chaetomium*, *Coniochaeta lignaria* и *Sporormiella*, которые соотносятся с относительным увеличением пыльцы рудеральных растений (*Polygonum aviculare*, *Convolvulus*, *Plantago major*, *Solanum nigrum*), свидетельствующими о посещении этого места древними людьми.

В атлантическом, более теплом и влажном периоде, (гл. 40-50 см), произошло увеличение содержания пыльцы широколиственных древесных растений. Значительно сократилось относительное количество *Glomus*, связанное с ослаблением эрозионной деятельности. Увеличенное содержание спор копрофильных грибов (до 38,5%): *Apiosordaria*, *Chaetomium*, *Coniochaeta*, *Sordaria*, *Sporormiella* совпадало с увеличенным содержанием пыльцы рудеральных растений, указывающими на наличие в этой местности поселений людей.

К суббореальному и субатлантическому периодам мы предположительно относим отложения (гл. 0-40 см), сформировавшиеся от 4,6 тыс. лет назад до современности. Еще большую роль, очевидно, стали играть антропогенные факторы (развитие пастбищ и земледелия), повлиявшие на усиление эрозионных процессов, индикатором чему может служить увеличение относительной частоты встречаемости *Glomus*. О непосредственной близости человека к стоянке могут свидетельствовать споры копрофильных грибов (12,0-30,0%): *Apiosordaria*, *Chaetomium* и *Coniochaeta lignaria*. Постоянно встречаются в образцах споры грибов-паразитов злаков *Helminthosporium* и *Coryneum*, поселяющихся на живых и отмерших листьях многих растений. О наличии кострищ в этом районе свидетельствуют *Neurospora* и многочисленные обугленные микрочастицы растений.

Выводы

Результаты по изучению палиноморф грибов в позднеплейстоковых субаэральных отложениях из естественных обнажений обнаруживают их однообразное таксономическое однообразие (преобладание *Glomus*), что очевидно, связано с относительно бедным растительным покровом в перигляциальной зоне во время оледенений и усилением эрозионно-аккумулятивной деятельности в условиях сухого и континентального климата. В периоды, соответствующие межледниковьям, почвенный микоризный микрогриб *Glomus* встречается относительно реже, что указывает на ослабление эрозии почв в условиях большей задернованности ландшафтов. Другие палиноморфы грибов были редкими.

Приведенные данные по изучению спор грибов в позднепалеолитическом и голоценовом горизонтах в разрезе позднепалеолитической стоянки Большая Аккаржа показывают их большое таксономическое разнообразие и широкое распространение. Они принадлежат копрофильным грибам, грибам-паразитам, микоризным, а также плесневым грибам.

Наибольшее разнообразие палиноморф грибов отмечено в культурном слое, который соответствует максимуму поздневалдайского оледенения. Наиболее разнообразны и многочисленны копрофильные грибы, свидетельствующие о присутствии на стоянке человека. Постоянно присутствуют споры грибов *Neurospora*, развивающихся на обугленных древесных остатках. Значительное содержание спор *Glomus* указывает на активную эрозию из-за слабой задернованности почв, а также о преобладании эоловых процессов в условиях очень холодного и континентального климата.

В голоценовом горизонте таксономическое разнообразие спор грибов сокращается. Резко уменьшается встречаемость спор копрофильных грибов. Содержание спор *Glomus* колеблется, завися, очевидно, от климатических колебаний в голоцене. Увеличивается разнообразие спор паразитических грибов, развивающихся на живых и отмерших листьях растений (*Diplodia*, *Helminthosporium*, *Coryneum* и *Mycosphaerella*), которые могут быть показателями развития земледелия на сопредельных к стоянке площадях.

Литература

1. W.C. Elsik. Palynology of a Paleocene Rockdale lignite, Milam County, Texas. I. Morphology and taxonomy. *Pollen et Spores*, 1968, 10(2), p. 265-314.
2. W.C. Elsik. Microbiological degradation of sporopollenin. In: Brooks *et al.* (eds.). *Sporopollenin*. New York, 1971, p. 480-511.
3. W.C. Elsik. Microscopic fungal remains and Cenozoic palynostratigraphy. *Geoscience and Man*, 1976, 15, p. 115-120.
4. W.C. Elsik. Annotated Glossary of fungal palynomorphs. *AASP contr.*, 1983, 11, p. 1-35.
5. K.A. Pirozinski. Fungal spores in fossil records. *Palaeopalynology*, 1976, 4, p. 104-120.
6. D.M. Jarsen, W.C. Elsik. Fungal palynomorphs recovered from recent River deposits, Luangwa Valley, Zambia. *Palynology*, 1986, 10, p. 35-60.
7. T.N. Taylor, J.M. Osborn. The importance of fungi in shaping the paleoecosystem. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1996, 90(3/4), p. 249-262.
8. R.M. Kalgutkar. Paleogene fungal palynomorphs from Bonnet Plume Formation, Yukon Territory. *Contributions to Canadian Paleontology*, Geological Survey of Canada, Bulletin, 1993, 444, p. 51-105.

9. А.М. Попов. Микроскопические грибы как объект палинологических исследований. Микология и фитология, 1967, 1, p. 158-163.
10. Н.О. Рыбакова. Палинологические исследования отложений подпрудных озер юго-западного Тянь-Шаня. Позднекайнозойская история озер СССР. Новосибирск: 1982, с. 88-94.
11. V. van Geel. Application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analysis. In: B.E. Berglund (ed.) Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. Chichester: 1986, p. 497-505.
12. V. van Geel, A. Aptroot. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. Nova Hedwigia, 2006, 82(3-4), p. 313-329.
13. M.T. Graf, G.L. Chmura. Development of modern analogous for natural, mowed and grazed grasslands, using pollen assemblages and coprophilous fungi. Review of Palaeobotany and Palynology, 2006, 141, p. 139-149.
14. С.И. Медяник. Результаты палинологического анализа образцов, отобранных стоянке Большая Аккаржа в 1986 и 1990 годах. In: Сапожников И.В. (Ed.) Большая Аккаржа: хозяйство и культура позднего палеолита Степной Украины. Киев, Шлях: 2003, с. 280-286.
15. С.М. Clarke. Differential Recovery of fungal and algal palynomorphs versus embryophyte pollen and spores by three processing techniques. Aspects of Archaeological Palynology: Methodology and Applications. AASP contr., 1994, 9, p. 53-62.
16. S. Medeanic, M.J. Garcia, J.C. Stevaux. A importância dos palinómorfos de fungos e de algas nas reconstruções paleoambientais: estudos em sedimentos superficiais da mata ripária do Alto Rio Paraná, Taquaruçu, MS. Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências, 2004, IX(6), p. 19-40.
17. G.W. Gooday. Biogenesis of sporopollenin in fungal cell walls. In: G. Turian, H.R. Hohl (eds.) The fungal spore. Morphogenetic controls. New York, 1981, 4, p. 487-505.
18. A. Traverse. Paleopalynology. Boston: 1988, 600p.
19. R.V. Limaye, K.P.N. Kumaran, K.M. Nair, D. Padmaiai. Non-pollen palynomorphs as potential palaeoenvironmental indicators in the Late Quaternary sediments of the west coast of India. Current Science, 2007, 92(10), p. 1370-1382.
20. С.И. Медяник, К.Д. Михайлеску. Палеогеографические этапы развития флоры Молдовы в антропогене (по биостратиграфическим и палинологическим данным). Кишинев: Штиинца: 1992, 132с.
21. О.М. Адаменко, А.В. Гольберт, В.И. Осюк, Ж.М. Матвишина, С.И. Медяник, Н.А. Сиренко, А.В. Чернюк. Четвертичная Палеогеография экосистемы Нижнего и Среднего Днестра. Киев, Феникс: 1996, 197с.
22. П.И. Борисковский, Н.Д. Праслов. Палеолит бассейна Днестра и Приазовья. М-Л., 1964, 54с. (Свод археологических источников, №. А 1-5).
23. И.В. Сапожников Большая Аккаржа: хозяйство и культура позднего палеолита Степной Украины. Киев, Шлях: 2003, 304с.
24. Е.П. Секерская. Фаунистический комплекс поселения Большая Аккаржа: по материалам раскопок 1988-1993 годов. In: Сапожников И.В. Большая Аккаржа: хозяйство и культура позднего палеолита Степной Украины. Киев, Шлях: 2003, с. 286-288.
25. F. Djindjian, I.V. Sapozhnikov, V. Stepanchuk, G. Sapozhnikova. Upper Palaeolithic Chronology, Cultural Facies and Economic Complexes of the Northern Black Sea Area. In: J.S.S. Torti *et al* (eds.) IV Symposium de Prehistoria de la Cueva de Nerja «La Cuenca mediterranea durante el Paleolitico Superior 38.000-10.000 anès». Nerja, 2006, p. 46-59.
26. С.И. Медяник, И.В. Сапожников. Природная среда обитания древнего человека на юго-западе Восточной Европы в позднем палеолите (по данным палинологии стоянки Большая Аккаржа и опорных разрезов)ю Stratum plus, 2003-20046 1a, с. 454-466.

27. С.И. Медяник. Результаты палинологического анализа образцов, отобранных стоянке Большая Аккаржа в 1986 и 1990 годах. In: Сапожников И.В. (Ed.) Большая Аккаржа: хозяйство и культура позднего палеолита Степной Украины. Киев, Шлях: 2003, с. 280-286.
28. S. Medeanic, I.V. Sapozhnikov. The Upper Palaeolithic site Bolshaya Akkarzha: palynological records and palaeoenvironmental reconstruction. *Polen*, 2004, 14, p. 561-562.
29. S. Medeanic, I.V. Sapozhnikov. The Late Palaeolithic bison hunter site Bolshaya Akkarzha in the environment of the South-Eastern Europe. *Eurasian Prehistory*, 2006, 4(1-2), p. 87-98.
30. S. Medeanic, I.V. Sapozhnikov. Preliminary data on fungal palynomorphs from the Late Palaeolithic Bolshaya Akkarzha archaeological site. In: Биостратиграфические основы построения стратиграфических схем Фанерозоя Украины (Сборник научных трудов Института геологических наук НАН Украины), 2008, с. 343-348.
31. М.П. Гричук, Г.М. Шумова, И.А. Шипорина. О применении нового метода выделения пыльцы из плейстоценовых лессовых и глинистых отложений. *Вестник МГУ, сер. географ.*, 1967, 3, с. 87-89.
32. И.В. Сапожников. Хроностратиграфическое обоснование для общей и региональных периодизаций позднего палеолита Евразии. *Археология, этнография и антропология Евразии*, 2004, 3, с. 2-11.
33. C.V. Cordazzo, S.L. Stümer. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em *Panicum racemosum* (P.Beav.) Spreng (Poaceae) em dunas costeiras do extremo sul do Brasil. *Atlântica*, 2007, 29(1), p. 65-68.
34. С.И. Медяник, И.В. Сапожников. Палеогеографические условия позднепалеолитической стоянки Большая Аккаржа. *Известия АН Республики Молдова, биол. и хим. науки*, 1992, 3, с. 66-69.

Мырлян Н.³, Медяник С.⁴

Использование фитолитов для палеореконструкций: определение, методы химической обработки и морфологическое разнообразие

Abstract

Phytoliths are microscopic siliceous bodies, composed of biogenic opal that serve for the steady vertical position in many grass plants of open landscapes and fulfill other different functions for plants. In this article, the most common information about phytoliths is given. Vast bibliography on phytoliths concerns their morphology and taxonomic significance for the plant is represented. A new method of chemical treatment of actual plants and the Quaternary sediments to obtain phytoliths is proposed. By way of illustration of phytolith study we showed the first data on phytoliths from recent plants of coastal plain of the Atlantic Ocean in extreme southern Brazil and from different by lithology Holocene sediments. Represented materials on phytoliths may serve as starting point for the phytolith study in the Quaternary sediments of Moldova for the detail regional geological scheme, lithological facie correlation, paleoenvironmental and paleoclimate reconstructions, and using for archaeological site study

Введение

Фитолиты, состоящие из опала, являются природными артефактами, которые встречаются в различных по генезису осадках вместе с пыльцой и спорами высших сосудистых растений [1,2,3]. Некоторые исследователи предлагают термин “силикофитолиты”, чтобы отличать их от клеток, состоящих из оксалатов кальция, которые также могут накапливаться растениями [4]. Другие используют термин “микрофитолиты” [5]. Кремний, из которого состоят фитолиты, встречается как в твердом виде (кварц, фельдшпаты), так и в растворенном состоянии. Кремний, распространенный в подземных водах, адсорбируется растениями и откладывается в виде опала между клетками растения, или заполняет их полностью. В растениях опал может встречаться как в виде крошечных самостоятельных трехмерных клеток или кремнистых клеток самих растений, которые находятся в эпидермисе, корнях, листьях, стволе, покровных волосках и в семенах. У одних таксонов фитолиты могут откладываться преимущественно в листьях, у других - в эпидермисе, и у третьих - в корнях [6]. Роль опаловых клеток для растений очень велика, поскольку они:

- (а) - увеличивают плотность растения,
- (б) - поддерживают его прямостоячее вертикальное положение,
- (в) - способствуют лучшей адсорбции солнечных лучей для осуществления фотосинтеза,
- (г) - служат защитой против заражения грибами,
- (д) - делают растения менее привлекательными для травоядных животных, грызунов и насекомых.

³Институт океанографии, Государственный университет Рио Гранде, Рио Гранде, Штат Рио Гранде до Сул, Бразилия, nmirlean@log.furg.br

⁴Институт геологических наук, Государственный университет Рио Гранде до Сул, Порто Алегре, Штат Рио Гранде до Сул, Бразилия, электронный адрес: svetlana.medeanic@ufrgs.br

Фитолиты очень часто встречаются у однодольных растений, принадлежащих семействам Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae, Palmae, Typhaceae, и значительно реже у некоторых двудольных растений из семейств Plantaginaceae, Cucurbitaceae [7]. Культурные злаковые растения, такие как ячмень, кукуруза, рис, пшеница, овёс и др., обладают большим количеством фитолитов, имеющих различные морфологические признаки [8,9,10,11].

В почвах, лёссах, торфяниках и других типах четвертичных отложений, фитолиты часто встречаются в дисперсном состоянии. В осадках они накапливаются после полного разложения органического вещества у отмерших частей растений [12,13].

Чарльз Дарвин был одним из первых ученых, который обнаружил фитолиты под микроскопом во время своего кругосветного путешествия на Бигле (1831-1836 годы), рассматривая пыль на борту корабля, принесенную во время шторма.

Детальное изучение фитолитов в различных странах началось значительно позже, более сорока лет назад, когда ученые оценили их значение для археологии [14,15,16,17,10,13]. Состоящие из кремния, фитолиты являются более стойкими к разрушению, чем пыльца и споры сосудистых растений и другие органические остатки, от воздействия различных факторов (бактерии, грибы, окисление, переотложение осадков в результате усиления эрозионно-аккумулятивных процессов, и пр.). Важность фитолитов для палеореконокструкций заключается ещё и в том, что они обладают большей, чем другие органические остатки растений, плотностью и встречаются *"in situ"*, сохраняя свою морфологию, после того как растение умирает. Поэтому, фитолиты можно относить к автохтонной группе микрофоссилий. В результате пожаров, прозрачные фитолиты становятся непроницаемыми и имеют черный цвет. Обычно такие фитолиты встречаются в палинологических препаратах осадках вместе с многочисленными обугленными частичками растений (*charcoal*) [14]. Фитолиты у злаков, растущих в лесах, и у злаков из степей имеют различные морфологические особенности, что позволяет использовать их для воссоздания динамики лесной и степной растительности в прошлом [7,11].

В настоящее время применение фитолитов для реконструкций палеорастительности и палеоландшафтов начинает находить всё большее применение в палинологических исследованиях, основными объектами исследований которых до недавнего прошлого были в основном пыльца и споры наземных и водных сосудистых растений. Кроме этого, фитолиты, обнаруженные в отложениях из археологических стоянок, начинают широко применяться для определения типа сельскохозяйственной деятельности древних людей (земледелие, скотоводство) [6]. В европейской части России, изучение фитолитов в почвах различного возраста начали проводиться почвоведом и ботаниками довольно рано [18]. Следует упомянуть и более поздние работы по изучению фитолитов в современных и ископаемых почвах в России [19,20,21]. Во всех вышеупомянутых работах исследователи подчеркивают одну важную особенность фитолитов - их ограниченные способности к переносу вследствие своей большей плотности, чем органическое вещество, что является очень важным фактором при воссоздании истории образования той или иной почвы или лёссов, формирование которых обусловлено многими факторами (климат, тип растительности, рельеф, и др.).

Фитолиты, обладая специфической морфологией присущей определенному виду растений, могут служить также надежными палеонтологическими остатками для воссоздания эволюции многих однодольных растений [8,10,22,23,24]. Согласно современной классификации [11,14], фитолиты у разных таксонов растений различаются по своим размерам, контурам, форме (эллипс, кольцо, трапеции простые и волнообразные, седло, катушка, шипы и др.). В этой статье мы проводим упрощенные рисунки основных морфологических типов фитолитов, установленных Лу и Лиу [14], которые могут быть использованы при описании типов фитолитов, встреченных в отложениях и установлению их таксономической принадлежности (Рис. 1). Разные таксоны растений имеют свой специфический набор морфологических типов фитолитов и различные соотношения по частоте их встречаемости у каждого таксона растений.

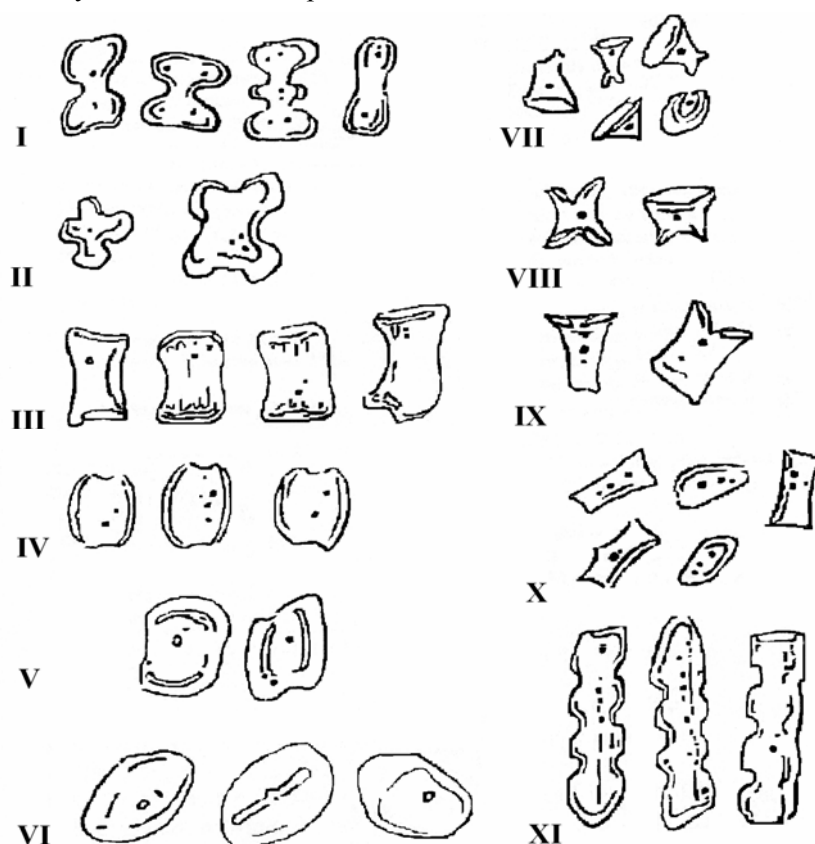


Рис. 1. Основные морфологические типы фитолитов у однодольных растений по классификации Лу и Лиу [11,14]:
 I - двоянные чечевичные доли, II - крестообразные, III - вытянутое седло, IV - укороченное седло, V - уплощённое седло, VI - округлённые, VII - конусовидные уплощённые VIII - усечённые конусы с роговидными отростками, IX - катушка с роговидными отростками, X - округлённо эллипсоидальное седло, XI - трапецевидные с волнистым контуром. (Размеры фитолитов не приведены)

Работая с палинологическими материалами, полученными из различных осадков из скважин, пробуренных на побережье Атлантического океана на крайнем

юге Бразилии, мы обнаружили фитолиты вместе с другими органическими остатками [25]. Хорошая сохранность фитолитов и иногда и их обилие в палинологических препаратах вызвали большой интерес к их изучению, используя публикации, накопленные в настоящее время в мировой литературе.

Ниже мы приводим краткое схематическое описание фитолитов, изученных в некоторых современных растениях злаковых и осоковых, которые позволили нам “узнавать” дисперсные фитолиты в осадках. Представляемая работа имеет методологический характер и сможет помочь в развитии изучения фитолитов в Молдове и их использования для ответов на разные вопросы о колебаниях климата на протяжении Четвертичного периода, о его влиянии на развитие растительного покрова, о естественных и антропогенных изменениях окружающей среды и истории развития человека. Фитолиты, обнаруженные в осадках культурных слоёв археологических стоянок, могут помочь в определении типа хозяйственной деятельности, и какие растения или их семена использовались в пищу древними людьми.

Материалы и методы

Выделение фитолитов из современных растений

Для успешного определения фитолитов, находящихся в седиментах, необходима коллекция фитолитов из современных растений, которая может быть использована для сравнения с дисперсными фоссильными. Получение фитолитов как из современных растений, так и из осадков производится путем химической обработки. Для выделения фитолитов из растительных образцов мы провели экспериментальное опробование различных вариантов обработки позволяющие сохранить фитолиты в неизменном виде. Растительная проба высушивалась при 105С° и измельчалась вручную ножницами до мелких фрагментов, меньше 0,5 см. Навеска измельченного образца, примерно 2 г, помещалась в стеклянные стаканы объемом 50 мл, затем добавляли 15 мл смеси концентрированных серной и азотной кислот в соотношении 4:1. Проба выдерживалась несколько часов (до суток) при комнатной температуре. Потемневшая проба, достигшая вязкого состояния, нагревалась под вытяжкой и упаривалась до объема 3-5 мл при температуре около 100С°. В дальнейшем проба обрабатывалась 30%-ным раствором перекиси водорода порциями по 5 мл до прекращения бурной реакции и полного осветления пробы до белого или светло-желтого цвета. Разложение пробы завершалось упариванием пробы до «влажных солей» и добавлением 30 мл воды. Последняя процедура - центрифугирование проводилась при 3000 об/мин многократно с декантированием дистиллированной водой до нейтральной реакции декантата. Осадок помещался в пластиковую центрифужную пробирку с пробкой и в этом виде был готов к анализу. Из осадка были приготовлены постоянные препараты с консервирующей смесью из глицерина и желатина.

Более упрощенная методика по извлечению фитолитов из растений, предложенная Лу и Лиу [11,14], заключается лишь в обработке растений азотной кислотой в течение 12 часов при комнатной температуре и последующей многократной промывкой полученного осадка дистиллированной водой с использованием центрифуги. На наш взгляд эта методика не всегда может дать положительный результат, потому, что в образцах, помимо фитолитов, могут

содержаться неразложившиеся остатки растений, что может затруднить изучение фитоцитов под микроскопом.

Выделение фитоцитов из осадков

Известно несколько методов обработки образцов для палинологического анализа, применяемых для разных типов образцов: почва, осадки, угли, торф и др. [26,27]. Все эти методы преследуют одну цель - обогащение образца ископаемой пылью и спорами посредством удаления из образца легко разложимой органики, кварца и алюмосиликатов. Поэтому традиционные методики химической обработки образцов используют концентрированные кислоты (в том числе концентрированную фтористоводородную кислоту) для удаления кремния, кварца, частично алюмосиликатов и органического вещества, а также растворы щелочей для более полного удаления гуминовых кислот. При обработке по этим схемам фитоциты или полностью растворяются или эродируются, теряя форму, что не позволяет проводить их идентификацию.

Методика Барбони и др. [3] по извлечению фитоцитов из осадков заключается в первоначальной обработке 10 г седимента уксусной кислотой для удаления карбонатов, последующим окислением органического вещества 30% раствором перекиси водорода при нагревании до 90 С°. В промытый дистиллированной водой, а затем обезвоженный осадок, добавляется раствор бромистого цинка с удельным весом 2,3 г/см³ для разделения осадка на лёгкую (содержащую фитоциты) и тяжёлую фракции (неорганическое вещество). Лёгкая фракция промывается неоднократно дистиллированной водой, и затем изготавливаются постоянные препараты на основе глицерин-желатиновой консервирующей смеси для изучения под микроскопом.

Мы предлагаем обработку почвенных проб для выделения фитоцитов проводить таким же образом, как мы описали выше для растений, но вместо перекиси водорода мы рекомендуем использование перхлористой кислоты с однократным нагреванием и упариванием.

Результаты

Наше изучение фитоцитов мы начали с создания гербария современных растений, наиболее широко распространенных на побережье Атлантического океана на крайнем юге Бразилии - злаковых и осоковых. Исследованиями фитоцитов у современных растений дюн на крайнем юге Бразилии показали их большое морфологическое разнообразие и таксономическое соответствие. У подсемейства Panicoideae преобладают фитоциты в виде чечевичных сдвоенных долек. У фитоцитов из подсемейства Poaceae преобладают трапециевидные и округлой формы морфотипы. Трапециевидные и седловидные фитоциты наиболее часто встречаются у видов подсемейства Chloridoideae. У осоковых (Cyperaceae) фитоциты многочисленны, имеют форму неправильных прямоугольников или укороченных трапеций. Микрофотографии наиболее часто встречающихся морфологических типов фитоцитов изображены на фототаблице (Рис.2).

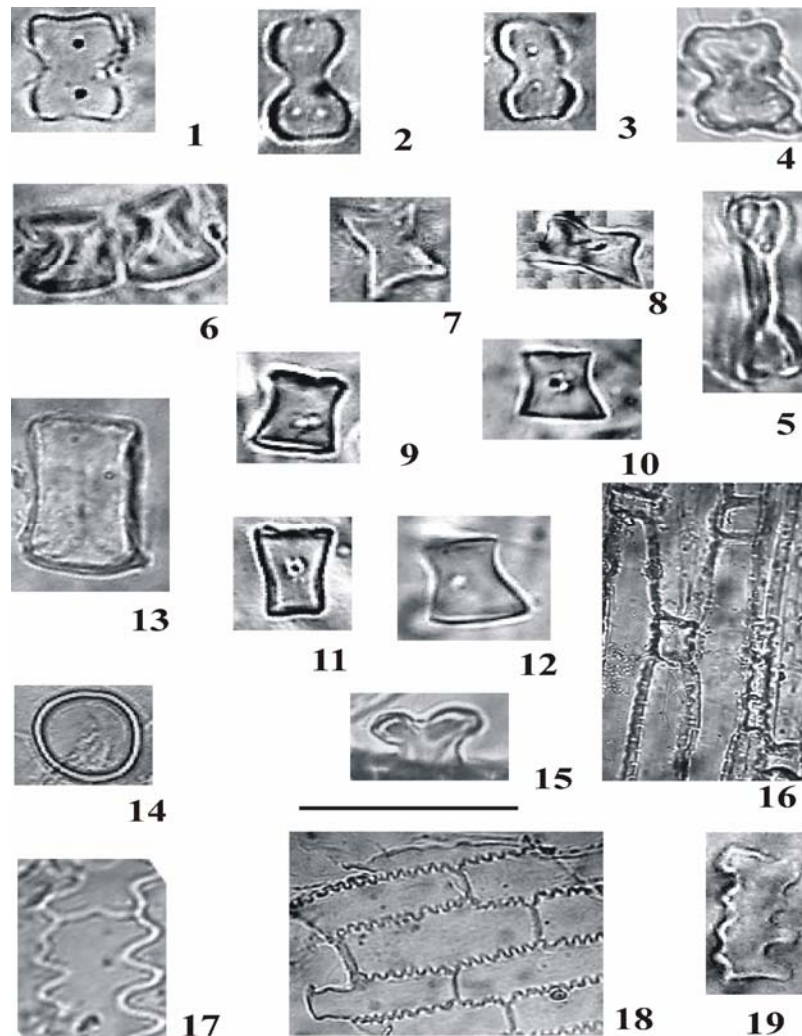


Рис.2. Основные морфологические типы фитолитов обнаруженных в современных растениях и в голоценовых отложениях на крайнем юге Бразилии.

- 1-5 - чечевичные сдвоенные дольки у видов подсемейства *Panicoideae*;
- 6 - усечённые конусы у видов подсемейства *Chloridoideae*;
- 7,8,10 - вытянутое седло у видов подсемейства *Chloridoideae*;
- 9,11,12 - катушка у видов подсемейства *Chloridoideae*;
- 13 - неправильный прямоугольник у видов семейства *Syperaceae*;
- 14 - округлый у видов подсемейства *Pooideae*;
- 15 - усечённый конус с роговидными отростками у видов подсемейства *Chloridoideae*,
- 16 - трапеции с округлыми и удлинёнными сёдлами у видов семейства *Panicoideae*;
- 17-19 - трапеции у видов подсемейства *Pooideae*. Шкала = 30 μ m.

Разнообразие морфологических типов фитолитов в исследованных осадках голоценового возраста немного меньше, чем мы встретили у растений. Наиболее часто встречались фитолиты трапециевидной формы с волнистыми контурами, размеры которых варьировали. Реже встречались фитолиты седловидные и в виде

чечевичных сдвоенных долей. Были также обнаружены фитолиты не похожие на уже изученные нами фитолиты у современных злаков и осок. Очевидно, эти, не идентифицированные фитолиты, принадлежат другим видам семейств рогозовых, ситниковых, которые мы ещё не изучали. По литературным данным, фитолиты растений, принадлежащих этим семействам, характеризуются большим морфологическим разнообразием [28,29].

Наибольшее количество фитолитов было обнаружено нами в голоценовых торфяниках, и наименьшее их количество и разнообразие отмечено в лагунных отложениях. Это хорошо согласуется с выводами исследователей об ограниченном переносе фитолитов по воздуху и посредством водных потоков, и об их захоронениях рядом с материнским растением после его разложения. Количество фитолитов увеличивается в отложениях, сформировавшихся в условиях мелководных бассейнов, по берегам которых росли злаки, осоки, рогозовые и ситниковые (основные “производители” фитолитов). Таковыми на побережье являются отложения солёных и солоновато-водных озёр, болот и междюнных впадин.

Представленные данные являются первыми результатами по изучению фитолитов в Бразилии. В ближайшее время мы планируем изучение фитолитов у других видов растений из разных экосистем побережья юга Бразилии с целью создания полной коллекции, которая послужит в качестве сравнительного материала для идентификации дисперсных фитолитов в четвертичных отложениях и восстановлению по ним истории растительных сообществ.

Выводы

Представленные данные по фитолитам, их определению, функциям у растений, обзор мировой литературы по исследованию и применению для палеореконокструкций представляют несомненный интерес. Эта группа микрофоссилий ещё не нашла своего широкого применения, вследствие слабо разработанных атласов фитолитов в различных регионах, основанных на описании фитолитов у современных растений, специфичных для каждого региона.

Для четвертичных отложений Молдовы, представленных ископаемыми почвами и лёссами, в которых органические остатки в виде пыльцы и спор преимущественно наземных сосудистых растений, встречаются не очень часто, а иногда отсутствуют, фитолиты могут успешно использоваться для различных палеогеографических построений. Поскольку они являются микрофоссилиями неорганического происхождения, их способность к сохранению в субаэральных отложениях значительно выше, чем у пыльцы и спор.

Предложенная методика по выделению фитолитов из растений и седиментов поможет получить наиболее полные экстракты фитолитов.

Литература

1. R.L. Jones. Note on occurrence of opal phytoliths in some Cenozoic sedimentary rocks. *Journal of Paleontology*, 1964, 38, p. 773-775.
2. R. Kondo, T. Sase. Opal phytoliths, their nature and application. *Quaternary Research*, 1986, 25(1), p. 31-63.
3. D. Barboni, R. Bonnefille, A. Alexandre, J.D. Meunier. Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1999, 152, p. 87-100.

4. F. Alvarez, N. Borrelli, M. Fernández Honaine, L. Montti, M. Osterrieth, F. Oyarbide, V. Rossi. Silicofitolitos en medianos e intermedianos costero de mar Chiquita, Buenos Aires, Argentina. *Fitolíticas (GEFACS)*, 4, 2 Encuentro de investigaciones fitolíticas del cono sur. Actas, 2002, *versión electrónica*.
5. A.F. Zucol. Microfitolitos: I. Antecedentes y terminología. *Ameghiana*, 1992, 29(4), p. 353-362.
6. P.C. Twiss. "A Curmudgeon's view of Grass phytolithology. In: J.D. Meunier, F. Colin (eds.) *Phytoliths: Application in Earth Sciences and Human History*. Taylor & Francis, 2001, p.7-26.
7. P.C. Twiss. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: G. Rapp, S.C. Mulholland (eds.). *Phytolith Systematics. Emergent Issue in Advance of Archaeological Museum Sciences*, 1992, 1, p. 113-128.
8. F. Smithson. Plant opal in soil. *Nature*, 1956, 178, p. 107-107.
9. I. Rovner. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research*, 1971, 1(3), p. 343-359.
10. R.F. Fisher, L.C. Newell, W.F. Fisher. Opal phytoliths as an indicator of the floristics of prehistoric grasslands. *Geoderma*, 1995, 68(4), p. 243-255.
11. H. Lu, K. Liu. Phytoliths of common grasses in the coastal environments of southeastern USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 58, p. 587-600.
12. J.W. Geis. Biogenic Opal in three species of Gramineae. *Annals of Botany*, 1978, 42: p. 1119-1129.
13. M.L. Fearn. Phytoliths in sediment as indicators of grass pollen source. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1998, 103, p. 75-81.
14. H. Lu, K. Liu. Morphological variations of lobate phytoliths from grasses in China and the Southeastern USA. *Diversity and Distributions*, 2003, 9(1), p. 73-87.
15. A.S. Barlett, E.S. Barghoom, R. Berger. Fossil opal maize from Panama. *Science*, 1967, 165(3891), p.389-389.
16. I. Rovner. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research*, 1971, 1(3), p. 343-359.
17. D.R. Piperno. The occurrence of phytoliths in the reproductive structures of selected tropical angiosperm and their significance in tropical paleoecology, paleobotany and systematics. *Review of Paleobotany and Palynology*, 1989, 61, p.147-173.
18. Н.И. Усов. Биологическое накопления кремния в почвах. *Почвоведение*, 1943, 9,10, с. 30-36.
19. Г.Л. Ремезова, К.Н. Фёдоров, Е.Ф. Тананыкина. Метод для изучения фитолигов в растениях и почвах. *Почвоведение*, 1974, 29(4), с. 98.
20. А.А. Голуева. Опыт в использовании анализа фитолигов в почвоведении. *Почвоведение*, 1995, 12, с. 1498-1503.
21. А.А. Golutva, L.K. Aleksandrovskii, L.K. Tselishcheva. Phytolithic analysis of Holocene paleosols. *Eurasian Soil Science*, 12(2), p. 46-56.
22. A.F. Zucol. Microfitolitos de las Poaceae argentinas: I. Microfitolitos foliares de algunas especies Del género *Stipa* (Stipeae: Arundinoideae) de La provincia de Entre Rios. *Darwiniana*, 1996, 34(1-4), p. 151-172.
23. A.F. Zucol. Microfitolitos: II. Análisis de las clasificaciones. *Ameghiniana*, 1995, 32(3), p. 243-248.
24. R.M. Albert. Nuevo sistema de análisis descriptivo para fitólitos de sílice. *Pyrenae*, 1995, 26, p.19-38.

25. S. Medeanic, I.C.S. Corrêa, J. Weschenfelder. Palinomorfos nos sedimentos de fundo da Laguna dos Patos, RS: Aplicação nas reconstruções paleoambientais, Gravel, 2007, 5(1), p. 89-102.
26. K. Faegri, J. Iversen. Text-book of pollen analyses. Hafner Press., New York, 1989, 295 p.
27. В.П. Гричук. Метод химической обработки осадков для обогащения органическим веществом для целей спорово-пыльцевого анализа. М., МГУ, 1940, с. 38-52.
28. G.G. Fredlund, L.L. Tieszen. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. Journal of Biogeography, 1994, 21, p. 321-335.
29. P.C. Twiss, E. Suess, R.M. Smith. Morphology classification of grass phytoliths. Proceedings of Soil Science Society of America, 1969, 33, p. 109-115.

*Друмя А.В., Степаненко Н.Я., Илиеш И.И.,
Симонова Н.А., Алексеев И.В.*

Сейсмичность Карпатского региона после сильных землетрясений 30, 31 мая 1990 г.

Резюме

Приведен обзор сейсмичности Карпатского региона за 1991-2008 гг. по данным сети станций Молдовы. Дано распределение числа событий по магнитуде и суммарной сейсмической энергии для различных эпицентральных районов. Большинство землетрясений относятся к области гор Вранча. Определены механизмы 26 очагов землетрясений. Проведено сопоставление поля интенсивности сотрясений по республике с механизмом очага.

Abstract

Review of seismicity for Carpathians has been presented with data from seismic stations of Moldavia. Magnitude distribution of the earthquakes is given for different seismic regions. Majority of the origins belong to Vrancea region. Focal mechanism solutions have been done for 26 focused. Macroseismic investigations have been compared with fault plane solutions

Сильнейшая разрядка сейсмического напряжения в Карпатском регионе произошла 30 и 31 мая 1990 г. на глубине порядка 90 км с эпицентрами, приуроченными к северо-восточной окраине области Вранча. В течение года продолжался процесс афтершоков, затем наступил период относительного сейсмического затишья. Несколько ощутимых толчков, макросейсмическая интенсивность которых на территории Молдовы не превышала 4-5 баллов, отмечено в течение 1991-1994 гг. Затем вплоть до конца 1997 г. наблюдался процесс сейсмического затишья, который сменился активизацией сейсмической деятельности в конце 1997 года. Следует отметить землетрясения, магнитуда которых превышала 5. Это толчки 28 апреля 1999 года и 24 мая 2001 года.

Наконец, 27 октября 2004 г. в северо-восточной части эпицентральной зоны Вранча произошло событие максимальное по своим проявлениям за весь период после сейсмического дубля 1990 г. Очаг залегает на глубине порядка 100 км и приурочен к той вранчской зоне, откуда начинался процесс разрывообразования землетрясения 30 мая 1990.

Это событие хотя и уступает по своим энергетическим характеристикам сильнейшим землетрясениям области Вранча, но значительно превосходит по магнитуде уровень сейсмического фона. Землетрясение 27 октября ощущалось на территории Румынии, Болгарии, Молдовы, Украины, Сербии, востоке Венгрии и в Турции. В статье [1], посвященной данному событию, описаны макросейсмические эффекты на территории Украины и Молдовы. На рис.1 приведена карта изосейст землетрясения 27 октября, построенная по данным наблюдений молдавских и украинских сейсмологов [1]. Наибольшая интенсивность в 7 баллов наблюдалась на юге Молдовы. Шестибалльные колебания охватывают юго-западную часть

Молдовы и Одесской области Украины. Изосейста в 5 баллов проходит между городами Белгород-Днестровский и Одесса северо-западнее Днестровского лимана, на севере захватывая город Сороки. Четырехбалльные сотрясения на востоке достигли Запорожья, на севере распространились до Чигирина и Козятина. В Киеве интенсивность составляла 2-3 балла (рис 1). Затем в течение 2005 года происходил процесс разрядки напряжения и после этого наступил новый этап подготовки сильного промежуточного вранчского землетрясения, который продолжается до настоящего времени.

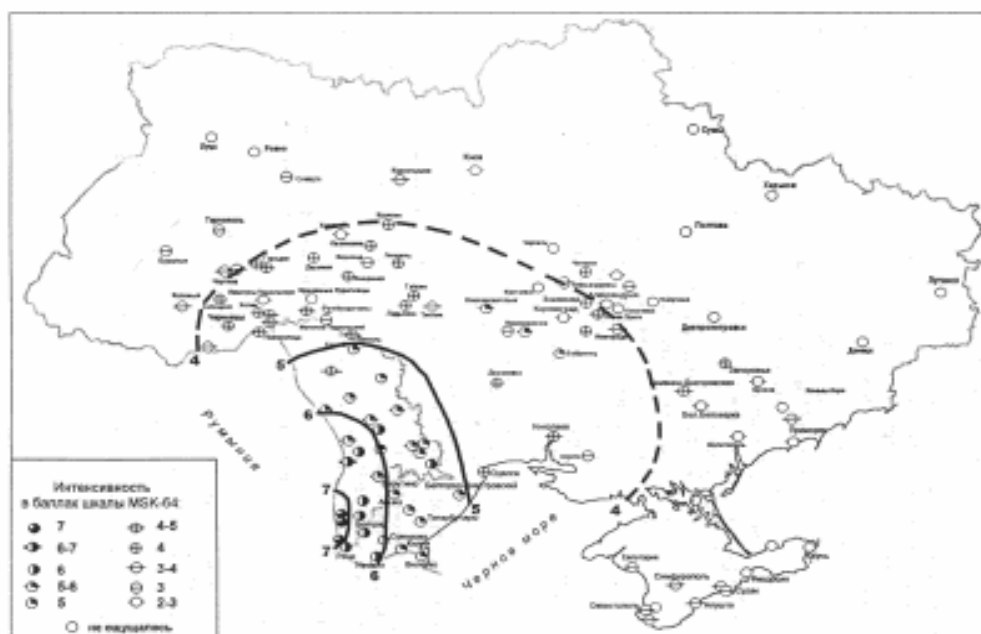


Рис.1. Сводная карта изосейст землетрясения 27 октября 2004 г. на территории Украины и Молдовы по [1].

Для изучения особенностей сейсмического процесса за период 1991-2008 гг. были использованы инструментальные и макросейсмические данные сети сейсмических станций Молдовы, инструментальные данные следующих агентств:

- Международного Сейсмологического Центра (ISC - International Seismological Centre, Berkshire United Kingdom),
- Геофизической службы РАН (г. Обнинск),
- Европейского Средиземноморского сейсмологического Центра (EMSC - European-Mediterranean Seismological Centre),
- Национального Института Физики Земли (ROM - National Institute of Earth Physics, Romania),
- Румынского Института Прикладной Сейсмологии (IRSA - Romanian Institute for applied Seismology),
- Национальной Академии Наук Украины,
- Геологической службы США (NEIC, USGS/NEIC USA) U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey).

Как известно из анализа многолетних наблюдений, основная сейсмическая опасность Карпатского региона обусловлена регулярным действием промежуточных очагов области Вранча.

Сейсмический режим области Вранча проанализирован по годовым интервалам на основе каталогов землетрясений. За рассматриваемый период времени представительными явились землетрясения с $M_{Sm} \geq 3$.

На рис.2 для подкорových землетрясений области Вранча показан временной ход сейсмического процесса (а) и выделения сейсмической энергии $\sum E = \sum 10K \text{ Эрг}(\text{б})$, где K – энергетический класс землетрясения $K = 4 + 1,8 M$, каталог ROMPLUS [2]. Расчет производился с шагом 0,5 года, с минимальной магнитуды $M_w=3.5$.

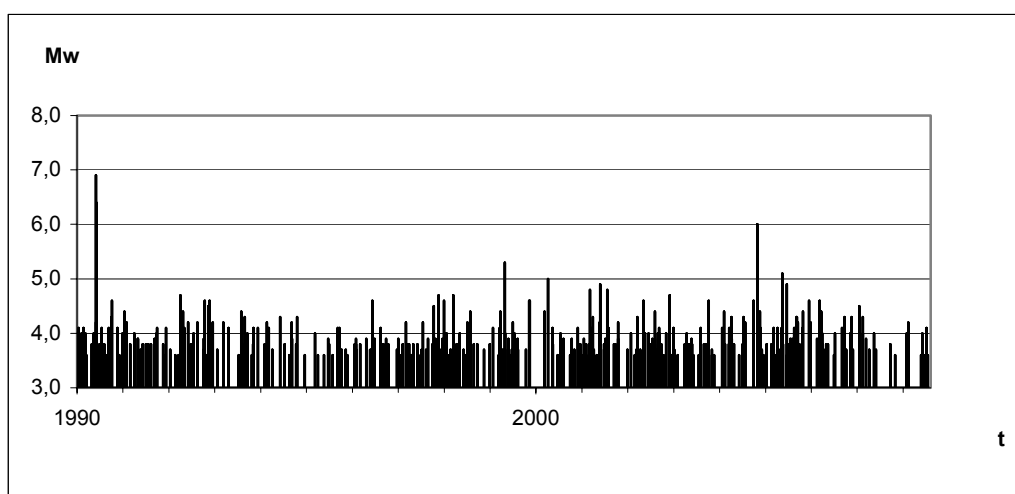


Рис.2. Распределение во времени сейсмических событий ($M_{Sm} \geq 3.5$)

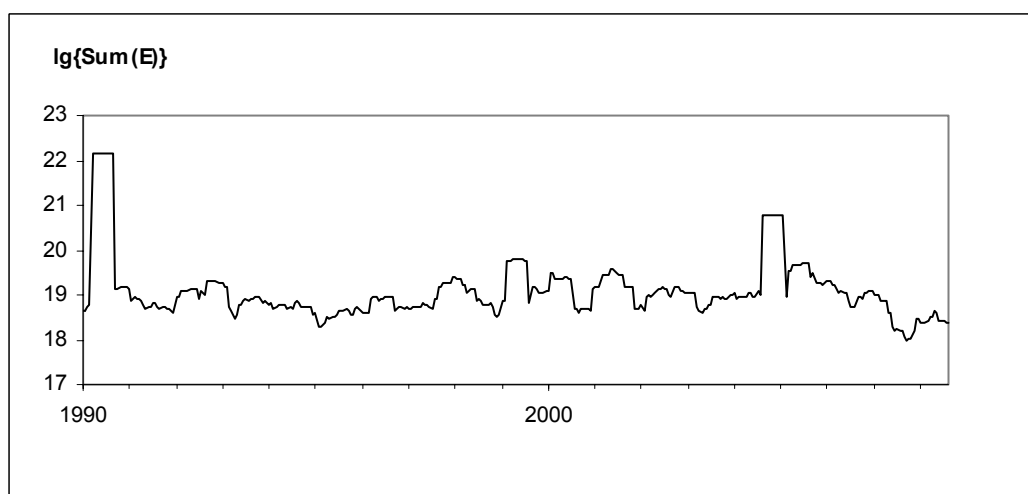


Рис.3. Временной ход выделения сейсмической энергии в Дж

После землетрясений 1990 года (первый максимум) увеличение выделения сейсмической энергии наблюдалось в 1999 и 2004 годах.

На рис. 4а, б представлена карта эпицентров промежуточных землетрясений области Вранча за 1991-2008 гг. и вертикальный разрез очаговой зоны. Параметры гипоцентров взяты из каталога ROMPLUS [2].

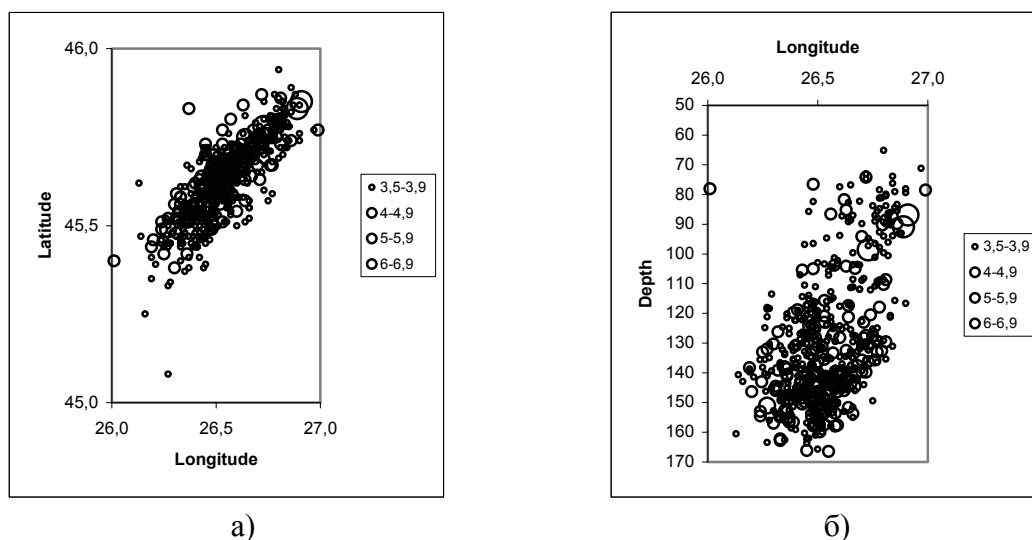


Рис.4. Распределение эпицентров очагов промежуточных землетрясений области Вранча в плане (а) и на вертикальном разрезе (б).

Как видно из рис. 4а, эпицентральная зона имеет форму овала с большой осью длиной порядка 80 км, вытянутой с юго-запада на северо-восток. Глубина очагов варьирует в интервале от 60 до 170 км (рис. 4б). Основное число гипоцентров приходится на этаж глубин 120-150 км.

Из коровых землетрясений следует отметить событие 11 июня 1996 года, очаг которого приурочен к зоне землетрясений Предкарпатского прогиба и землетрясение 19 января 2000 года с очагом на северо-востоке Румынии (район Молдова). Последнее событие ощущалось на северо-западе нашей страны.

За наблюдаемый период времени произошли также коровые землетрясения области Добруджи 3 октября 2004 г и 7 мая 2008 г., которые проявились на территории республики интенсивностью до 4 баллов.

В табл. 1. приводится список землетрясений Карпатской зоны, колебания от которых ощущались на территории страны в 1991-2008 гг. Для 23 из них, наиболее проявившихся на территории республики, сотрудниками Института геологии и сейсмологии АН РМ собран макросейсмический материал и оформлен в виде таблиц и карт пунктов – баллов. Для столицы указано эпицентральное расстояние, азимут от эпицентра и интенсивность сотрясений в баллах. Интенсивность землетрясений определялась по шкале MSK-64.

Наиболее сильному макросейсмическому воздействию подвержена юго-западная часть страны, которая согласно карте сейсмического районирования относится к 8-балльной зоне. За исследуемый 17 – летний период интенсивность колебаний на юге Молдовы не превышала 7 баллов. Сильно проявились

землетрясения 12 октября 1992 г., 26 августа 1993 г., 13 марта 1998 г., 28 апреля 1999 г., 24 мая 2001 г и 27 октября 2004 г. Описание макросейсмических проявлений, таблицы и карты пунктов-баллов приведены в ежегодных выпусках сборников «Землетрясения Евразии» и «Сейсмологический бюллетень Украины» [3-4].

Таблица 1. Список землетрясений, которые ощущались в Молдове в 1991 - 2008 году

№	Дата	Время в очаге	M sm	h, km	Az, °	Δ, km	Балл в Кишиневе
1	13 01 1991	03 23	5,2	132	48	217	4
2	31 03 1992	15 04	4,6	140	49	230	3
3	23 04 1992	16 44	4,4	106	47	240	3
4	02 06 1992	12 12	4,1	157	47	240	2
5	12 10 1992	19 33	4,6	116	47	241	4
6	10 11 1992	01 17	4,5	152	49	236	3 – 4
7	21 11 1992	12 55	5,1	134	49	213	3 – 4
8	09 03 1993	14 17	4,3	151	47	240	3
9	30 07 1993	14 25	4,9	130	50	226	3
10	26 08 1993	21 32	5,1	144	48	220	4
11	27 02 1994	19 29	4,0	100	47	210	2 – 3
12	18 10 1994	09 00	4,8	140	47	240	3
13	06 09 1995	10 58	4,3	120	47	240	2 – 3
14	07 06 1996	05 09	4,4	130	47	240	2 – 3
15	11 06 1996	21 45	4,6	43	30	140	3 – 4
16	01 03 1997	19 26	4,0	110	50	220	2
17	11 10 1997	18 59	4,7	113	45	200	3 - 4
18	18 11 1997	11 23	5,1	119	47	201	3
19	30 12 1997	04 39	5,5	150	42	243	4
20	13 03 1998	13 14	5,1	156	50	254	3 – 4
21	28 04 1999	08 47	5,9	150	48	260	4 – 5
22	08 03 2000	22 11	4,4	80	47	210	2
23	06 04 2000	00 10	4,6	137	48	220	3 – 4
24	04 03 2001	15 38	5,1	150	49	257	3
25	24 05 2001	24 17	5,2	144	51	229	4
26	20 07 2001	05 09	5,2	133	47	213	3-4
27	25 01 2002	10 06	4,0	128	46	225	2
28	16 03 2002	22 39	3,9	142	48	240	2
29	03 05 2002	18 31	4,6	169	50	250	3
30	03 08 2002	12 40	4,0	145	48	225	2
31	06 09 2002	05 04	4,3	116	50	230	2
32	30 11 2002	30 08	4,5	168	50	220	3 – 4
33	05 10 2003	05 21	4,5	146	50	237	4
34	07 02 2004	11 58	4,2	140	49	220	2
35	10 07 2004	00 34	4,6	153	50	230	2
36	27 09 2004	09 16	5,2	151	50	235	4
37	03 10 2004	09 02	4,7	54	357	202	3
38	27 10 2004	20 34	5,8	99	51	219	5-6
39	17 11 2004	11 31	4,4	135	48	210	3
40	14 05 2005	01 53	5,3	159	50	233	4
41	18 06 2005	15 16	5,3	140	48	217	3 – 4
42	13 12 2005	12 44	4,8	140	47	230	2
43	06 03 2006	10 40	4,1	148	47	220	3
44	23 09 2006	05 44	3,9	137	47	240	2
45	07 05 2008	08 00	5,2	10	319	252	3

Характерной особенностью всех вранчских промежуточных землетрясений является вытянутость изосейст в направлении с юго-запада на северо-восток. В некоторых случаях она выражена довольно ярко, в некоторых проявляется увеличение интенсивности колебаний к востоку или к северу. Некруговой характер полей интенсивности сотрясений обусловлен тремя обстоятельствами: а) - протяженностью очага и ориентацией плоскости разрыва, б) - горизонтальной неоднородностью среды, по которой распространяются сейсмические волны, в) - местными грунтовыми и другими условиями в пункте наблюдений на земной поверхности. При равных условиях “б” и “в” различие в форме изосейст промежуточных землетрясений гор Вранча может быть связано с механизмом очагов землетрясений.

Для 26 землетрясений были построены механизмы очагов по знакам первых вступлений Р-волн на близких и удаленных станциях [5] по методике А.В. Введенской [6]. В статье [7] рассматривались полученные нами 18 решений механизмов очагов карпатских землетрясений за 1990 – 2005 гг. Следует отметить, что решения по мере получения дополнительной информации пересматривались. Окончательный вариант параметров механизмов в проекции нижней полусферы приводится ниже (табл.2). Для многих землетрясений имеются решения других авторов, в том числе решения по методу тензора момента центра [5].

Происшедшие землетрясения промежуточной глубины зоны Вранча характеризовали деформацию очаговой области как сжатие в субгоризонтальной плоскости и растяжение в субвертикальной плоскости. Оси сжатия Р и промежуточного напряжений близгоризонтальны. Сжатие направлено вкрест простирания тектонических структур. Нодальные плоскости, в основном, параллельны осевой линии Карпатской дуги. В очагах наблюдаются взбросо-сдвиговые подвижки. Выявлено три основных типа системы напряжений. Это система, которая характеризуется почти горизонтальными сжатиями, ориентированными в северо-восточном направлении. Она относится к северной ветви Карпатской дуги – Восточным Карпатам. Горизонтальные составляющие другой системы ориентированы в направлении, близком к нормали к осевой линии Южных Карпат. Азимут простирания нодальных плоскостей третьей системы совпадает с простиранием осей складок на тектонической карте в районе изгиба Карпатской дуги.

Механизмы коровых землетрясений носят другой характер. Подвижка в очаге обусловлена действием горизонтального растяжения и вертикального сжатия. Нодальные плоскости имеют пологий угол скольжения. Тип движения в очаге – сбросо-сдвиг.

Из теоретических источников [9] известна связь механизма очага землетрясения и поля распределения интенсивности сейсмического сигнала на поверхности Земли. В работах О.В. Соболевой [10] и Д. Энеску [11], используя данные о механизмах очагов сильных землетрясений в области гор Вранча, было проведено сопоставление области максимальных теоретических смещений для сильных землетрясений и положения макросейсмических изосейст. Получено, что теоретические и наблюдаемые изосейсты хорошо согласуются.

Таблица 2. Параметры механизмов очагов землетрясений Карпатского региона в 1991-2008 гг.

Дата, д м г	h, км	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						N/n
		T		N		P		NP1			NP2			
		PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
13 01 91	132	78	285	10	127	4	37	317	50	105	116	40	73	99/9**
31 03 92	140	82	28	7	204	0	114	196	46	80	30	46	100	72/13
12 10 92	106	70	83	18	230	12	324	220	60	70	74	34	118	85/11
10 11 92	152	75	164	3	64	15	334	236	60	93	62	30	87	52/8
21 11 92	134	62	80	4	339	18	248	160	74	95	326	18	87	112/11
26 08 93	144	86	340	7	67	1	75	172	44	87	346	46	94	119/15
11 06 96	32	4	246	2	337	85	67	335	40	-91	157	50	-88	22/5
30 12 97	139	66	252	24	71	2	342	274	50	133	47	40	58	54/6*
13 03 98	156	60	264	26	56	13	152	42	64	58	274	40	136	81/8*
28 04 99	150	74	120	16	286	3	16	272	50	70	123	45	114	77/5*
08 03 00	80	80	100	8	284	2	193	111	46	101	274	44	76	61/9*
06 04 00	137	65	141	3	56	25	314	226	70	93	39	20	83	98/5*
04 03 01	150	83	226	6	90	5	1	276	50	98	84	40	82	34/5*
24 05 01	144	76	114	3	218	13	308	216	60	86	43	30	96	66/5*
20 07 01	133	95	29	2	293	5	203	115	50	93	295	40	88	60/6*
30 11 02	168	34	254	14	154	52	40	150	80	-105	26	18	-36	79/15*
05 10 03	152	84	356	2	242	5	125	240	40	87	64	50	92	42/6*
07 02 04	140	82	66	7	206	6	256	200	50	82	32	40	100	32/5
10 07 04	153	70	103	20	298	5	206	275	44	58	135	54	116	40/5*
27 09 04	151	68	262	23	70	6	162	274	44	123	52	56	62	97/9*
03 10 04	8	06	221	36	312	54	124	276	50	-140	160	60	-48	60/10*
27 10 04	99	81	147	10	328	1	237	157	46	104	347	46	76	210/17*
17 11 04	135	68	122	19	272	18	146	117	40	150	30	70	56	29/5
14 05 05	159	84	292	3	186	5	93	183	40	86	08	50	94	102/10*
18 06 05	140	82	38	6	282	6	192	275	40	80	107	44	95	54/4*
13 12 05	140	50	256	34	54	12	147	275	45	142	36	64	42	44/3*

Примечание: знаком * отмечены землетрясения, для которых есть другие решения:

* - [2]; ** - [7]; N – число используемых для построения знаков; n – число знаков, не согласующихся с решением.

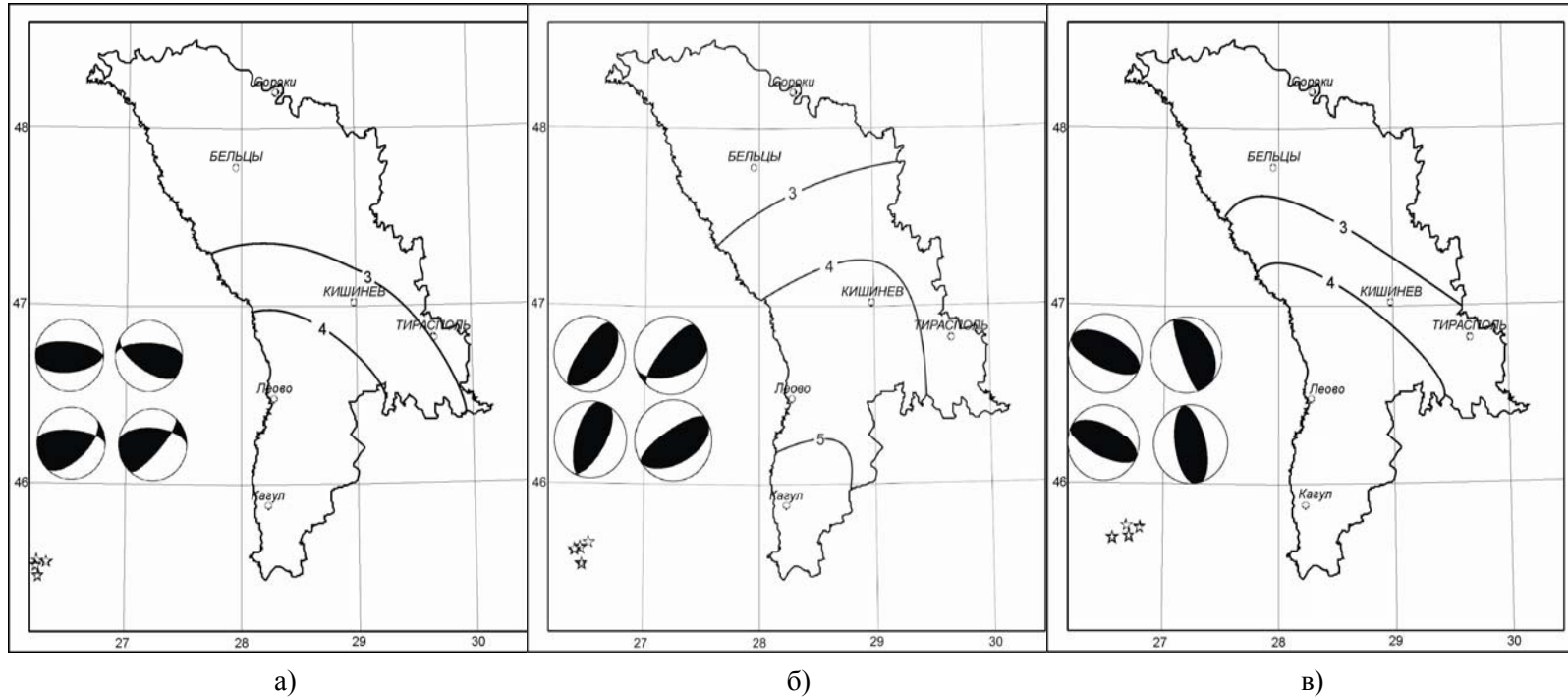


Рис.5. Макросейсмический эффект по Молдове в зависимости от ориентации нодальных плоскостей:
 а) – северо-запад – юго-восток; б) – северо-восток – юго-запад; в) – восток – запад.

Для того, чтобы выявить влияние механизма очага подкорового землетрясения на макросейсмический эффект по республике, были построены обобщенные макросейсмические карты для различных направлений нодальных плоскостей (рис. 5). Балльность в пунктах для каждого землетрясения нормировалась по магнитуде. Рассматривались события за 1991 по 2001гг. с надежным механизмом очага, для которых был собран макросейсмический материал.

Визуальный анализ наблюдаемых сотрясений в зависимости от ориентации плоскости разрыва показал следующее. Увеличение интенсивности колебаний почвы наблюдается: в случае а) – в северной части республики, б) - в северо-восточном направлении, в) – к востоку. При равных величинах землетрясений наблюдаемый макросейсмический эффект проявляется сильнее в случае (б). Можно сказать, что землетрясения с ориентацией нодальных плоскостей на северо-восток – юго-запад являются наиболее опасными для территории Молдовы.

Литература

1. Скляр А.М., Князева В.С., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. и др. Макросейсмический эффект карпатского землетрясения 27 октября 2004 года на территории Украины и Республики Молдова. Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. Севастополь, 2006. С. 132-144.
2. Каталог ROMPLUS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infp.ro/catal/catal.html-ROMPLUS> (Romplus catalogue RoNet analog seismograms Нуро/Нуроплюс програм).
3. Землетрясения Северной Евразии за 1995 – 2002 гг. Обнинск: ГС РАН, 2001-2008.
4. Сейсмологический бюллетень Украины за 1993 – 2005 гг.- Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС ОСОБЗ, 1996 – 2008.
5. Bulletin of the International Seismological Centre for 1991-2001. – International Seismological Centre, On-line Bulletin, <http://www.isc.ac.uk/> Bull, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom.
6. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1972. – 192 с.
7. Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Механизмы очагов землетрясений области Вранча, происшедших после событий 30, 31 мая 1990 года. Buletinul Institutului de Geofizica si Geologie al ASM. №1, 2005. P. 27-34
8. А.О. Mostryukov, V.A. Petrov. Catalogue of focal mechanisms of earthquakes 1964-1990. - Moscow, 1994.
9. Б.И. Костров. Механика очага тектонического землетрясения. Москва, Наука, 1975.
10. О.В. Соболева. Влияние механизма очага на распределение интенсивности сотрясений в эпицентральной зоне глубокого землетрясения. Труды X генеральной ассамблеи ЕСК, Ленинград, 3-11 сентября 1986, том II, с. 20-31.
11. D. Enescu. The focal mechanism – the main determining factor of isoseismal line general shape for Vrancea earthquakes. Recent seismological investigations in Europe. Proceeding of the XIX general Assembly of the European seismological commission, Vjscow, October 1-6, 1984, 238-246.

Буртиев Р.З.

О статистическом подходе к картированию сейсмической опасности больших территорий

Резюме

Современный уровень развития компьютерных технологий позволяет строить многомерные стохастические модели сейсмического режима и карты сейсмической опасности больших территорий. Попытки в этом направлении были сделаны много лет назад. Главным препятствием на пути применения марковских моделей для вероятностного определения потока землетрясений была размерность модели, проблема известная в теории применения марковских цепей под названием "проклятые размерности". В зависимости от включения новых параметров в модель размерность увеличивается на один множитель.

1. Вероятностная оценка сейсмической опасности

В качестве оценки сейсмической опасности предлагается вероятность:

$$P_{(\varphi\lambda)}(t,n,m,I)$$

того, что в географической точке (φ, λ) за время t , случится n землетрясений, m из них с силой не менее I . Для вычисления этой величины нужно умножить вероятность $P(t,n)$ того, что за время t , в очаге произойдут n землетрясений, на вероятность $P(n,m,I)$ того, что m из n толчков, будет иметь силу не менее I . Для вычисления этой величины необходимо определить место возникновения и магнитуду землетрясений. Под параметрами землетрясений будем подразумевать координаты очага и магнитуду. Очаг землетрясений охватывает некоторое пространство геофизической среды. Если это пространство и диапазон магнитуды землетрясений разбить на непересекающиеся 4-х мерные интервалы, то параметры каждого землетрясения будут принадлежать одному, и только одному интервалу. Закон затухания интенсивности будет соотносить землетрясению толчок с силой I в точках макросейсмического поля. Очаг землетрясений можно рассмотреть как физическую систему в случайные моменты времени меняющую свое состояние [1]. В дальнейшем, состояниями системы будут называться 4-х мерные интервалы. Пространством состояний является совокупность всех состояний:

$$E = \{\varepsilon_l\}, l=1,s,$$

где: s - число состояний.

На основе марковской модели потока землетрясений можно определить распределение параметров землетрясений по состояниям. Использовались каталоги: ISC, PDE, ROMPLUS, NEIC, USGS. Для преобразования магнитуд: MW , MS , MD , ML в магнитуду m_b использовался регрессионный метод. На рисунке 1 отмечены эпицентры использованных землетрясений.

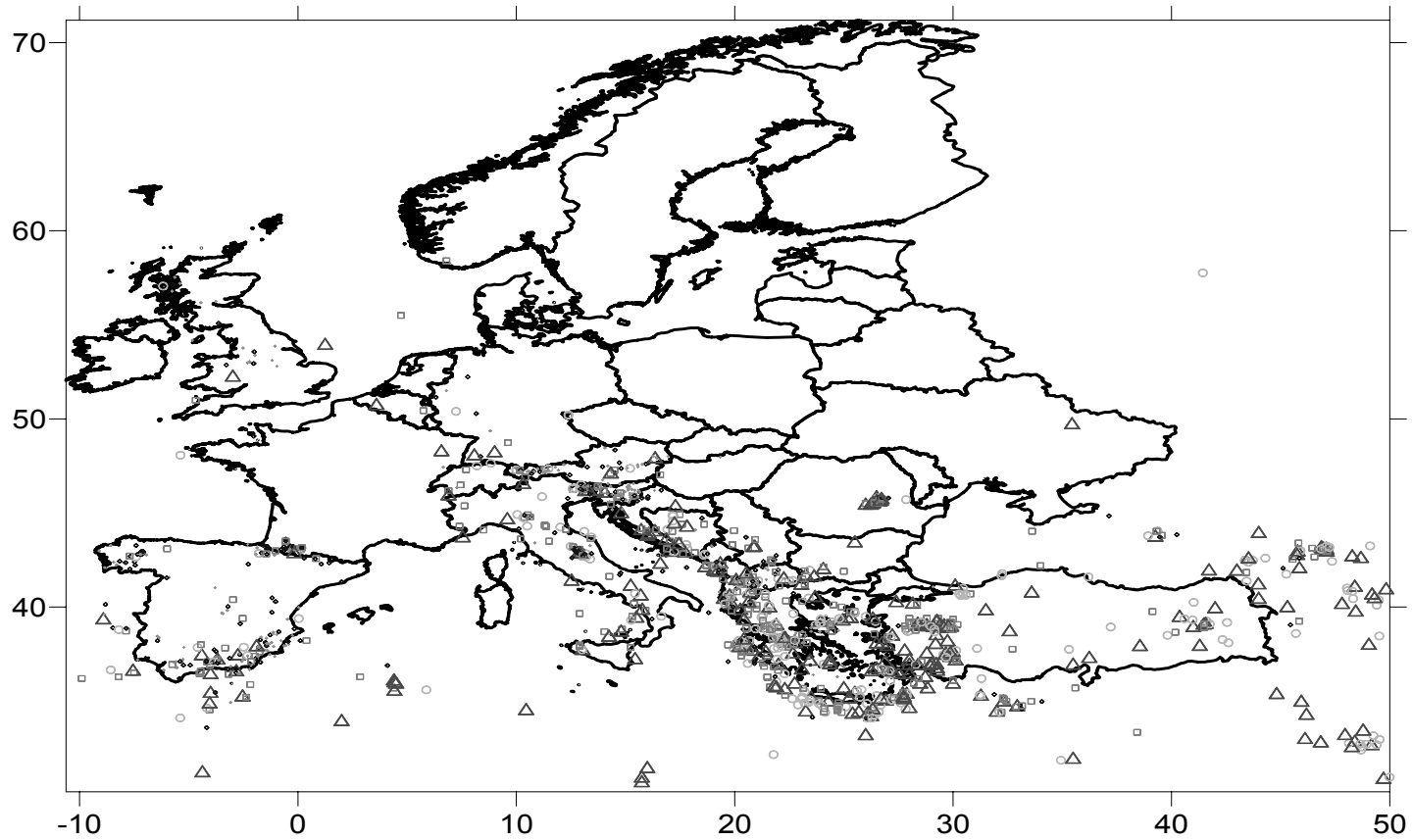
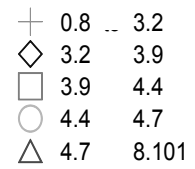


Рис.1. Расположение эпицентров землетрясений, использованных для исследования.



В уравнение макросейсмического поля вставлялось значение m_b магнитуды. Далее, пространство состояний можно разбить на два подпространства:

$$E = E' \cup E''$$

где E'' является объединением состояний параметров землетрясений, способных вызвать в точке (φ, λ) толчок с силой не менее I ;

$$P(E'') = \sum_{i=1}^s p_i I_{\varepsilon_i} (I \geq i) = p$$

где: s - число состояний, а $i=1, \dots, 12$.

Тогда, выбор m землетрясений из n будет происходить по биномиальной схеме:

$$P(n, m, I) = C_n^m p^m (1-p)^{n-m}$$

Умножая на вероятность $P(t, n)$ можно получить выражение для вычисления вероятности:

$$P_{(\varphi, \lambda)}(t, n, m, I) = P(t, n)P(n, m, I)$$

Точка может находиться в зоне влияния некоторого числа L очагов землетрясений. Каждый очаг с вероятностью $P^l_{(\varphi, \lambda)}(t, n, m, I) = P(t, n)P(n, m, I)$, будет определять “сейсмическую погоду” в макросейсмическом поле очагов. Суммарная сейсмическая опасность вычислялась по формуле:

$$P_{(\varphi, \lambda)}(t, n, m, I) = \sum_{n_1 + \dots + n_L} P^1_{(\varphi, \lambda)}(t, n_1, m, I) \dots P^L_{(\varphi, \lambda)}(t, n_L, m, I)$$

В этом выражении суммируются C_{n+L-1}^L слагаемых, что заметно увеличивает время выполнения программы, составленной на языке “ФОРТРАН”. Географический прямоугольник $[30^0, 70^0] \times [-10^0, 50^0]$ покрывался сетью с шагом дискретности $0,2^0$. Карта строилась с помощью программы “SURFER 8”. На рисунке 2 приведена карта сейсмической опасности территории, которая находится под воздействием 52 очаговых зон.

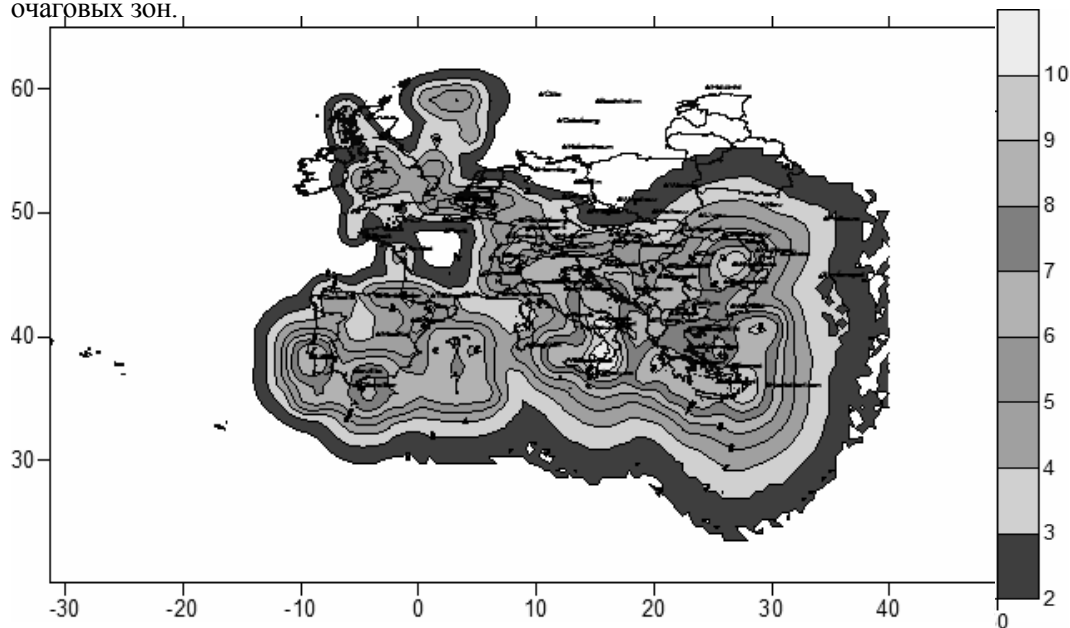


Рис.2. Карта сейсмической опасности исследуемой территории.

2. Вероятностная модель “сейсмической погоды”

Сила сейсмических толчков оценивается с погрешностями на основе макросейсмических наблюдений:

$$I = \bar{I} + \varepsilon$$

где: \bar{I} – истинное значение интенсивности, ε – погрешность.

Составляющими погрешности являются многие факторы: ошибка эксперта при осмотре повреждений; ошибка при классификации типа зданий; погрешности при определении геологических условий среды и т.д. Функция затухания интенсивности является аппроксимацией истинного значения силы толчков. Предполагается, что суммарная погрешность, следовательно, и оценка I , является нормально распределенной случайной величиной $N(a, \sigma^2)$ [3]. Тогда, условная вероятность:

$$p_i^k = P\{i - 0.5 \leq I < i + 0.5 / \varepsilon_i\}$$

того, что землетрясение с параметрами из некоторого состояния ε_l вызовет толчок с интенсивностью из полуоткрытого интервала $\{i - 0.5, i + 0.5\}$, является статистическим описанием “сейсмической погоды” в макросейсмическом поле очага. Сила толчка I , является непрерывной величиной, и цифруется с шагом дискретности в полбалла.

Умножая матрицу условных вероятностей:

$$P(I / E) = (p_l^i), \quad i=0, \dots, 12; \quad l=1, \dots, S,$$

на вектор распределения состояний $\pi = (\pi_l)$, получим безусловное распределение интенсивности толчков:

$$(I) = P(I/E) \pi.$$

Если случится n землетрясений, то в точке (φ, λ) могут произойти $0 \leq n_i \leq n$ толчков с силой I . Распределение числа сейсмических толчков по интенсивности будет соответствовать полиномиальной схеме:

$$P(n_0, \dots, n_{12} / n) = \frac{n!}{n_0! \dots n_{12}!} p_0^{n_0} \dots p_{12}^{n_{12}}, \dots$$

где: $\sum_0^{12} n_i = n$

Умножая на вероятность $P(t, n)$, возникновения в очаге n землетрясений за время t , получится безусловное распределение толчков:

$$P(n_0, \dots, n_{12}) = P(n_0, \dots, n_{12} / n) P(t, n)$$

Из этого выражения можно получить вероятность $P_{(\varphi, \lambda)}(t, n, m, i)$, того, что из n землетрясений, ровно m могут вызвать сейсмический эффект с силой I , $i=0, \dots, 12$. Из последнего выражения можно определить вероятности: не произойдет ни одно событие с силой той, или иной интенсивности; случится хотя бы один толчок; и т.д. Данное выражение является наиболее полной оценкой сейсмического риска. В закон затухания можно вставить значения параметров сейсмических колебаний грунта: смещение; скорость; ускорения. Например, можно вычислить вероятность того, что за 50 лет смещение, скорость превзойдут некоторое пороговое

сколько-то раз. Для вычисления среднего числа сотрясений в Кишиневе, за тысячу лет, использовалось соотношение:

$$B(I) = \overline{nP(I)}$$

Балл	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число толчков	451.58	173.48	64.78	24.26	7.37	1.43	0.16	0.01	0

Вклад удаленных очагов в сейсмичность Кишинева незначителен. Полученные значения существенно зависят от коэффициентов уравнения макросейсмического поля. В данном случае, использовались следующие значения [2,3]:

а) Для коровых землетрясений:

$$a=1.5; b=4.5; c=4.5$$

б) Для глубоких землетрясений в направлении главной оси эллипсаизосейст:

$$a=1.8; b=8.0; c=13.2$$

в) Для глубоких землетрясений в направлении минимальной оси эллипсаизосейст:

$$a=1.8; b=8.6; c=13.2$$

Выводы

Вычислительная программа позволяет использовать компьютер для оценки сейсмической опасности и для построения карты. Зона эпицентров землетрясений, ограниченная координатами $[30^0, -10^0] \times [70^0, 50^0]$, разбивалась на географические прямоугольники. Этот формальный подход использовался для проверки метода и отладки программы. Эта задача, в рамках развития количественных методов оценки сейсмической опасности, была сформулирована моим наставником, замечательным сейсмологом Н.И. Онофраш. [4]

Литература

1. Burtiev R.Z. Seismic Hazard Mapping Based on Multi-dimensional Markov Model of a Seismic Regime // Gerlands Beitrage Geophysik, Leipzig, 95, 1985. 6.S. 499-508.
2. Шумила В.И. Статистические модели интерпретации поля сейсмической интенсивности. Кишинев. Штиинца. 1985.
3. Skovitin A.I., V.I. Cherniy. On the possibility of accounting for the epicentral distances in the seismic microzoning on the territory of Moldavian SSR. Ser. phys. and techn. and mathem. sciences. 1980. 1. s. 89-91.
4. Онофраш Н.И. Статистические методы картирования сейсмической опасности. Кишинев. Штиинца. 1981. 109с.

Алексеев В.Е. *, Чербарь В.В. *, Бургеля А.Н. *, Варламов Е.Б. *

Гипергенная зональная трансформация минералогии породообразующих силикатов четвертичных отложений Молдовы

Резюме

Обобщены данные по минералогическому состоянию породообразующих силикатов четвертичных отложений на древних поверхностях выравнивания Молдовы и параметрам его зональных преобразований под влиянием процессов выветривания и почвообразования. В оценке гипергенных изменений использована система показателей, обеспечивающая интегральную характеристику минералогического состояния почв. Среди показателей гипергенных преобразований выявлена группа, наиболее адекватно реагирующая на изменения климата, а также, возможно, на длительность гипергенных процессов.

Abstract

There were generalized data on mineralogical composition of rock-forming silicates of quaternary sediments on ancient planation surfaces of Moldova, as well as data on parameters of its zonal modifications caused by the processes of weathering and soil formation. In evaluation of hypergenic transformations a system of indices providing integrated characteristic of mineralogical state of soils was used. Among indices of hypergenic transformations there was detected a group most adequately reacting to changes of climate, and also, probably, to duration of hypergenic processes.

Rezumat

S-a efectuat generalizarea datelor cu privire la starea compoziției mineralogice a silicaților constituenți ai depozitelor cuaternare de pe suprafețele de aplanare străvechi ale Moldovei și parametrii transformării ei ca funcție a zonei climatice sub acțiunea proceselor de alterare și solificare. Pentru evaluarea modificărilor hipergene a fost utilizat sistemul de indicatori ce asigură o caracterizare integrală a stării mineralogice a solurilor. În cadrul indicatorilor, care denotă modificările hipergene, a fost stabilit un grup deosebit de elastic la schimbarea climei și, posibil, la durata proceselor hipergene.

Введение

Гипергенная трансформация минералогии четвертичных поверхностных отложений происходит под воздействием процессов выветривания и почвообразования. Отделить изменения минералогического состава пород под влиянием только процессов выветривания от изменений, обусловленных педогенными процессами, по-видимому, невозможно, т.к. трудно определить границу их раздела, и существует ли она. Это сообщение продолжает серию публикаций [1,2,3,4], концепция которых изложена ранее [1]. Напомним ее главные положения.

Покровные четвертичные отложения древних элементов рельефа

* Институт Почвоведения, Агрехимии и Охраны почв им. Н.А. Димо, Молдова

(водоразделов и древних террас) Молдовы до настоящего времени в минералогическом отношении практически не изучены [1,5]. В то же время при исследовании почв республики в этой части накоплен значительный материал [6], так как почвенный покров в большой мере сформировался на отложениях этого возраста.

Климат, как известно, относится к важнейшим факторам почвообразования. Наша задача заключалась в том, чтобы охарактеризовать минералогический состав указанных отложений, а также установить, какие изменения происходят с ним под влиянием черноземного почвообразования по современным зонам увлажнения. При этом принимается во внимание, что черноземы формировались на протяжении всего голоцена, в течение которого климат подвергался значительным изменениям.

Важно, что во все эти периоды почвообразования на территории Молдовы климатические изменения, как известно, имели одну и ту же направленность, т. е. с севера на юг. Современные зоны увлажнения в данном случае используются только как климатические ориентировочные реперы.

Исследования проведены по четырем зонам с гидротермическими коэффициентами (ГТК) 0,50-0,55, 0,60-0,65, 0,65-0,70, 0,70-0,80 (по Иванову-Высоцкому). ГТК рассчитаны на основании сведений из климатических справочников [7,8]. В каждой из выбранных зон был изучен наиболее характерный для нее подтип чернозема. Для выявления направленности гипергенных изменений в зональном аспекте и по профилю почв применен ряд показателей.

Другая задача состояла в том, чтобы установить, какие показатели минералогического состава почв наиболее адекватно реагируют на изменение климата, если таковые существуют. В предыдущих публикациях [1-4] были приведены результаты исследований, проведенных последовательно по четырем указанным выше зонам увлажнения. В данном сообщении полученные результаты представлены в обобщенном виде и проведен их анализ. Результаты анализа позволили ответить на второй из главных вопросов, поставленных в начале исследований: установить показатели минералогического состояния почв, наиболее отзывчивые на изменения климатических условий почвообразования. Кроме того, полученные результаты дали основания для некоторых дополнительных суждений.

Объекты и методы

Напомним, что минералогические исследования проведены по четырем зонам увлажнения, указанным выше. С юга на север в каждой зоне закладывалось по четыре разреза на наиболее распространенном в ней подтипе черноземов. В двух первых зонах на юге такими черноземами выступили черноземы обыкновенные. В третьей зоне ими стали типичные черноземы, в четвертой – выщелоченные черноземы.

С целью исключения влияния на минералогический состав почв их гранулометрического состава исследования провели на наиболее распространенных в республике тяжелосуглинистых почвах. Влияние рельефа на минералогию черноземов снималось закладкой разрезов на ровных участках водоразделов и высоких (древних) террас. Закладка разрезов на ровных поверхностях к тому же позволяла наиболее полно учесть влияние на почвообразование климатического фактора.

На юге Молдовы почвообразующими породами черноземов явились нижне-верхнечетвертичные делювиально-элювиальные отложения лессовидного габитуса, в центральной и северной части - верхнечетвертичные делювиально-элювиальные отложения того же габитуса [9,10,11]. Учитывая принадлежность разрезов к ровным участкам, почвообразующие породы изученных черноземов следует считать элювиальными образованиями.

Несмотря на большую трудоемкость минералогических исследований, авторы стремились получить аналитический материал в объеме, позволяющем провести минимальную статистическую обработку. С этой целью изучалось по четыре разреза каждого подтипа чернозема. Полученные результаты дают возможность составить представление о степени их достоверности.

Исследован состав минералов грубодисперсной (>1 мкм) и тонкодисперсной (<1 мкм) силикатных частей черноземов. Во фракции >1 мкм изучены первичные минералы, во фракции <1 мкм - глинистые. К первичным минералам с некоторой степенью условности отнесены породообразующие минералы с каркасной и слоистой структурами и размером частиц >1 мкм, к глинистым - тонкодисперсные слоистые силикаты с размером частиц <1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено способом центрифугирования по методике [12]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удаляли. Состав первичных и глинистых минералов определен методом рентгеновской дифрактометрии по известным рекомендациям [13,14]. Количественный анализ минералов проведен по методикам [15,16]. Точность результатов количественного анализа, установленная по калибровочным смесям стандартных образцов, в зависимости от содержания минералов характеризуется следующими параметрами (отн. %): кварц - 2,9-3,3; полевые шпаты - 3,8-8,9; слюды - 5-20; хлорит - 15-26; группа смектита - 2,5-3,0; иллит - 2,2-2,6; хлорит (ил) - 12-25; каолинит (ил) - 15-25. Все расчеты произведены на минеральную и бескарбонатную части фракции и почвы.

Оценка распределения минералов по профилю почв и влияния на них гипергенных процессов проведена с помощью 8 показателей (K1, K2, K3, K4, ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС). В основе показателей лежат соотношения содержания по профилю между устойчивыми к выветриванию кварцем и диоктаэдрическим иллитом, с одной стороны, и менее устойчивыми группами минералов, с другой [6,17]. Кратко напомним их содержание.

Отношения K1, K2, K3 характеризуют степень выветривания полевых шпатов (суммарно плагиоклазов и калишпатов, K1), слоистых силикатов (суммарно слюд, хлорита и каолинита, K2), тех и других вместе (K3). Рассчитываются как отношения содержания в процентах кварца к содержанию указанных групп минералов в каждом горизонте, деленные на такое же отношение в породе. При допущении однородности породы величина показателя более 1 свидетельствует о разрушении соответствующей группы минералов.

K4 представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию безгумусного бескарбонатного ила (фракции <1 мкм) по профилю, деленное на такое же отношение в породе. При определенных условиях указывает на наличие или отсутствие в почве процесса оглинивания [17].

В диагностике процессов выветривания показатели K1-K4 зависимы от проявлений неоднородности почвообразующей породы, на что сами и указывают.

Показатель интенсивности выветривания, иллит-сметитовый (ПИИС) оценивает интенсивность преобразований фракции <1 мкм по горизонтам почвы в аспекте изменения соотношения иллит/сметит. Представляет собой отношение содержания в процентах устойчивого диоктаэдрического иллита (образованного по мусковиту) к содержанию неустойчивого сметита в указанной фракции, умноженное на 10 с целью получения целого числа. Среди иллитов возможна примесь три-иллита.

Показатель напряженности выветривания, иллит-сметитовый (ПНИС) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований в ряду трансформации отношения иллит/сметит по профилю и представляет разницу в ПИИС (см. выше) между верхним горизонтом и породой.

Показатель интенсивности выветривания, кварцево-сметитовый (ПИКС) представляет собой отношение содержания в процентах кварца во фракции >1 мкм к содержанию сметита во фракции <1 мкм в каждом горизонте, умноженное на 10 для получения целого числа. Относится к особо чувствительным показателям изменений минеральной части сравниваемых почв одной гранулометрической разновидности.

Показатель напряженности выветривания, кварцево-сметитовый (ПНКС) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований по всему профилю и представляет разницу в ПИКС (см. выше) между верхним горизонтом и породой.

Последние четыре показателя практически независимы от неоднородности почвообразующей породы.

Результаты и обсуждение

Результаты изучения минералогического состояния черноземов по четырем зонам увлажнения с коэффициентами соответственно 0,50-0,55; 0,60-0,65; 0,65-0,70 и 0,70-0,80 представлены в таблицах 1-3. Указанный диапазон увлажнения в генетическом отношении, как отмечалось, охватывает три подтипа черноземов: обыкновенные, типичные и выщелоченные. При этом обыкновенные черноземы размещаются в двух первых южных зонах с коэффициентами увлажнения 0,50-0,55 и 0,60-0,65, типичные – в зоне с коэффициентами 0,65-0,70, выщелоченные – с коэффициентами 0,70-0,80.

Прежде чем анализировать основные данные проведенных исследований, сведенные в таблице 2, обратимся к некоторым важным показателям минералогического состояния самих почвообразующих пород (табл. 1). Они позволяют ответить на вопрос, существует ли климатическая зональность или зональность, обусловленная, скажем, возрастом пород, которые могли бы найти отражение в их минералогии. Принимая во внимание химизм, основность среды и стратиграфию пород, наиболее вероятные изменения в них могут быть связаны с процессом оглинивания. Последний со стороны минералогии должен выражаться в разрушении в породах полевых шпатов и слоистых силикатов и в новообразовании за их счет глинистых минералов (минерального ила). На примере приведенных среднестатистических показателей (табл. 1) на наличие процесса оглинивания должно указывать увеличение в них по зонам увлажнения отношения кварц/полевые шпаты + слоистые силикаты (потеря полевых шпатов и слоистых силикатов по отношению к кварцу) и, одновременно, уменьшение отношения

кварц/ил (прирост ила по отношению к кварцу). Данные таблицы обнаруживают следующее. Если из них исключить показатели по почвам зоны увлажнения с коэффициентами 0,60-0,65, выпадающие по динамике из общего ряда, то можно говорить о наличии при движении с юга на север тенденции повышения оглиненности пород, т.к. имеет место уменьшение отношения кварц/ил с 1,01 (зона с $K=0,50-0,55$) до 0,94 (зона с $K=0,70-0,80$) и символический прирост отношения кварц/полевые шпаты + слоистые силикаты с 1,16 до 1,17. Таким образом, в изученном блоке почвообразующих пород по минералогическим показателям можно допустить некоторые признаки проявления климатической зональности. Это заключение, правда, влечет за собой другое последствие: можно ли в таком случае эти породы считать полноценными материнскими породами черноземов, если на них сказывается влияние климатических факторов.

Таблица 1. Содержание и соотношения кварц/полевые шпаты+слоистые силикаты и кварц/ил в почвообразующих породах черноземов разных зон увлажнения (средние)

Показатели	Зоны увлажнения с коэффициентами			
	0,50-0,55	0,60-0,65	0,65-0,70	0,70-0,80
Кварц, %	35,0	34,8	35,2	34,3
ПШ+СС, %	30,2	31,0	30,2	29,3
Ил, %	34,8	35,8	35,1	36,5
Отношение Кв/ПШ+СС	1,16	1,12	1,17	1,17
Отношение Кв/Ил	1,01	0,97	1,00	0,94

Примечание: Кв- кварц, ПШ- полевые шпаты, СС- слоистые силикаты.

Сводные данные по проведенным исследованиям представлены в таблице 2. Она включает 9 показателей, в число которых входит контроль содержания минерального ила по профилю почв (безгумусной бескарбонатной фракции менее 1 мкм) и 8 показателей интегральной оценки их минералогического состояния. Напомним: 4 первых коэффициента К1-К4 характеризуют соответственно степень выветривания и динамику по профилю полевых шпатов, слоистых силикатов, тех и других вместе и илистой фракции. Первые 5 показателей, включая и содержание ила, зависят от степени изначальной однородности материнской породы. Четыре последних показателя от нее практически не зависят. Они оценивают интенсивность (ПИИС, ПИКС) и напряженность (ПНИС, ПНКС) процессов выветривания по профилю. В их основе лежат соотношения между содержанием наиболее устойчивых к выветриванию кварца и иллита по мусковиту и менее устойчивого смектита во фракциях крупнее и менее 1 мкм.

Среднестатистическое содержание минерального ила в черноземах по зонам увлажнения изменяется в довольно узких пределах – 34-38% (табл. 2). Ясно выраженной закономерности в распределении его по профилю в изученных подтипах черноземов не выявлено. В целом профильное распределение ила в изученных черноземах можно оценить как сравнительно равномерное. Среднее содержание ила в них по зонам увлажнения от обыкновенных черноземов к типичным и выщелоченным имеет тенденцию несколько увеличиваться (с 34,0-36,6 до 34,0-37,9 %). Но эти данные нельзя, по-видимому, рассматривать как признак повышения оглиненности почв, т.к. среднестатистические отношения

кварца к минеральному илу (K4) в черноземах всех зон увлажнения в подавляющем числе случаев превышают 1 (табл. 2), что, напротив, говорит о потерях ила в почвенной части профиля. Судя по величинам K4, они наиболее высоки в выщелоченных черноземах зоны увлажнения с максимальным коэффициентом 0,70-0,80 (в верхних горизонтах 1,14 и 1.31).

Таблица 2. Сводные среднестатистические показатели минералогического состояния черноземов зон увлажнения с разными коэффициентами (K)

Горизонты	Ил, %	K1	K2	K3	K4	ПИИС	ПНИС	ПИКС	ПНКС
Черноземы обыкновенные (K=0,50-0,55)									
Ап	34,2	1,20	1,43	1,31	1,14	6,5	3,0	12,1	3,0
А	34,6	1,14	1,30	1,22	1,10	6,5		12,1	
В	34,5	1,10	1,17	1,14	1,08	4,3		10,1	
ВСк	34,0	1,05	1,11	1,08	1,07	3,7		9,6	
Ск	34,8	1,00	1,00	1,00	1,00	3,5		9,1	
Черноземы обыкновенные (K=0,60-0,65)									
Ап	35,6	1,15	1,43	1,28	1,13	7,1	3,4	12,0	3,3
А	36,6	1,13	1,34	1,23	1,00	6,1		11,5	
В1	35,9	1,12	1,25	1,19	1,08	5,4		10,8	
В2	36,2	1,08	1,16	1,12	0,99	4,8		10,1	
Ск	35,8	1,00	1,00	1,00	1,00	3,7		8,7	
Черноземы типичные (K=0,65-0,70)									
Ап	37,9	1,12	2,10	1,43	1,02	7,4	3,9	13,2	3,5
А	36,6	1,06	1,77	1,32	1,05	7,0		12,5	
А	37,3	1,06	1,63	1,28	1,01	6,4		12,1	
В	36,3	1,01	1,38	1,17	1,00	6,0		11,5	
Ск	35,1	1,00	1,00	1,00	1,00	3,6		9,7	
Черноземы выщелоченные (K=0,70-0,80)									
Ап	33,8	1,13	2,00	1,43	1,31	8,6	5,2	14,0	5,4
А	36,7	1,08	1,97	1,39	1,14	7,6		13,1	
В1	35,8	1,07	1,57	1,28	1,15	6,6		12,0	
В2	35,6	1,04	1,46	1,21	1,13	5,3		10,7	
Ск	36,5	1,00	1,00	1,00	1,00	3,4		8,6	

В черноземах всех зон увлажнения значения коэффициентов K1-K3 увеличиваются от почвообразующей породы к верхним горизонтам, что указывает на относительное накопление кварца, которое растет вверх по профилю. Накопление кварца происходит в связи с разрушением полевых шпатов (K1), слоистых силикатов (K2), совместно тех и других (K3). Значения K1 в верхних горизонтах обыкновенных черноземов несколько выше, чем в типичных и выщелоченных – соответственно 1,20 и 1,15 против 1,12 и 1,13, что можно объяснить более интенсивным выветриванием полевых шпатов в южных подтипах черноземов в сравнении с северными или возможными проявлениями некоторой неоднородности пород. Значения K2 по абсолютной величине выше, чем K1, что отражает более интенсивное разрушение слоистых силикатов в сравнении с полевыми шпатами, а более высокие значения K2 в типичных и выщелоченных черноземах (до 2,00 и 2,10) указывают на повышение интенсивности разрушения слоистых силикатов от обыкновенных черноземов (K2 до 1,43) к названным подтипам. Значения K3 также увеличиваются в направлении типичных и выщелоченных черноземов, что свидетельствует об увеличении суммарных потерь первичных минералов в направлении повышения увлажненности почв (табл. 2).

Особого внимания заслуживают изменения по зонам увлажнения величин показателей ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС. Иллит-сметитовые показатели интенсивности выветривания (ПИИС) в почвообразующих породах черноземов по зонам увлажнения изменяются в интервале 3,4-3,7. Изменения не носят закономерного характера. Вместе с тем их значения закономерно увеличиваются вверх по профилю почв и в направлении от обыкновенных черноземов к выщелоченным (в верхних горизонтах с 6,5 до 8,6), что указывает на увеличение среди глинистых минералов в той же последовательности относительного содержания иллита. Также закономерно и в той же последовательности повышаются значения иллит-сметитовых показателей напряженности процессов выветривания по профилю (ПНИС). Они от обыкновенных черноземов к выщелоченным увеличиваются с 3,0 до 5,2. Это обозначает, что напряженность процесса относительного накопления иллита в почвенном профиле с юга на север возрастает. Аналогичная ситуация складывается с кварцево-сметитовыми показателями интенсивности и напряженности выветривания силикатной основы почв (ПИКС, ПНКС). В почвообразующих породах ПИКС изменяются незакономерно, но от породы вверх по профилю закономерно увеличиваются с 8,6-9,7 до 12,0-12,1 в обыкновенных, 13,2 в типичных и 14,0 в выщелоченных черноземах. ПНКС в той же последовательности возрастают с 3,0 до 5,4 (табл. 2). Эти данные свидетельствуют о том, что с юга на север по мере нарастания увлажнения черноземы теряют смектит, и напряженность этого процесса по профилю почв в том же направлении усиливается.

Таким образом, рассмотрены основные результаты минералогических исследований черноземов по четырем зонам увлажнения. Для оценки полученных результатов использована система из 8 минералогических показателей и 1 неминералогического (содержание в почве минерального ила). Она позволила ответить на вопрос о характере и направленности минералогических преобразований в черноземах под влиянием, по крайней мере, климатического фактора, в частности, под влиянием увлажнения. Другой аспект, фактор времени или фактор возможного разного возраста кор выветривания, к которым привязаны изученные черноземы, мы пока не рассматриваем. Но заметим, что все изменения связаны с разрушением и выносом продуктов разрушения первичных и глинистых минералов и сопровождаются относительным накоплением среди первичных минералов кварца, а среди глинистых - иллита. Такого рода изменения обусловлены потерей минерального вещества почв и относятся к категории элювиальных процессов. В этой связи возникает существенный научный интерес в части установления объемов этих потерь.

В начале исследований была поставлена еще одна задача, установить, какие показатели минералогического состава почв наиболее адекватно реагируют на изменение климата, если таковые существуют. Разговор, таким образом, идет о параметрах минералогического состояния изученной подтиповой серии черноземов по зонам увлажнения. Как известно, «параметром» называется величина, числовые значения которой позволяют выделить определенный элемент из множества элементов того же рода.

Анализ результатов в пределах проведенного объема исследований показывает, что в качестве параметров в силу недостаточной закономерности изменений в ряду черноземов по зонам увлажнения не могут служить такие

показатели как содержание ила, а также коэффициенты К1-К4. Этому требованию полностью удовлетворяют только показатели ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС. Используя принцип равноотстоящих границ от средней величины, установленной аналитически, приведем параметры минералогического состояния изученных по зонам увлажнения черноземов (табл. 3).

Таблица 3. Параметры минералогического состояния черноземов разных зон увлажнения

Черноземы	Зона увлажнения (коэффициент)	ПИИС (гор. А)	ПНИС	ПИКС (гор. А)	ПНКС
Обыкновенные	0,50-0,55	<6,80	<3,20	<12,60	<3,15
Обыкновенные	0,60-0,65	6,80-7,35	3,20-3,65	<12,60	3,15-3,40
Типичные	0,65-0,70	7,36-8,00	3,66-4,55	12,61-13,60	3,41-3,95
Выщелоченные	0,70-0,80	>8,00	>4,55	>13,60	>3,95

Рассчитанные и приведенные в таблице параметры, по существу, характеризуют состояние глинистой части почв, наиболее, как показывают результаты, динамичной и отзывчивой на климатические воздействия, а еще точнее, они отражают процесс освобождения черноземного профиля от неустойчивого к выветриванию смектита и относительного в связи с этим накоплением кварца и иллита. Помимо этого данные параметры надо понимать так, что в пределах указанных интервалов значений вероятность получения показателя при новых исследованиях наивысшая.

Использование в исследованиях других показателей минералогического состояния почв, не вошедших в таблицу, ничем не ограничивается. Они играют свою важную роль, характеризуя другие стороны состояния и минералогических преобразований в почвах. Особенностью этих показателей является то, что они зависимы от проявлений неоднородности почвообразующих пород, что представляет собой одновременно и их достоинство, поскольку выявляют эту неоднородность.

Выводы

Проведены исследования и обобщены данные по минералогическому составу породообразующих силикатов четвертичных отложений на древних поверхностях выравнивания (водоразделах и высоких террасах) и трансформации их под воздействием выветривания и черноземного почвообразования по зонам увлажнения. Оценка гипергенных изменений осуществлена с помощью системы показателей.

Установлено, что влияние климата в слабой форме распространяется до почвообразующих пород и выражается в проявлениях, которые могут интерпретироваться как признаки процесса оглинивания. Минералогические преобразования породообразующих силикатов под воздействием процессов выветривания и почвообразования в черноземах по всем изученным зонам увлажнения носят однотипный элювиальный характер. Он выражается в разрушении

полевых шпатов, слоистых силикатов, глинистых минералов (смектита и хлорита) и относительном накоплении в грубодисперсной части (более 1 мкм) устойчивого к выветриванию кварца, а в глинистой (менее 1 мкм) части почв устойчивого к выветриванию диоктаэдрического иллита. Элювиальный процесс закономерно усиливается от обыкновенных черноземов юга республики к типичным и выщелоченным центральной и северной ее частей по мере нарастания увлажнения почв.

Использование при анализе показателей минералогического состояния почв выявило их неравноценность. Наиболее адекватно реагирующими на изменение климата и отвечающими требованиям параметров оказались показатели, характеризующие отношения в почвенном профиле содержания устойчивых кварца и иллита к неустойчивому смектиту. По этим показателям установлены индивидуальные параметры черноземов разных зон увлажнения. Другие показатели зависимы от проявлений неоднородности пород, но также выполняют свою полезную функцию.

Исследования гипергенной трансформации минералогии породообразующих силикатов четвертичных отложений древних поверхностей выравнивания подсказывают целесообразность для более глубокого понимания генезиса минералогических профилей черноземов, их возраста и возраста пород, на которых они сформировались, проведения расчетов потерь массы вещества почв под влиянием элювиального процесса.

Литература

1. В.Е. Алексеев, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов. Педогенная трансформация минералогического состава четвертичного суглинка на Юге Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N2, 2006, p. 74-81.
2. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля и др. Сравнительная характеристика педогенных изменений минералогического состава четвертичного суглинка на Юге и в Центральной части Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N1, 2007, p. 31-39.
3. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля и др. Сравнительная характеристика гипергенных изменений минералогического состава четвертичного суглинка в Центре и в Северной части Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N2, 2007, p. 28-36.
4. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля и др. Сравнительная характеристика зональных гипергенных преобразований минералогического состава четвертичного суглинка на Севере Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N1, 2008, p. 43-51 .
5. Г.М. Билинкис, А.В. Друмя, К.Ф. Стажило-Алексеев. Основные проблемы четвертичной геологии Молдавии. Геология четвертичных отложений Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1983, с.3-19.
6. В.Е. Алексеев. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы. Кишинев, 1999. 241с.
7. Справочник по климату СССР. Вып.11. Молд.ССР. Ч. II. Л.: Гидрометеизд-во, 1965. 122 с.
8. Справочник по климату СССР. Вып.11. Молд.ССР. Ч. IV. Л.: Гидрометеизд-во, 1968. 128 с.

9. Атлас Молдавской ССР. М., 1978. 131 с.
10. Почвы Молдавии. Генезис, экология, классификация и систематическое описание почв. Кишинев: Штиинца, 1984, т.1. 352 с.
11. Почвы Молдавии. География почв, описание почвенных провинций, районов и микрорайонов. Кишинев: Штиинца, 1985, т.2. 239 с.
12. В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургеля. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе. Почвоведение, N7, 1996, с. 873-878.
13. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Под ред. Брауна Г. М.: Мир, 1965. 599 с.
14. Рентгенография основных типов породобразующих минералов. Под ред. Власова В.С., Волкова С.А. и др. Л.: Недра, 1983. 359 с.
15. В.Е. Алексеев, В.П. Грати, В.Е. Моток и др. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии. Генезис и рациональное использование почв Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1977, с. 23-41.
16. В.Е. Алексеев. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии. Почвоведение, N1, 1994, с.104-109.
17. В.Е. Алексеев. Минералогический анализ в диагностике оподзоливания, лессиважа и оглинивания. Почвоведение, N10, 1983, с.12-18.
18. В.Е. Алексеев. Минералогический состав и эволюция глинистой части черноземов Молдавии. Почвоведение, N2, 1977, с.126-136.

*Ciobotaru V.P.**

Interpretarea geologică a anomaliilor gravitaționale și magnetice din nord-estul Republicii Moldova

Abstract

The present article shows the findings of geophysical research, obtained through gravimetric and magnetometric methods, which have led to the identification of some types of rocks, situated in the crystalline foundation that generates gravimetric and magnetic anomalies.

Dacă specificul tectonic al regiunii centrale a bazinului r. Nistru, construit în baza datelor geofizice, se prezintă într-un mod mai mult sau mai puțin argumentat, logic și consecvent [1], interpretarea geologică a datelor geofizice în vederea diferențierii varietăților de roci din fundamentul cristalin se confruntă cu probleme serioase și dificile. După cum rezultă din studiul petrofizic [2,3], atât susceptibilitățile magnetice ale rocilor din fundamentul cristalin, cât și densitățile acestora se suprapun și, în felul următor, se face imposibilă cartarea univocă a formațiunilor geologice de vârstă arhaică și proterozoică timpurie.

Prospecțiunile geofizice în regiunea centrală a bazinului r. Nistru au fost aplicate în scopul cartării varietăților de roci cristaline precambriane, aflate în zăcământ sub un strat de roci sedimentare de o grosime maximă de circa 400-600 m, diferențierii cuverturii de platformă și depistării elementelor radioactive [3-7]. Ultimele două probleme au fost rezolvate prin intermediul metodelor geofizicii de sondă – a carotajului electric și γ carotajului, rezultatele cărora au fost de fiecare dată confirmate de foraje. Este de menționat că acolo unde randamentul de extragere a carotelor a fost relativ mic, carotajul se prezintă într-un mod efectiv și permite o corelare sigură a limitelor geologice în spațiul subsolului.

Mult mai complex și multilateral se prezintă metodele prospecțiunilor geofizice în studiul formațiunilor cristaline din fundament.

Cercetările geofizice în procesul de studiu geologic al regiunii centrale a bazinului r. Nistru pe segmentul Republicii Moldova la care a participat și autorul acestei publicații au fost efectuate în trei etape:

- în prima etapă, au fost examinate datele geologice și geofizice acumulate de cercetătorii precedenți;
- în a doua – au fost efectuate prospecțiuni magnetice și gravimetrice: preliminară, în baza cărora a fost întocmit proiectul lucrărilor geologice și curente, urmând scopul unor precizări ale anomaliilor depistate în cadrul prospecțiunilor anterioare;
- în a treia – a fost realizată interpretarea anomaliilor gravitaționale și magnetice, având ca bază de referință proprietățile fizice ale varietăților de roci și datele forajelor de cartare geologică.

În etapele preliminară au fost efectuate cartări magnetometrice (ΔT) [8] și gravimetrice (Δg_B) în complex cu magnetometrice (ΔZ) [9-13] în rezultatul cărora au fost

* Universitatea de Stat din Moldova

depistate un șir de anomalii de ordin superior și care au servit la proiectarea punctelor de forare. Concomitent a fost alcătuită o schemă structural-geologică a fundamentului și elaborată o ipoteză primară, urmând ca aceasta să fie precizată, modificată sau complet refăcută în procesul lucrărilor geologice ulterioare.

Interpretarea câmpului gravitațional a fost concepută cu diferențierea acestuia în anomalii de ordin inferior și superior. Anomaliile locale (de ordin superior) au fost conturate prin metodele de calcul a derivatelor verticale de ordinul doi V_{zz} (Fig. 1b) și ordinul trei V_{zzz} . Aceste metode se aplică destul de des, deoarece sunt ușor de realizat, iar procesul de calcul include eliminarea componentei regionale.

Diferențierea câmpului gravitațional în două componente principale – fondul regional și anomaliile locale, efectuată prin metoda continuării analitice a câmpului inițial în semispațiul superior ($H = 2$ km), de regulă conduce la rezultate bune (Fig. 2b). Din cauza ariei reduse a teritoriului, calcule la altitudini mai mari nu s-au efectuat, iar problema câmpului regional gravitațional a fost soluționată prin metoda mediilor mobile.

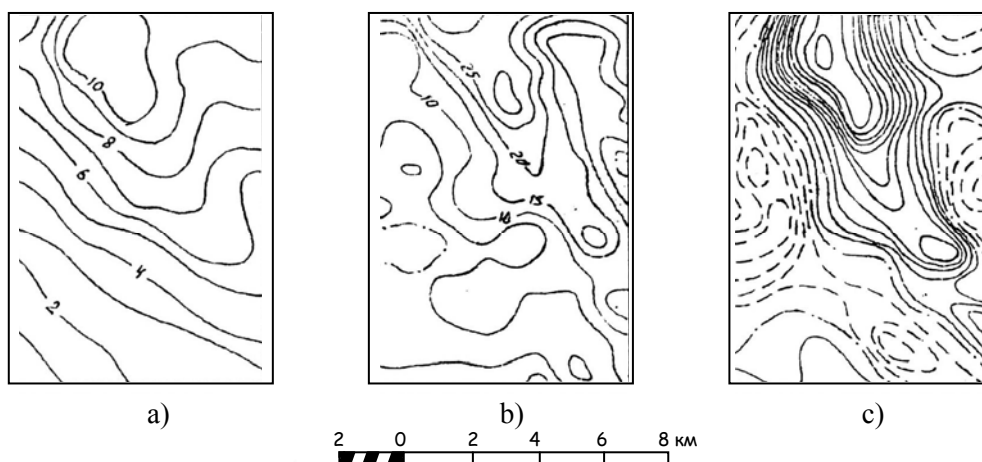


Fig. 1. Utilizarea derivatelor verticale ale câmpului de gravitație V_{zz} în scopul localizării anomaliilor de grad superior (pasul izoliniilor – 0,25 mgal):

- a – câmpul de gravitație inițial Δg_B (nivel arbitrar, mGal);
- b – câmpul V_{zz} (în Enveș);
- c – câmpul de gravitație obținut prin reducere $\Delta g_{loc} = \Delta g_B - \Delta g_{reg(R=3,3 \text{ km})}$.

Pasul optimal al anvelopei ($R = 3,3$ km), care a servit la calcularea mediilor mobile (Δg_m), a fost selectat în baza variațiilor $\Delta g_m = \varphi(R)$, determinate în trei regiuni ale câmpului gravitațional cu morfologii diferite. Graficele $\Delta g_m = \varphi(R)$ au fost construite în mai multe puncte arbitrare ale câmpului gravitațional, distribuite relativ omogen pe aria de cercetări geologico-geofizice. Toate graficele au o trăsătură comună: abscisei $R = 3,3$ km de fiecare dată îi corespunde un extrem bine pronunțat (Fig. 3). Începând cu valorile $R = 4-5$ km în regiunea de nord-vest a teritoriului în limitele căruia au fost efectuate cercetările geofizice [1] variația Δg_m tinde spre o valoare constantă, ceea ce permite a presupune în această zonă o morfostructură a câmpului gravitațional relativ simplă. Pentru alte regiuni, valorile constante Δg_m încep cu dimensiunile $R = 10-12$ km.

Fondul câmpului de gravitație a fost determinat prin metode de suprapunere a mai multor câmpuri analitice ținându-se cont de toate trăsăturile caracteristice ale

transformărilor, care aduc o informație relativ clară asupra structurilor geologice de anvergură regională.

În baza câmpului regional de gravitație și localizării anomaliilor gravitaționale de ordin superior conform schemei de reducere $\Delta g_{loc} = \Delta g_B - \Delta g_{m(R=3,3 \text{ km})}$, au fost construite principalele elemente geologico-structurale ale fundamentului din regiuna respectivă [1]. Anomaliile locale de gravitație calculate în varianta prezentată mai sus nu sunt “pure” și conțin componente ale unor altor anomalii, generate de corpuri geologice apropiate (Fig. 2c).

Parametrii corpurilor care au generat anomalii gravitaționale locale au fost determinați prin metode integrale și prin soluționarea problemei geofizice indirecte. Din cauza fondului gravitațional întrucâtva indefinit și altor factori, în calcule s-au produs mai multe erori, unele dintre care sunt considerabile. Din această cauză toate rezultatele au fost analizate în baza următoarelor poziții cardinale:

- preciziei și veridicității datelor inițiale;
- formei relativ arbitrare a fondului gravitațional;
- probabilității înalte că anomalia locală poate fi generată practic de orice varietate petrologice din zonă;
- corelării stabile cu anomaliile magnetice ΔZ ;
- compatibilității datelor analitice cu datele forajelor.

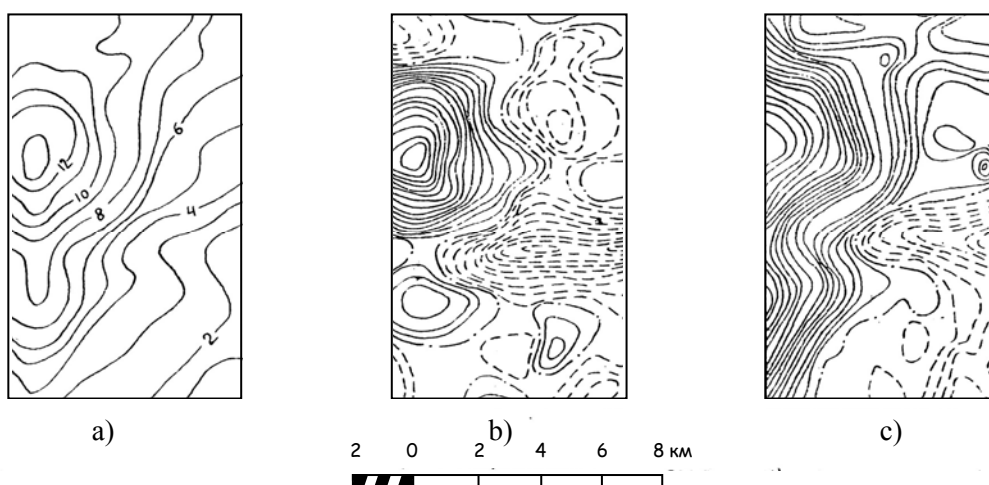


Fig. 2. Diferențierea câmpului de gravitație prin metoda extrapolării analitice a câmpului inițial în semispațiul superior și metoda mediilor mobile.

- a – câmpul de gravitație inițial Δg_B (nivel arbitrar, mGal);
- b – anomaliile de gravitație locale calculate prin metoda extrapolării analitice a câmpului inițial la altitudinea $H = 2 \text{ km}$ și reducerea acestuia din câmpul inițial;
- c – anomalii de gravitație locale obținute prin reducerea câmpului mediu (raza anvelopei $R = 3,3 \text{ km}$) din câmpul de gravitație inițial; pasul anvelopei în b și c – 0,25 mGal.

Pentru a facilita trasarea liniamentelor structurale a fost construit câmpul gradientelor orizontale al gravitației V_{sz} ($V_{sz}^2 = V_{xz}^2 + V_{yz}^2$). Pasul diferențierii, ales identic cu distanțele dintre punctele de observație gravimetrică pe teren ($\Delta = 500 \text{ m}$) nu

este cel mai reușit, dar permite în planul transformării trasarea liniamentelor prin corelările punctelor maxime sau minime ale profilelor analitice.

Concomitent cu transformările utilizate la construcția fondului gravitațional au fost efectuate transformări Saxov-Nygaard în două variante: $R_1 = 0,7$ km, $R_2 = 3,3$ km și $R_1 = 3,3$ km, $R_2 = 10$ km. Utilizarea acestei metode permite examinarea mai aprofundată a morfologiei câmpului de gravitație și corelarea cu o probabilitate suficientă a anomaliilor generate de structurile geologice similare, de exemplu liniamente formate în zone cu valori Δg_B relativ mici (Fig. 4).

Utilizarea prospecțiunilor magnetometrice în studiul formațiunilor cristaline este posibilă numai în baza proprietăților magnetice ale rocilor din fundament. Cu părere de rău, toate datele acumulate conțin numai informații despre valorile susceptibilității magnetice ale diferitor varietăți de roci, fără ca acestea să fie completate cu date referitor direcțiilor și valorilor scalare ale vectorilor magnetizării remanente. Valorile susceptibilității magnetice (determinate în sistemul CGS), fiind sistematizate în funcție de compozițiile petrografice ale diferitor tipuri de roci, obțin valori de la câteva unități CGS până la câteva mii [2]. În general, majoritatea varietăților de roci au susceptibilități magnetice mici și, în consecință, formează un câmp magnetic relativ omogen, slab diferențiat, iar anomaliile magnetice depistate în zonă par a fi generate de aceleași tipuri de roci, în care se conține un surplus de magnetit accesoriu primar sau metasomatic.

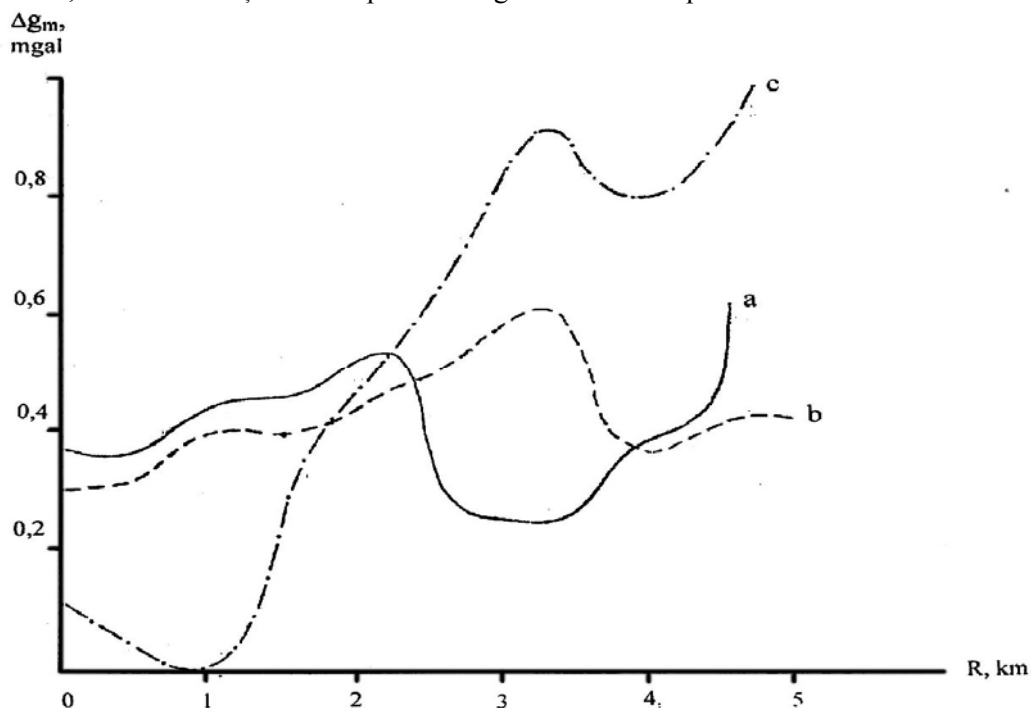


Fig. 3. Relații funcționale între mediile mobile Δg_m și raza anvelopelor R.

a – zona situată spre sud-est ;

b, c – zona situată spre nord-vest de *Zona Tectonică Podoliană*.

Toate proiectele de studiu geologic al fundamentului în zona bazinului r. Nistru au fost alcătuite în baza anomaliilor magnetice. Este important de menționat că majoritatea forajelor

săpate în epicentrul anomaliilor magnetice pozitive, nu explică originea acestora, iar toate schemele geologico-structurale preliminare, în majoritatea cazurilor construite numai în baza interpretării câmpului magnetic, s-au dovedit a fi incorecte.

Un interes deosebit prezintă anomaliile magnetice pozitive cu intensități relativ mari. Unii cercetători (inclusiv autorul acestei publicații) în baza anomaliilor magnetice relativ intensive conturează zone de manifestări ale metasomatismului în câmpul relativ omogen din punct de vedere petrografic (Fig. 5). Acest fenomen care influențează negativ asupra procesului de cartare a rocilor cristaline ascunse sub un strat de roci sedimentare, inaccesibile studiului geologic direct, este confirmat frecvent și de foraje.

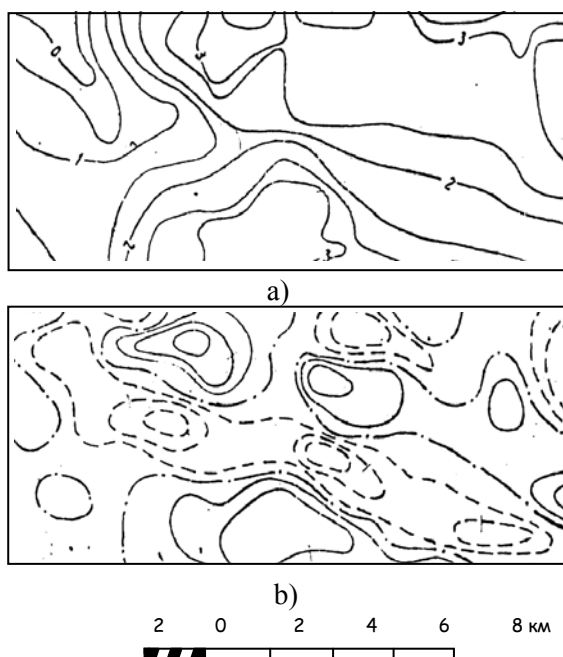


Fig. 4. Localizarea anomaliilor locale de gravitație prin metoda Saxov-Nygaardt
 a – câmpul de gravitație inițial Δg_B (nivel arbitrar);
 b – câmpul anomaliilor obținute prin reducerea Saxov-Nygaardt ($R_1 = 0,7$ km; $R_2 = 1,6$ km);
 pasul izoliniilor – $0,2$ E.

Spre deosebire de zonele nordice (Voroncău-Cosnița), unde au fost depistate strate aproape verticale constituite din cuarțite magnetice, spre sud strate de roci magnetice cu parametri morfologici stabili lipsesc totalmente. Din cauza aceasta era firesc a presupune și în regiunile alăturate existența unor varietăți de roci specifice cu magnetit accesoriu, care ocupă o anumită poziție în complexul metamorfic al fundamentului. Veridicitatea acestei afirmări s-a dovedit redusă, deoarece nici un foraj nu a stabilit vre-un corp geologic cu parametri morfologici clar definiți (ne referim la limitele geologice, grosimea corpului geologic și extinderea acestuia) și cu un conținut mare de magnetit. În același timp, probabil, este insuficient a explica anomaliile magnetice intensive aproape bidimensionale, bine conturate, care se corelează una cu altele pe un segment relativ extins [1], numai cu zone metasomatice liniare.

Au fost întreprinse câteva încercări de a folosi aparatul matematic la determinarea parametrilor corpurilor generatoare de anomalii magnetice, dar rezultate sigure care se

încadrează în conceptul geologic general nu au fost obținute. Aceasta se explică, în primul rând, prin direcția indefinită a vectorului magnetizării în diferite corpuri geologice din zonă. În calcule acesta a fost orientat, după cum este obișnuit, după direcția vectorului intensității câmpului geomagnetic contemporan T, ceea ce nu întotdeauna corespunde condițiilor reale. Tot odată, luând în considerație specificul geologic al zonei Nistrene, nu este exclusă și situația, când o anomalie magnetică intensivă prezintă un efect sumar al câtorva corpuri cu proprietăți magnetice relativ mici. Același efect sumar poate fi generat de zone formate din varietăți metasomatice cu un grad diferit de dispersare a magnetitului în spațiu.

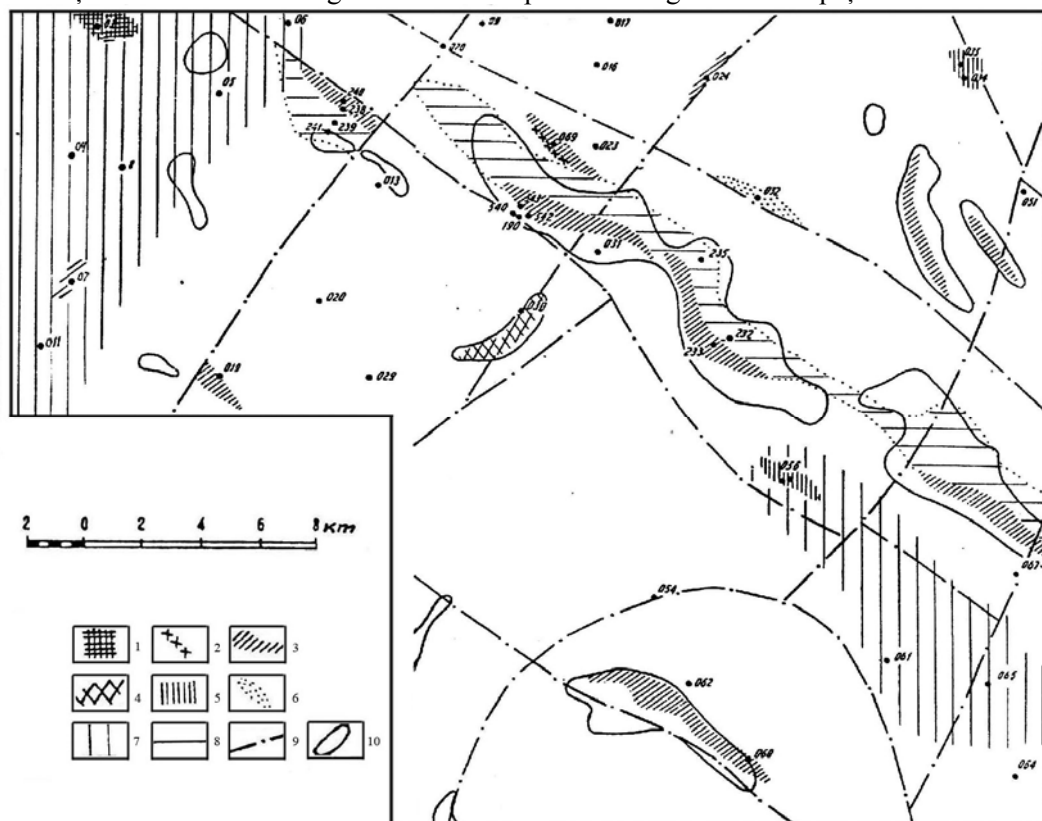


Fig. 5. Zone de răspândire a metasomatitelor în regiunea centrală a bazinului r. Nistru (segmentul Camenca – Rezina), (Zaharov, Ciobotaru, 1987)

1-6 – Tipuri de metasomatite:

(1 – granat-hiperstenuice, 2 – cordierit-granatice, 3 – cuarț-sericitice,

4-cuarț-epidotice, 5-hematit-cloritice, 6 – cuarț-sericitice);

7 – zona cataclazitelor cu manifestări de metasomatoză biotitică;

8 – zone în granitoide cu concentrații relativ mari de magnetit;

9 – falii;

10 – conturul anomaliilor magnetice cu intensități relativ mari.

Prin puncte marcate pe schemă sunt reprezentate forajele de cartare.

Cartografierea varietăților de roci în baza datelor magnetometrice a fost realizată ținându-se cont de probabilitatea indefinită al interpretării geologice al câmpului ΔT sau ΔZ . La etapa inițială a fost examinată posibilitatea trasării principalelor liniamente, identificate ca falii tectonice care delimitează structurile de bază din zonă, și trasarea unor limite geologice, care se prezintă în planul unei interpretării logice și clare [1]. Mai apoi, fiecare anomalie

magnetică locală, aflată în limitele unui bloc tectonic concret, a fost cercetată sub aspectul că aceasta a fost generată de un corp geologic cu parametri definiți și proprietăți fizice constante. În aceste calcule valoarea magnetizării a fost pusă în concordanță directă cu intensitatea anomaliilor, iar direcția vectorului magnetizării-orientată după vectorul intensității sumare T a câmpului geomagnetic contemporan. Ținând cont de erorile care rezultă din această metodă în determinarea parametrilor dimensionali ai corpurilor geologici, a fost utilizată destul de frecvent “metoda tangențelor”. Toate datele, care nu se încadrau în deducțiile geologice, fiind specificate ca o variantă posibilă, erau evidențiate fără a fi introduse în schema generală de interpretare a câmpului geomagnetic.

Interpretarea datelor geofizice a fost efectuată în baza examinării multilaterale a formațiunilor geologice din regiunea bazinului r. Nistru, inclusiv și din zonele alăturate ale Ucrainei [14], iar toate elementele constituente care figurează în schemele geologice au fost construite ținându-se cont de datele forajelor. Astfel, câmpul geofizic complex (local) se află în concordanță cu compoziția petrografică a punctului de forare și proprietățile petrofizice ale rocilor extrase din fundament. La prima etapă se delimitează numai zonele de răspândire a rocilor „magnetice” și „nemagnetice”, a rocilor cu greutate specifică relativ mare și cu greutate specifică relativ mică, iar mai apoi, în baza datelor petrografice și petrofizice, comparării câmpurilor geofizice și corelarea anomaliilor locale (de gravitație și geomagnetice) se determină zonele probabile de răspândire a diferitor varietăți de roci.

Specificul morfologic al câmpului geofizic complex permite a diviza în cadrul bazinului r. Nistru diferite structuri sub formă de blocuri tectonice [1], în care fragmentele câmpului geomagnetic sau câmpului de gravitație se prezintă într-un mod independent. Din punct de vedere corelativ, anomaliile dintr-un bloc nu pot fi extrapolate asupra altuia. Particularitățile structurii tectonice ale regiunii de nord-est a Republicii Moldova, după cum a fost observat de mai mulți cercetători [5-7], se află în corelare directă cu formațiunile de roci. Astfel, zonele caracterizate din punct de vedere geofizic cu un fond de gravitație redus, sunt alcătuite preponderent din roci granitice în care predomină alaskitele.

Anomaliile magnetice locale conturează relativ clar blocurile tectonice menționate mai sus, iar în interiorul fiecărui bloc sunt prezente structuri circulare complete sau fragmentare cu dimensiuni variate. În aceste zone structurale deosebite, anomaliile magnetice intensive și “înguste” sunt repartizate în formă de lanț în jurul anomaliilor pozitive de gravitație. Această conformitate permite a presupune în structurile circulare un nucleu constituit din roci metamorfice primare (sau din xenolite ale acestora), localizate în câmpul alaskitelor. Anomaliile de gravitație pozitivă sunt generate de metamorfitele primare cu o densitate mai mare (în raport cu alaskitele), iar anomaliile magnetice intensive din zona periferică rezultă din redistribuirea magnetitului în procesele de granitizare și se asociază cu migmatitele, plagiogranitele și enderbitele.

În zona pericratonică de sud-vest a Platformei Est-Europene în arhaic și proterozoicul timpuriu s-au manifestat procese de granitizare intensivă. În consecință, acest teritoriu limitrof este caracterizat de câmpuri geomagnetice cu intensități relativ moderate evidențiate pe un fond gravitațional relativ redus. În același timp, aici pot fi prezente și anomalii locale de gravitație aproape liniare și deseori, orientate în direcții reciproc perpendiculare care delimitează blocurile tectonice. Conform datelor forajelor de cartare [4], aceste anomalii gravitaționale pozitive sunt generate de varietăți nemagnetice – gnaise cu granat sau gnaise amfibolice, care se deosebesc prin densități relativ mai mari. Alte anomalii gravitaționale liniare probabil, pot fi generate de roci enderbite.

Porțiunea din crustă determinată de *Zona Tectonică Podoliană* pe segmentul moldav, prin morfologia câmpului geomagnetic, se deosebește substanțial de regiunile alăturate prin

anomalii magnetice cu o intensitate relativ mare aproape bidimensionale, ce formează liniamente orientate paralel cu faliile care fac parte din structura tectonică generală. Deoarece aproape toate forajele săpate în epicentrele acestor anomalii magnetice pozitive au depistat diversități de metasomatite, există o probabilitate înaltă că anomaliile respective sunt generate de redistribuirea magnetitului în procesul de metasomatoză.

Metasomatitele din zona bazinului r. Nistru, de regulă, sunt legate de zonele tectonice și prin corelări liniare ale anomaliilor magnetice pozitive și intensive se pot trasa falii, care prin alte metode nu pot fi cartate. Cu toate că zona este intersectată de mai multe falii transversale, ea prezintă o structură liniară integră orientată spre nord-vest, iar amplasarea acesteia în zona gradientelor câmpului regional de gravitație permite a o identifica în calitate de limită geologică a două structuri de anvergură regională.

Spre nord-est de *Zona Tectonică Podoliană* anomaliile locale ale câmpului geofizic complex sunt situate în zona fondului de gravitație cu valori Δg_r relativ mai mari. Orientarea generală a vectorilor gradientilor orizontali ai câmpului regional de gravitație este nord-estică și determină poziția aproximativă a maximumului anomaliei regionale de gravitație aflat în afara teritoriului Republicii Moldova. Din cauza ariei reduse, particularitățile geologico-structurale ale teritoriului transnistrean din nord-estul republicii nu sunt cunoscute complet. Analizând câmpul geomagnetic și câmpul de gravitație, putem presupune că acest teritoriu este lipsit de structuri izometrice, analogice structurilor circulare din blocurile tectonice situate spre sud-vest de zona tectonică regională. Deoarece în regiunea de nord-est predomină enderbitele, putem concluda, că manifestările granitizărilor, specifice etapelor finale ale proceselor anatectico-paligenetice, s-au manifestat aici mai slab.

Rocile metamorfice primare sunt mai puțin modificate de procesele ultrametamorfice sau metasomatice ulterioare și, din cauza aceasta, varietățile cu densități relativ mari ale șisturilor cristaline și gnaiselor pot fi cartate în baza anomaliilor locale de gravitație pozitive.

Sub semnul întrebării rămân anomaliile magnetice negative, repartizate în zona periferică a anomaliilor de gravitație locale. Presupunerea că aceste anomalii prezintă un efect al zonei de limită a diabazelor de la baza cuverturii de platformă [15] nu și-a găsit confirmare. De exemplu, prin modelarea câmpului magnetic al unei plăci cu o susceptibilitate magnetică identică cu cea a diabazelor *Formațiunii Camenca* ($\kappa=6500 \times 10^{-6}$ CGS), de o extindere infinită și de o grosime de 30 m, situată la o adâncime de 300 m și magnetizată de câmpul geomagnetic contemporan, la marginea plăcii poate fi obțină o “treaptă” anomală egală numai cu 16γ , iar în centru intensitatea câmpului magnetic este de 3γ . Probabilitatea că rocile pot fi magnetizate în sens opus este redusă la zero. După cum se știe, complexe de roci cristaline din fundament în zona Nistreană sunt stratificate și formează corpuri monoclinale cu un unghi de afundare foarte mic. Unica explicație a anomaliilor magnetice negative rezultă din proprietățile magnetice ale rocilor din regiunea respectivă. Astfel, susceptibilitățile magnetice ale rocilor extrase din forajele săpate în epicentrele anomaliilor magnetice negative sunt relativ mici și variază între $\kappa=12 \times 10^{-6}$ CGS și $\kappa=56 \times 10^{-6}$. Comparativ cu aceste valori, susceptibilitatea magnetică medie ponderată a rocilor extrase din forajele săpate în afara anomaliilor magnetice negative, este de 796×10^{-6} CGS.

Principiile expuse în acest articol au servit la elaborarea Hărții geologice a fundamentului cristalin din regiunea industrial-minieră Rezina la scara 1:200000 (Zaharov, Ciobotaru; 1987 [15]).

Bibliografie

1. Ciobotaru V. Descifrarea structurilor tectonice din nord-estul Republicii Moldova în baza datelor geofizice // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM. Nr.2, 2008.
2. Ciobotaru V. Studiul petrofizic al rocilor cristaline din nord-estul Republicii Moldova. // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM. Nr.2, 2007.
3. Дмитров, Г. Х., Фридман, Н. Ф. (1965) – О физических свойствах пород докембрия Среднего Приднестровья. Изд. Наукова думка, Киев.
4. Чебан, И. Т., Павленко, О. И., Иванова, И. П., и др. (1986) – Разработка методов и принципов расчленения комплексов метаморфических и интрузивных образований кристаллического фундамента Среднего Приднестровья Молдавской ССР. АGeoM.
5. Чебан, И. Т., Фролова, Т. Л. (1983) – Геологический отчет по теме: Изучение структурно-геологических особенностей кристаллического фундамента Днестровско-Прутского междуречья с целью прогнозирования поисков полезных ископаемых. АGeoM.
6. Чебан, И. Т. (1981) – Геологический отчет по глубинному изучению рудоперспективных структур Днестровской зоны разлома. АGeoM.
7. Чебан, И. Т. (1978) – Геолого-структурные и металлотрические особенности кристаллического фундамента и низов древних толщ Среднего Приднестровья. Фонды АGeoM.
8. Федюкова, Г. М., Палий, Д. П. (1985) – Отчет о результатах аэромагнитной съемки масштаба 1:50000 территории МССР (Отчет аэрогеофизической партии КГЭ за 1981-1985 гг. АGeoM).
9. Гуртовенко, В. И. (1967) – Отчет о результатах работ гравимагнитной партии 4/67 Молдавской Геофизической экспедиции. АGeoM.
10. Гуртовенко, В. И. (1972) – Отчет по теме «Переинтерпретация и особенности результатов гравимагнитной съемки, выполненной в 1966-1969 гг. на территории Среднего Приднестровья». АGeoM.
11. Коган, Л. З., Серебринский, М. М., Коропецкая, В. И. (1974) – Отчет о результатах детальных гравимагнитных работ партии 4/73 МГЭ на Каменской, Кушмирской и Шишканской структурных зонах. АGeoM.
12. Серебринский, М. М., Коган, Л. З., etc. (1974) – Отчет о результатах гравимагнитных работ партии 4/73 Молдавской Геофизической экспедиции на территории Среднего Приднестровья в 1972-1973 гг. АGeoM.
13. Серебринский, М. М., Панина, V. A. (1975) – Отчет о результатах гравимагнитных работ отряда 3/74 Молдавской Геофизической партии на территории Среднего Приднестровья и Катериновской площади в 1974-1975 гг. АGeoM.
14. Крамских, Е. П. (1982) – Отчёт о глубинном геологическом картировании масштаба 1: 200000 Южно-Подольской зоны в пределах листа L-35-VI. Фонды АGeoM.
15. Захаров, А. Д., Сергеев, В. П., Чоботару, В. П., и др. (1987) – Геологическое строение и полезные ископаемые резинского горнопромышленного района. Фонды АGeoM.

Кишлярук В.М., Шульман А.И.**

Оценка содержания железа в отложениях позднеголоценовых пойменных водоемов Нижнего Днестра

Abstract

As a result of archeological excavations of ancient settlement Chobruchiu (the Low Dniester) attributes of manufacture of metal have been found. For revealing possibilities of manufacture of metal from local raw material, have been carried researches of floodplain deposits in area of settlement Chobruchiu.

The physical and chemical analysis of samples of a ground taken of various sites of Dniester floodplain testifies to the significant contents of iron in marsh ore from these deposits, and possibilities of its use in manufacture of metal by populations of settlement Chobruchiu.

Rezumat

S-a efectuat săparea șurfurilor și sondajul sedimentelor albiei majore din împrejurimile stațiunii Ciobruciu, s-au analizat aflorimente naturale albiei majore a Nistrului și secțiunile săpăturilor arheologice pentru determinarea condițiilor de sedimentogeneză, caracterului proceselor geomorfologice și conținutului de fer în sedimente din regiunea Nistrului Inferior.

A fost efectuat săparea a circa 20 de șurfuri și sonde cu sondă de sol. Au fost extrase circa 50 de probe din orizonturile aflate la diferite adâncimi pentru efectuarea analizei fizico-chimice. Unele din obiectele arheologice au fost examinate prin intermediul microscopului electronic și a fost stabilită compoziția lor de elemente. După datele obținute au fost elaborate 5 profiluri geologice-geomorfologice trasate în mod radiar față de locul săpăturilor arheologice a stațiunii Ciobruciu.

*Sa efectuat și analiza litologică de facies a sedimentelor de albie majoră. S-a constatat că straturile inferioare sânt alcătuite din argile nisipoase de culoare albăstriugalben-surie cu incluziuni de concrețiuni de fer și mangan, cu urme de procese de gleizare și prezența unui număr mare de cochilii de moluște *Lymnaea stagnalis*, *Bithynia tentaculata*. Aceste sedimente sau format în condiții de stărițe. Sedimentele acumulate mai sus sânt reprezentate prin măluri fosile de culoare surie-închisă, de compoziție argilelor nisipoase humusite, cu incluziuni feroase de culoare brună și prin mluri argilo-nisipoase pătat surii de compoziție ușoară, cu incluziuni feroase și de mangan și fauna de moluște reprezentată prin speciile: *Planorbis planorbis*, *Valvata naticina*, *Coretus corneus*. Aceste sedimente sânt caracteristice pentru faciesuri de stăriță înmlăștenită. Straturile superioare sânt compuse din sedimentele de albie majoră și subaerene de o vârstă mai mică.*

A fost stabilit faptul că Nistrul în cursul inferior își schimbă poziția albiei minore în legătură cu schimbarea regimului hidric a fluviului. În raionul stațiunii Ciobruciu se formau stărițe, treptat ele se înmlășteneau transformându-se în terenuri înmlăștenite. În aceste condiții se manifestau procese de formare a minireului de mlaștină (limonit) cu conținutul destul de însemnat de fer. Conținutul maximal al ferului se înregistrează în probe selectate din straturi formarea cărora s-a petrecut în condițiile de facies de stăriță înmlăștenită, până la 8,96 g/m³.

Sa constatat că rezervele de minireu de mlaștină din stărițe înmlăștenite din regiunea examinată sânt suficiente pentru organizarea producerii ferului de către populația locală. Rezervele de fer generale din stărițe înmlăștenite formate în holocenul superior în împrejurimile stațiunii Ciobruciu pot fi apreciate cu circa 2300 toane. Datele analizei obiectelor arheologice mărturisesc că producerea ferului se afla la un nivel înalt și calitatea ferului produs era destul de mare.

* ПГУ им. Т.Г. Шевченко, г. Тирасполь

Резюме

Осуществлено шурфование и бурение более 20 шурфов-скважин различной глубины, более 50 образцов силикатных пород взятых с различной глубины, которые были исследованы на содержание железа, некоторые образцы археологических материалов были подвергнуты электронно-микроскопическим исследованиям поверхности, а также выявлен их элементный состав.

Прослежены изменения условий пойменного осадконакопления в районе поселения Чобручи. Установлено, что русло Днестра в позднем голоцене меняло свое положение, что приводило к образованию пойменных водоемов (старич). В этих водоемах происходило накопление осадочного материала. Выявлено, что в районе поселения Чобручи в позднем голоцене сформировались достаточно благоприятные условия для образования болотной руды в пойменных водоемах.

Самое высокое содержание железа (до 8,96 г/м³) наблюдается в образцах отобранных из слоев, формирование которых происходило в условиях болотно-старичной фации. Установлено, что запасы болотной руды из старичных болот исследуемого района являются достаточными для организации выплавки железа местным населением. Рассчитаны общие запасы железа в образовавшихся в позднем голоцене болотно-старичных водоемах, и они оцениваются более чем 2300 тонн.

Сделан вывод об использовании древним населением Нижнего Приднестровья болотной руды в кустарном производстве железа, уровень которого находился на достаточно высоком уровне.

Введение

При исследовании многослойного поселения Чобручи (Щербакова 1994; 1997(а), 1997(б); Никулицэ, Фидельский 2002(а), 2002(б); 2004; Niculita., Fidelski 2004) были выявлены следы металлургического производства. Функционировало поселение в позднем голоцене, по видимому, на протяжении более тысячи лет (3110±130 (ИГАН-2128), 2109±80 (ИГАН-2134)) (Кишлярук 2004) и занимало более 30 га на обширном мысу левого берега р. Днестр между г Слободзея и с. Чобручи, на расстоянии 6 км от трассы Тирасполь-Днестровск.

Источником сырья в производстве металла на поселении Чобручи могла стать болотная руда, для образования которой необходима определенная природная обстановка. Для выявления возможности формирования таких условий были исследованы пойменные отложения в окрестностях поселения Чобручи, т.к. характер осадочного материала определяется геологическим и географическим прошлым территории.

Материалы и методы

Для выявления условий осадконакопления пойменных отложений Нижнего Днестра и возможности образования болотной руды в пойменных водоемах было предпринято шурфование и бурение грунта почвенным буром, а также изучены береговые обнажения в районе поселения.

В результате проведенных исследований были построены пять геолого-геоморфологических профилей (рис. 1) проведенных радиально по отношению к основному раскопу поселения Чобручи. Также проводилось корреляционное бурение на других участках исследуемого района и фациальный анализ пойменных отложений.

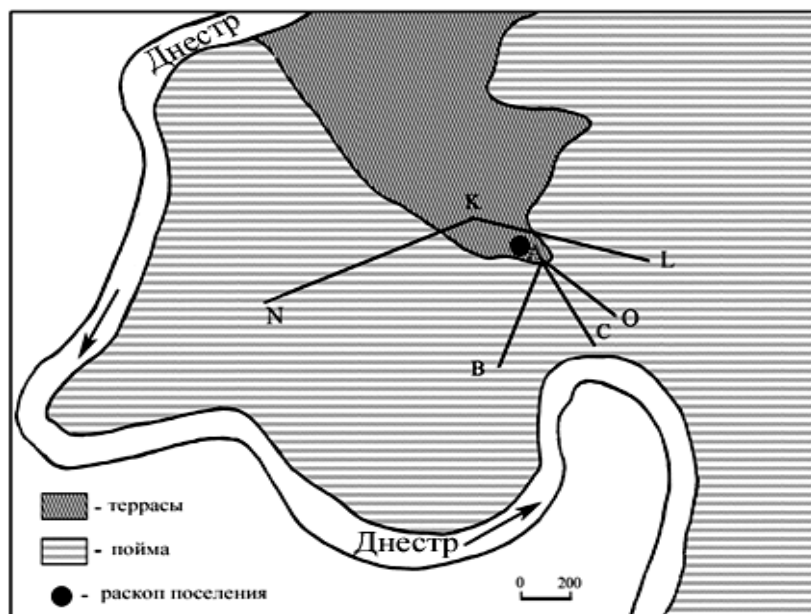


Рис. 1. Геолого-геоморфологические профили в районе поселения Чобручи.

Профиль А-О (рис. 2)

Шурф-скважина 1.

1. Почва: чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.
2. Супесь палево-серая неясно-слоистая, плотная с редкими карбонатными стяжениями и бурыми пятнами железистых образований с проявлениями почвообразовательных процессов.
3. Ил фосилизированный – тяжелый суглинок темно-серый с бурыми железистыми включениями, сильно гумусированный, плотный жирный неструктурный, с редкими раковинами *Helicella striata* (опред. пресноводных моллюсков Чепалыга А.Л.).
4. Ил суглинистый пятнисто-серый легкий с железистыми и марганцевыми пятнами бурого и черного цвета, неслоистый с раковинами *Lymnaea stagnalis* расположенными дисперсно.

Шурф-скважина 2.

1. Почва лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая.
2. Суглинок палево-серый неяснослоистый гумусированный с редкими карбонатными и железистыми образованиями, переработан почвенными процессами.
3. Суглинок светло-серый алевритистый местами пылеватый неслоистый микропористый плотный с редкими карбонатными образованиями.
4. Ил фосилизированный темно-серый до черного, неясно слоистый, сильно гумусированная глина жирная с редкими раковинами моллюсков *Valvata naticina*, *Coretus corneus*.
5. Ил фосилизированный тяжелый суглинок темно серый с бурыми пятнами железистых включений, гумусированный плотный с раковинами *Coretus corneus*.
6. Суглинок голубовато-серо-палевый с пестрыми ржавыми пятнами железистых образований, слабогумусированный, вязкий, с признаками оглеения, с редкими раковинами *Lymnaea stagnalis*.

Шурф-скважина 3.

1. Почва лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая.
2. Суглинок палево-серый неясно слоистый, гумусированный плотный с редкими железистыми образованиями.
3. Ил серо-черный суглинисто пятнистый легкий с пятнами включений железистого и марганцевого характера, неясно слоистый микропористый.
4. Суглинок голубовато-серый с включениями железистых конкреций слабогумусированный плотный с присутствием раковин Viviparidae.

Шурф-скважина 4.

1. Почва луговая черноземовидная легкосуглинистая на супеси.
2. Супесь темно-серая гумусированная плотная неслоистая с неясными образованиями бурого и темно-бурого цвета железистого характера переработан почвенными процессами.
3. Ил фосилизированный суглинистый темно серый слабогумусированный плотный с бурыми и ржавыми пятнами железистых образований с дисперсно расположенными раковинами Valvata naticina.
4. Суглинок супесчаный светло-серо-палевый алевритистый местами пылеватый неслоистый микропористый с пестрыми ржавыми пятнами и редкими раковинами Helicella striata.

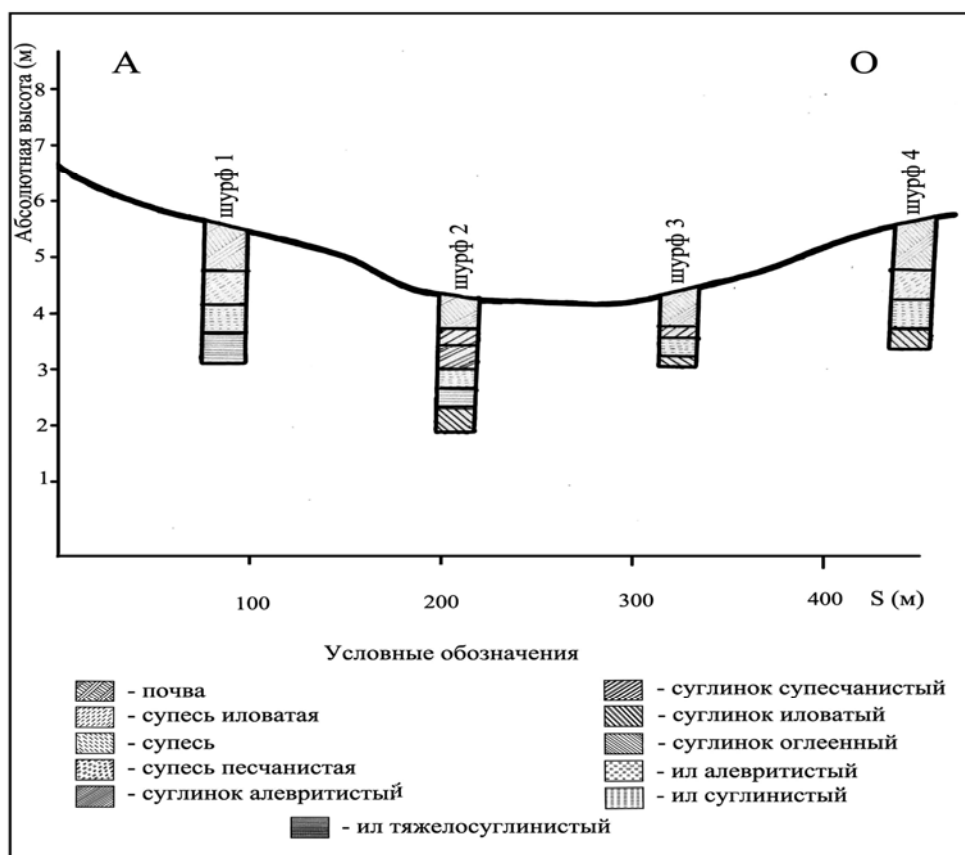


Рис. 2. Геолого-геоморфологический профиль А-О.

Профиль А-С (рис. 3).

Шурф-скважина 1.

1. Почва чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.
2. Суглинок палево-серый неслоистый алевритистый с включениями почвенных прослоев более гумусированных.
3. Ил фосилизированный темно-серый до черного сильно гумусированный с карбонатными стяжениями с раковинами моллюсков *Coretus comeus* и *Helicella striata* расположенными дисперсно.

Шурф-скважина 2.

1. Почва лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая.
2. Суглинок палево-черный алевритистый неслоистый плотный.
3. Суглинок светло-серый пылеватый местами переходит в песчанистый слабогумусированный.
4. Ил фосилизированный темно-серый до черного сильно гумусированный жирный плотный с карбонатными стяжениями и раковинами *Valvata naticina*
5. Ил фосилизированный тяжелый суглинок темно-серый с бурыми и ржавыми пятнами железистого и марганцевого характера, плотный, неяснослоистый с раковинами моллюсков *Planorbis planorbis* мелких размеров.
6. Суглинок голубовато-серый с ржавыми пятнами железистых включений вязкий неслоистый плотный негумусированный редкие раковины *Viviparidae*.

Шурф-скважина 3.

1. Почва лугово-черноземовидная легко суглинистая на супеси.
2. Суглинок супесчаный буровато-серый алевритистый неслоистый плотный с мелкими карбонатными конкрециями дисперсного характера.
3. Ил фосилизированный темно-серый до черного сильно гумусированный с неясными стяжениями илистых карбонатов светло-серого цвета, неяснослоистый, жирный плотный вязкий.
4. Ил фосилизированный, тяжелый суглинок темно-коричневый до серого слабогумусированный плотный структурный неслоистый с железистыми бурыми пятнами с признаками окисления с раковинами *Coretus comeus*
5. Супесь иловатая голубовато-серая слабогумусированная, плотная структурная, неслоистая с железистыми бурыми пятнами и конкрециями, с признаками оглеения и присутствием раковин *Lymnaea stagnalis*.

Шурф-скважина 4.

1. Почва лугово-черноземовидная легко суглинистая на супеси.
2. Суглинок серовато-бурый алевритистый с неясной микрослоистостью слабопесчанистый с тонкодисперсными карбонатами.
3. Ил фосилизированный суглинистый пятнисто-серый со сростками карбонатов с налетом железистых образований рыжего и бурого цвета неслоистый гумусированный с редкими раковинами *Planorbis planorbis* L. мелких форм расположенные дисперсно.
4. Суглинок голубовато-светло-серый с признаками железистых окислов тонкодисперсного характера неслоистый неструктурный с признаками оглеения.

Шурф-скважина 5.

1. Почва пойменно-луговая слоистая.
2. Суглинок серовато-бурый алевритистый неясно слоистый слабопесчанистый с проявлениями почвенных процессов.

3. Суглинок буровато-серый с неясной микрослоистостью с дисперсными карбонатными образованиями.
4. Ил фосилизированный тяжелый суглинок темно-серый с бурыми железистыми образованиями гумусированный плотный структурный с раковинами *Valvata naticina*.
5. Суглинок голубовато-серо-палевый с пестрыми ржавыми железистыми пятнами негумусированный неслоистый плотный с редкими раковинами *Bithynia tentaculata*.

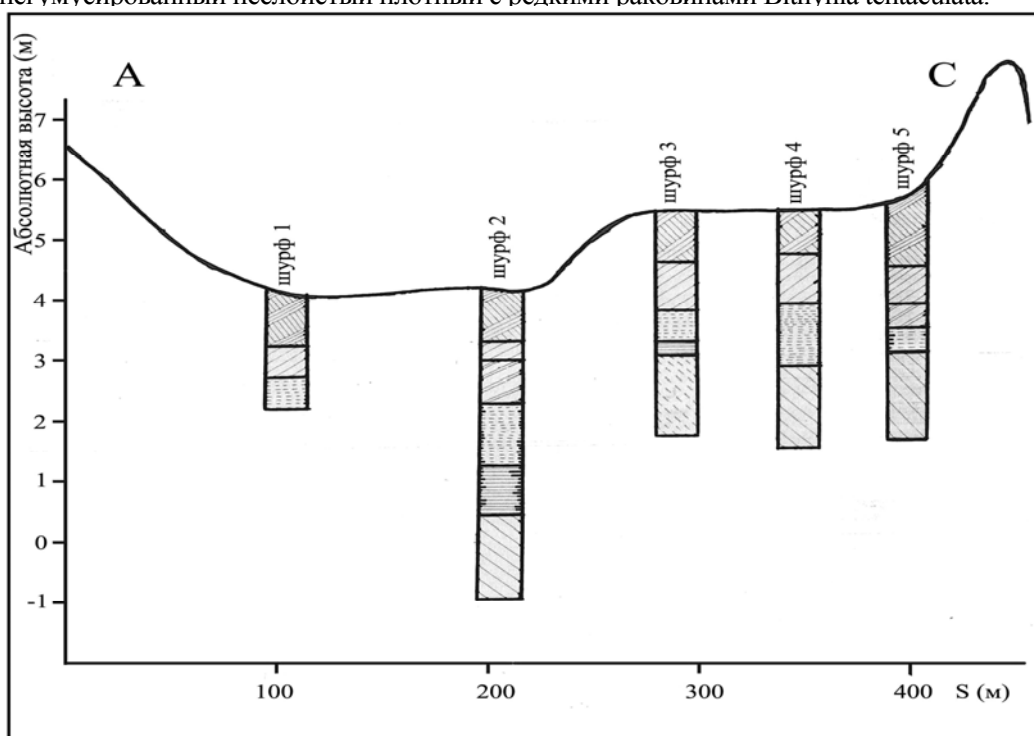


Рис. 3. Геолого-геоморфологический профиль А-С.

Профиль А-В (рис. 4).

Шурф-скважина 1.

1. Почва лугово-черноземовидные тяжелосуглинистые.
2. Ил фосилизированный темно-серый до черного сильно гумусированная глина жирная с карбонатными стяжениями плотная неструктурная с раковинами *Coretus corneus*.
3. Суглинок иловатый серый местами алевритистый плотный неслоистый с бурыми пятнами железистых образований, в верхней части горизонта их меньше, с глубиной насыщенность образованиями увеличивается, достигая максимума в средней части слоя, также прослеживается присутствие раковин *Planorbis planorbis*.
4. Суглинок голубовато-серый местами песчанистый с признаками оглеения с налетом закисного железа, бурыми и темно-бурыми железистыми образованиями неслоистый плотный негумусированный с редкими раковинами *Lymnaea stagnalis*.

Шурф-скважина 2.

1. Почва лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая.
2. Суглинок темно-серый алевритистый местами пылеватый плотный с неясной микрослоистостью с редкими карбонатными стяжениями гумусированный с проявлениями почвообразовательных процессов.

3. Суглинок иловатый фосилизированный темно-серый до черного сильно гумусированный жирный плотный неяснослоистый с редкими стяжениями карбонатного характера и фауной моллюсков *Coretus corneus* и *Helicella striata*.
4. Суглинок иловатый серый плотный неслоистый слабогумусированный с бурыми пятнами железистых образований и раковинами моллюсков *Valvata naticina*.
5. Суглинок голубовато-палевый с многочисленными бурыми и ржавыми пятнами железистых образований с налетом закисного железа и следами оглеения, плотный неслоистый, негумусированный, редкие раковины *Lymnaea stagnalis*.

Шурф-скважина 3.

1. Почва луговая черноземовидная легкосуглинистая.
2. Суглинок легкий темно-серый алевритистый неяснослоистый гумусированный.
3. Суглинок палево-темно-серый алевритистый плотный гумусированный с неясной слоистостью с редкими карбонатными образованиями дисперсного характера.
4. Суглинок иловатый серый местами алевритистый плотный неслоистый с бурыми пятнами железистых образований и раковинами моллюсков *Valvata naticina*.

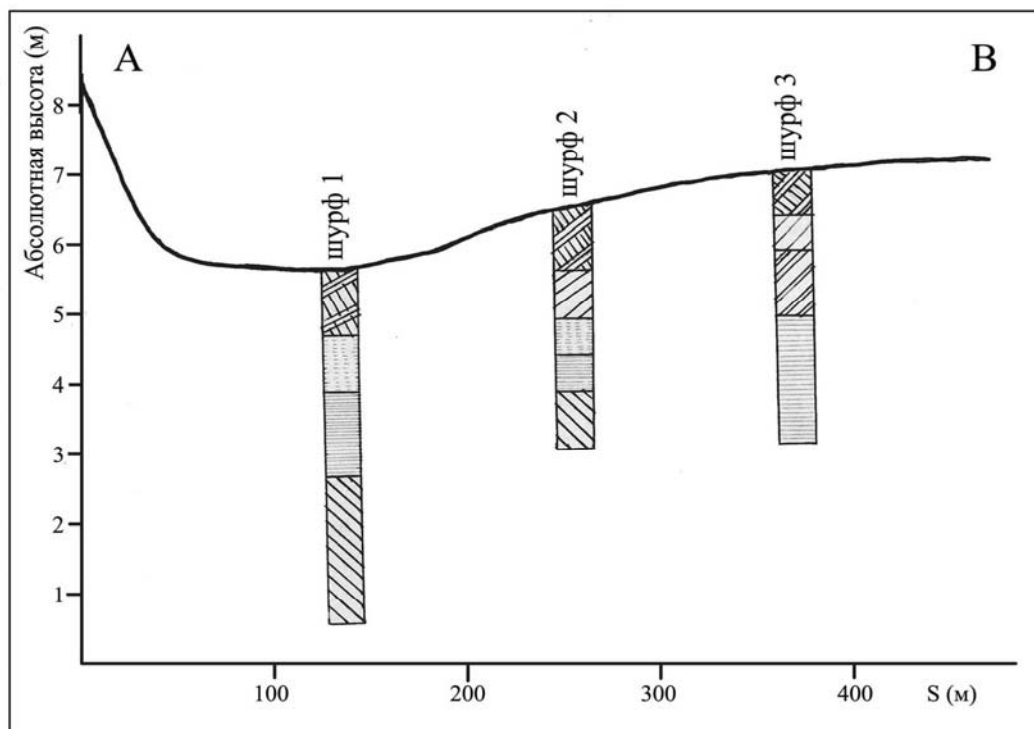


Рис. 4. Геолого-геоморфологический профиль А-В.

Профиль К-Н (рис. 5).

Шурф-скважина 1.

1. Почва чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.
2. Супесь палево-серая с неясной микрослоистостью местами слабопесчанистая с дисперсными карбонатными образованиями с влиянием почвенных процессов.
3. Супесь буровато-серая алевритистая неструктурная рыхлая.

Шурф-скважина 2.

1. Почва чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.
2. Супесь палево-серая рыхлая с неясной микроструктурой местами слабопесчаная с карбонатными дисперсными образованиями.
3. Супесь желтовато-серая рыхлая неслоистая местами слабопесчаная.

Шурф-скважина 3.

1. Почва чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.
2. Супесь буровато-серая структурная алевритистая гумусированная с проявлениями почвенных процессов.
3. Супесь пылеватая желтовато-серая рыхлая неслоистая местами слабопесчаная.

Шурф-скважина 4.

1. Почва пойменно-луговая тяжелосуглинистая.
2. Суглинок желтовато-серый алевритистый неслоистый неструктурный рыхлый, местами слабопесчаный слабогумусированный.
3. Суглинок темно-серый неслоистый плотный с мелкими дисперсными карбонатными образованиями, микропористый с включениями органики.

Шурф-скважина 5.

1. Почва пойменно-луговая тяжелосуглинистая.
2. Суглинок серо-бурый алевритистый неслоистый плотный местами иловатый слабогумусированный с железистыми образованиями бурого цвета дисперсного характера.
3. Суглинок светло-серый алевритистый местами иловатый с бурыми железистыми пятнами и конкрециями плотный, неслоистый.
4. Ил темно-серый алевритистый гумусированный местами пылеватый с неясными стяжениями карбонатов, плотный.

Шурф-скважина 6.

1. Почва лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая.
2. Суглинок тяжелый темно-серый неслоистый плотный микропористый с мелкими карбонатными образованиями расположено дисперсно.
3. Суглинок тяжелый серо-бурый алевритистый неслоистый плотный местами иловатый слабогумусированный с редкими бурыми пятнами железистых конкреций.
4. Суглинок тяжелый алевритистый светло-серый плотный неслоистый с железистыми бурыми пятнами и конкрециями местами иловатый с дисперсно расположенными раковинами моллюсков.
5. Суглинок иловатый пластичный светло-серо-палевый оглеенный неслоистый с множеством бурых железистых пятен с налетами сизого цвета и раковинами *Valvata naticina*.
6. Суглинок голубовато палево-серый с бурыми пятнами железистых образований, слабогумусированный вязкий неслоистый плотный с фауной моллюсков *Lymnaea stagnalis* и *Vithynia tentaculata*.

Шурф-скважина 7.

1. Почва луговая черноземовидная легкосуглинистая на супеси.
2. Суглинок темно-серый плотный неслоистый с редкими мелкими карбонатными образованиями микропористый.

3. Супесь серо-бурая алевритистая местами иловатая плотная гумусированная со слабыми пятнами железистых образований и дисперсно-расположенными раковинами моллюсков *Helicella striata*.

4. Суглинок палево светло-серый с железистыми бурыми и ржавыми пятнами и конкрециями слабогумусированный плотный неслоистый с редкими раковинами моллюсков *Lymnaea stagnalis*.

Шурф-скважина 8.

1. Почва пойменологувая слоистая.

2. Суглинок темно-серый плотный неслоистый микропористый с мелкими карбонатными образованиями.

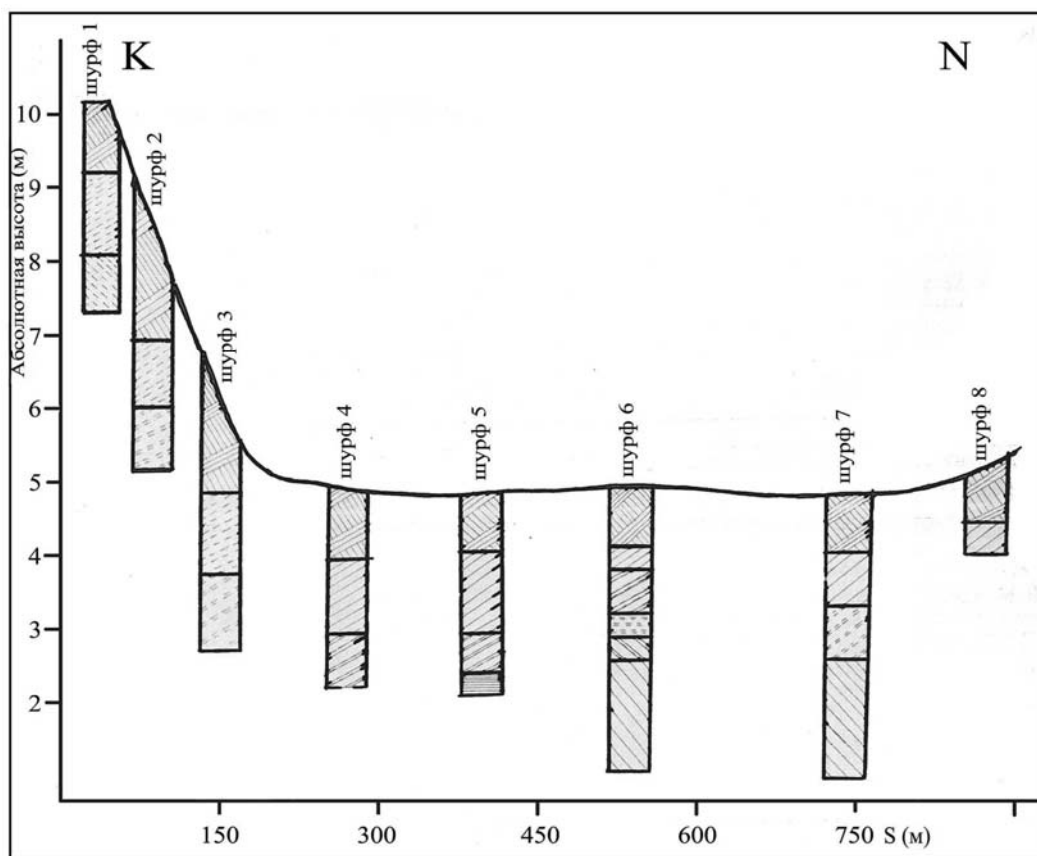


Рис. 5. Геолого-геоморфологический профиль К-Н.

Профиль К-Л (рис. 6).

Шурф-скважина 1

1. Почва чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.

2. Супесь светло-серо-бурая гумусированная плотная неслоистая микропористая с редкими карбонатными образованиями.

Шурф-скважина 2.

1. Почва чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.

2. Супесь буро-серая неясно-слоистая алевритистая плотная гумусированная с дисперсными пятнами карбонатов.

3. Суглинок супесчаный желто-серый оглеенный плотный неслоистый с пятнами бурого цвета железистого характера.
4. Ил алевритистый светло-серо-желтый оглеенный неслоистый неструктурный с многочисленными пятнами железистых образований бурого и темно-бурого цвета.

Шурф-скважина 3.

1. Почва чернозем обыкновенный супесчаный на супеси.
2. Суглинок супесчаный буро-серый неясно слоистый плотный с редкими карбонатными стяжениями.
3. Иловатая супесь желтовато-серая с налетом закисного железа оглеенная с бурыми пятнами железистого характера плотная неслоистая неструктурная.
4. Супесь алевритистая местами пылеватая светло-серо-желтая оглеенная неслоистая неструктурная с бурыми пятнами железистых образований с раковинами моллюсков.

Шурф-скважина 4.

1. Почва луговая черноземовидная тяжелосуглинистая.
2. Суглинок темно-серый гумусированный плотный неслоистый с редкими карбонатными образованиями.
3. Ил фосилизированный тяжелый суглинок темно-серый с бурыми и темно-бурыми пятнами железистых образований сильно гумусированный плотный жирный неслоистый с редкими раковинами *Helicella striata*.
4. Ил суглинистый желто-серый оглеенный легкий негумусированный с пятнами железистых и марганцевых образований бурого цвета с фауной моллюсков *Coretus corneus* и *Planorbis planorbis* расположенной дисперсно.
5. Суглинок палево-серый с пестрыми ржавыми железистыми образованиями неслоистый плотный редкие раковины *Lymnaea stagnalis*.

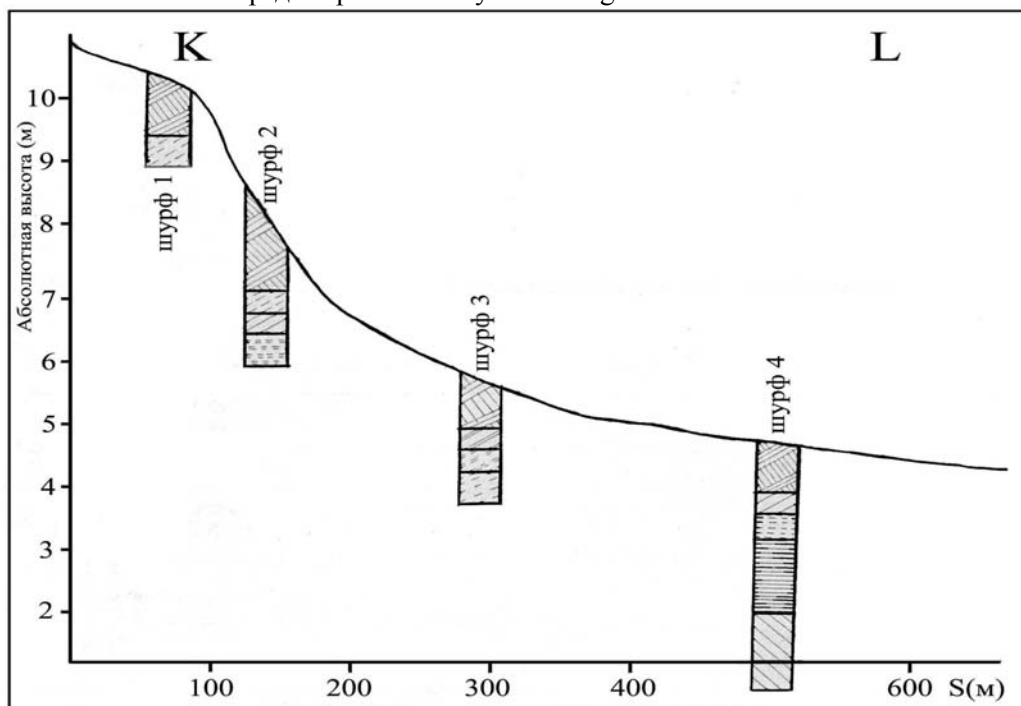


Рис. 6. Геолого-геоморфологический профиль К-Л.

Анализ проб силикатных пород из шурфов и скважин поймы Днестра в окрестностях поселения Чобручи, с применением фотоколориметрических методов (Булатов, Калинин 1986; Дроздов, Кузнецов, Рогатинская 1980), выявил возможность использования образовавшейся в болотах болотной руды для получения железа. На содержание железа были исследованы более 50 образцов силикатной породы, взятых с различной глубины (от 110 до 480 см). Определение железа проводилось сульфосалицилатным методом на ФЭКе в щелочной среде.

Также был исследован образец металлосодержащей шихты * (рис. 7), обнаруженный на территории поселения. Однако его геологический возраст установить определенно археологическими методами, не представляется возможным.

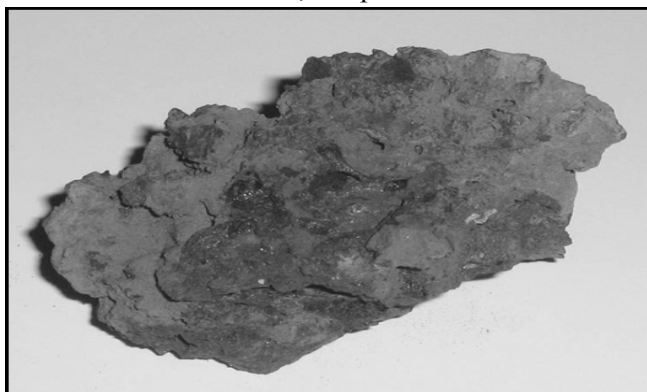


Рис. 7. Образец металлосодержащей шихты из поселения Чобручи.

Титриметрическими методами было проведено количественное определение марганца и железа в этом образце (Васильев 1989; Коростелев 1984, 1988). На содержание железа исследовался и фрагмент наконечника копья (рис. 8) из культурно-хронологического горизонта поселения Чобручи, датированного IV-III вв. до н.э.

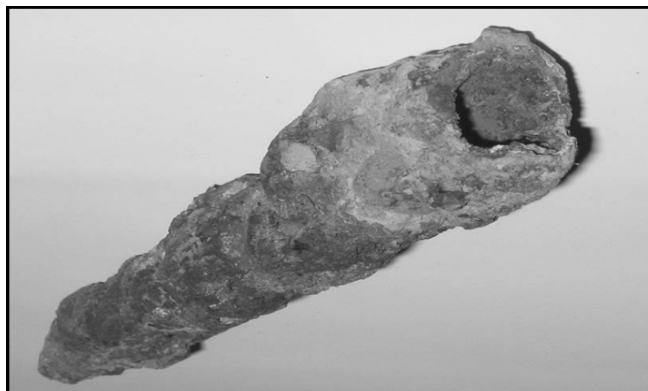


Рис. 8. Фрагмент наконечника копья из поселения Чобручи.

Оба этих образца были подвергнуты электронно-микроскопическим исследованием их поверхности, а также выявлен элементный состав образца шихты.

* Образцы археологических материалов были любезно предоставлены С.А. Фидельским.

Результаты и их обсуждение

Для того чтобы начали формироваться железные руды необходимы особые условия рельефа в виде заливов, затонов и других ловушек с ослабленной динамической деятельностью водных масс. Шурфование и бурение пойменных отложений в районе поселения, а также анализ естественных обнажений поймы Днестра показали, что подобные условия были характерны для района поселения Чобручи в период его функционирования.

Нижние слои сложены голубовато палево-серыми суглинками с включениями железистых и марганцевых конкреций, слабогумусированными вязкими плотными со следами оглеения и многочисленными раковинами моллюсков *Viviparidae*, *Lymnaea stagnalis* и *Vithynia tentaculata*. Это свидетельствует о том, что данные отложения сформировались в условиях стоячего водоема.

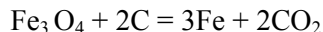
Отложения, находящиеся над вышеописанными слоями представлены илами fossilizированными темно серыми, тяжелосуглинистыми, гумусированными, с бурыми и ржавыми железистыми включениями и илами суглинистыми пятнисто-серыми легкими с железистыми и марганцевыми пятнами и фауной моллюсков представленной видами *Planorbis planorbis*, *Valvata naticina*, *Coretus corneus*. Подобный состав отложений и раковин моллюсков более характерен для болото-старичных фаций. *Planorbis planorbis* обитатель мелких стоячих водоемов, болот. Преобладание в отложениях, в основном, раковин этого вида мелких размеров, свидетельствует об эфемерности водоема, возможности периодических заморов в связи с дефицитом кислорода. *Valvata naticina* стагнофил, типичный для мелких стоячих водоемов с илистым дном и погруженной растительностью. *Coretus corneus* также обитает в мелких стоячих зарастающих водоемах.

Верхние слои сформировались пойменными и субаэральными отложениями, очевидно, более молодого возраста.

Результаты литолого-фациального анализа свидетельствуют о том, что положение русла р. Днестр в нижнем его течении меняло свое положение в связи с изменениями гидрологического режима реки, образуя в районе поселения Чобручи старицы, которые зарастали, постепенно трансформируясь в болота (Кишлярук 2007). В них и происходило накопление болотной руды, которая представляет собой отложения бурого железняка (лимонита) на дне болот.

Болотные железные руды (Fe_3O_4) состоят чаще всего из конкреций, бобовин и других образований обладающих гороховой структурой, концентрически-скорлуповатого сложения, рыхлых или сцементированных бурым железняком или глинистым веществом.

При нагревании с углем болотная руда легко восстанавливается, при сравнительно низкой температуре, начиная с 500 °С. Восстанавливали болотную руду, очевидно, древесным углем:



Получаемый металл имел вид вязкой губчатой массы, которую затем обрабатывали при 700-800 °С повторной проковкой.

Болотная руда, образовавшаяся в старичных болотах поймы Днестра в окрестностях поселения Чобручи, могла использоваться в кустарной выплавке железа местным населением. Среднее содержание железа в исследованных образцах составило около 6,4 кг/м³ породы. Однако самое высокое содержание железа выявлено в образцах, отобранных из слоев, формирование которых происходило в условиях болотно-старичной фации до 8,96 г/м³ породы.

Площадь образовавшегося в VI-V вв. до н.э. в районе поселения Чобручи болотно-старичного водоема составляет около 0,2 км². Мощность слоя этого болота с наибольшим содержанием железа составляет около 80-100 см. При среднем содержании железа в образцах из этого слоя 7,1 кг/м³ породы общие запасы железа из палеоболота могут оцениваться, примерно, в 1280 тонн.

В IV-III вв. до н.э. в районе поселения Чобручи сформировался другой болотно-старичный водоем площадью около 0,25 км². При мощности слоя с наибольшим содержанием железа около 60 см. и среднем значении содержания железа 7,2 кг/м³ запасы железа в образовавшейся болотной руде составляли, очевидно, около 1080 тонн.

Для определения геологического возраста шихты необходимо было выявить содержание в ней марганца. Этот элемент при выплавке железа в середине I тл. до н.э. не добавлялся. Введение марганца в состав железосодержащих сплавов относится к периоду средневековья и еще более позднему времени.

Согласно полученным результатам образец содержит 7 -10⁻⁴ % марганца (по массе). Такое незначительное количество марганца является косвенным подтверждением древнего возраста железосодержащей шихты из культурного слоя поселения Чобручи.

Этот образец был также исследован на содержание железа. Массовая доля железа в нем составила 90-92 %, что является высоким показателем.

Полученные результаты полностью подтверждаются электронно-микроскопическим исследованием структуры этого образца (рис. 9 (а,б)). По полученным данным содержание железа на некоторых участках поверхности этого образца составило 76,39% (масс). А доля окисленной формы составляет 21,88% (масс). Это в сумме составляет более 98 процентов, т.е. практически чистое железо. Столь высокое содержание основного компонента железа указывает на то, что найденный образец является основным продуктом железоплавильного производства – кричным железом.

Данные исследования элементного состава образца свидетельствуют о том, что крица была выплавлена из болотной руды.

Полученное губчатое железо использовалось древним населением для организации кузнечного дела. На это указывают данные исследования наконечника копья из культурных слоев поселения Чобручи, датированных IV-III в до н.э.

Внешний осмотр показал, что поверхность копья сильно корродированна и на ней прослеживаются следыковки. Это подтверждается электронно-микроскопическими исследованиями. Морфология поверхности копья значительно отличается от структуры образца крицы. На ней явно прослеживаются изменения поверхности в результате физического воздействия (высоких температур и давления).

Результаты электронно-микроскопического исследования поверхности наконечника копья (рис. 10 (а, б)) свидетельствуют о том, что железо находится в сильно окисленной форме. Массовая доля железа составляет от 51,88 до 62,25%, а массовая доля кислорода составляет от 35,85 до 42,92% по массе. Это подтверждает факт пластической деформации наконечника копья.

Таким образом, запасы болотной руды из старичных болот исследуемого района являются достаточными для организации выплавки железа, а пойменные леса, произраставшие в окрестностях поселения Чобручи, обеспечивали население древесным углем.

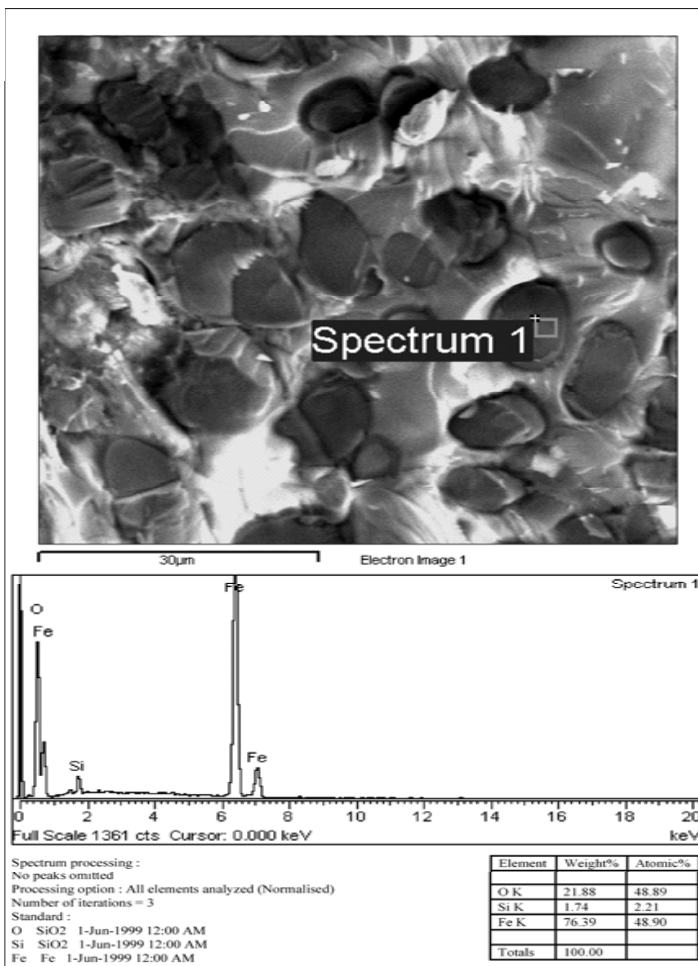


Рис. 9а. Микрофотография поверхности образца шихты и концентрация элементов в процентах по массе в точке 1

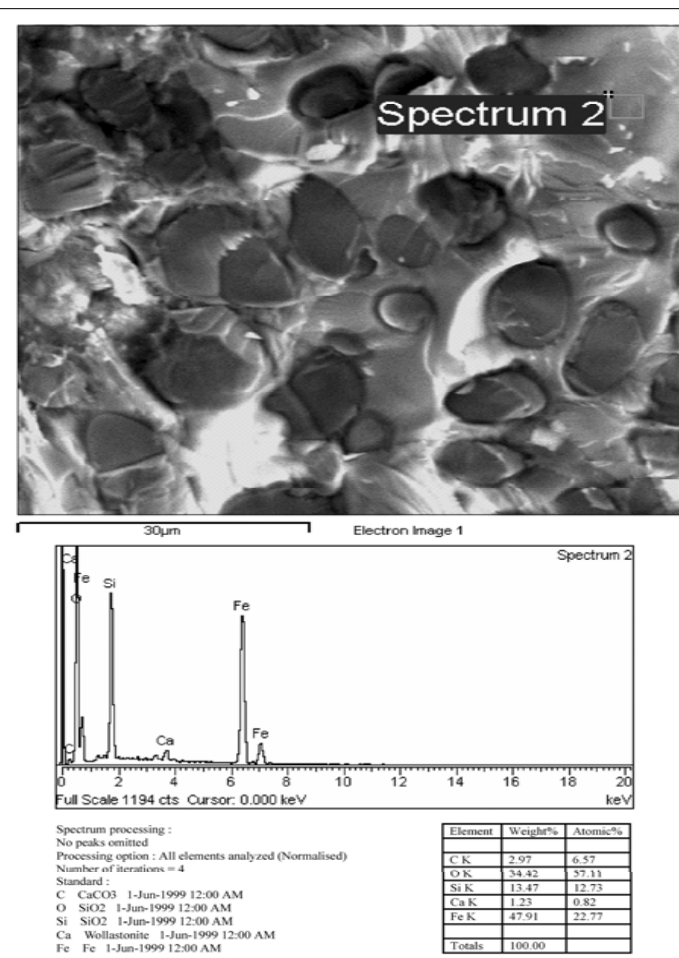


Рис. 9б. Микрофотография поверхности образца шихты и концентрация элементов в процентах по массе в точке 2.

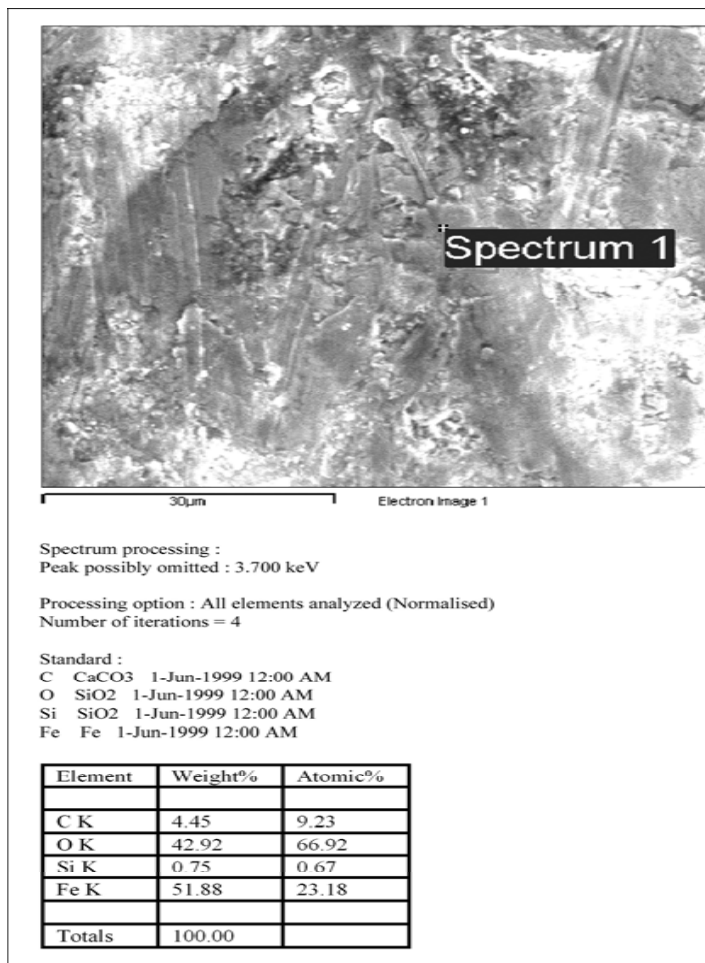


Рис 10а. Микрофотография поверхности фрагмента наконечника копы и концентрация элементов (% по массе) в точке 1.

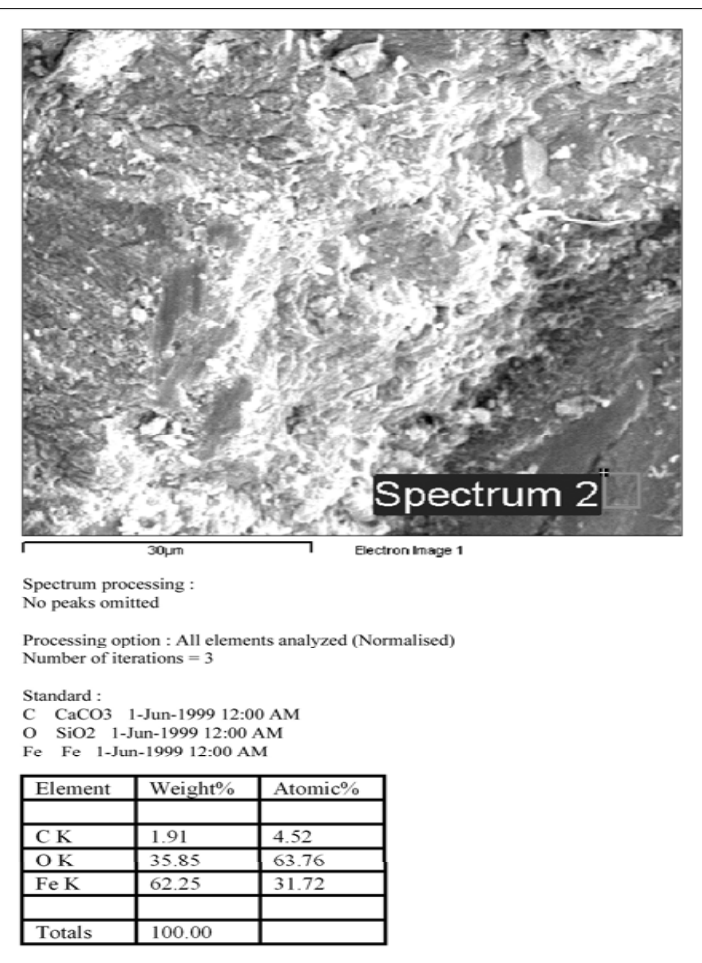


Рис 10б. Микрофотография поверхности фрагмента наконечника копы и концентрация элементов (% по массе) в точке 2.

Выводы

Русло Днестра в позднем голоцене меняло свое положение, что приводило к образованию пойменных водоемов (стариц). В образовавшихся таким образом водоемах происходило накопление осадочного материала. Нижние слои сформировались в условиях слаботекучего и стоячего водоема. Состав отложений среднего уровня слоев более характерен для болото-старичных фаций. Верхние слои сформировались пойменными и субаэральными отложениями.

В старичных болотах поймы Днестра образовалась болотная руда с достаточно высоким содержанием железа. Это позволяло ее использовать местным населением в кустарной выплавке металла. Самое высокое содержание железа наблюдается в образцах отобранных из слоев, формирование которых происходило в условиях болотно-старичной фации.

Запасы болотной руды из старичных болот Нижнего Приднестровья позднего голоцена являются достаточными для организации кустарной выплавки железа древним населением. Общие запасы железа образовавшихся в VI-V и IV-III вв. до н.э. болотно-старичных водоемов составляют более 2300 тонн.

Высокое содержание железа в образовавшихся, при выплавке металла, крицах свидетельствует о достаточно высоком уровне кустарного производства железа на территории Нижнего Приднестровья.

Литература

1. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа Л. 1986. 432 стр.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Ч.2. М. 1989. 384 стр.
3. Дроздов В.А., Кузнецов В.В., Рогатинская С.Л. Введение в физико-химические методы анализа. М. 1980 80 стр.
4. Кишлярук В.М. Природная среда как фактор развития земледелия и скотоводства в Нижнем Поднестровье во второй половине I тыс. до н.э. Thracians and circumpontic world. Кишинев. 2004. Т-2. стр. 217-240.
5. Кишлярук В.М. Литолого-фациальный анализ пойменных отложений Днестра в районе поселения Чобручи и его использование в палеогидрологических реконструкциях. Revista arheologica. Seria noua. Vol. III. Nr.1-2. Chisinau. 2007. p. 370-385.
6. Коростелев П.П. Фотометрический и комплексометрический анализ в металлургии. М. 1984. 272 стр.
7. Коростелев П.П. Химический анализ в металлургии. М. 1988. 384 стр.
8. Никулицэ И.Т., Фидельский С.А. Фракийский горизонт на поселении Чобручи в Нижнем Поднестровье (по материалам исследований 2001 г.) Северное Причерноморье: от энеолита к античности. Тирасполь. 2002 (а) стр. 206-216.
9. Никулицэ И.Т., Фидельский С.А. Исследование на многослойном поселении Чобручи (по материалам раскопок 2001). Древнейшие общности земледельцев и скотоводов Северного Причерноморья. Тирасполь. 2002 (б) стр. 248-250.
10. Никулицэ И.Т., Фидельский С.А. Чобручи – многослойное поселение на Днестре. Thracians and Circumpontic world. Chisinau. 2004. стр. 190-216.

11. Щербакова Т.А. Новые материалы по археологии Нижнего Поднепровья. ДООЗССП. Тирасполь. 1994. стр. 231-232.
12. Щербакова Т.А. Позднеархаический горизонт поселения Чобручи на Нижнем Днестре. Никоний и античный мир Северного Причерноморья. Одесса. 1997 (а). стр. 167-170.
13. Щербакова Т.А. К вопросу о населении Нижнего Поднепровья в III – первой четверти II вв. до н.э. Чобручский археологический комплекс и вопросы взаимодействия античной и варварских культур. (IV в. до н.э. – IV в н.э.). Тирасполь. 1997 (б). стр. 19-22.
14. Niculita I., Fidelski S. The researches on the multilayered settlement Ciobrucii. Thracians and Circumpontic world. Chisinau. 2004. P. 75-76.

Друмя А. В.

К вопросу о создании подземных газохранилищ Молдовы

В последние дни проблема поставок российского газа в Молдову стала главной темой, которая обсуждается не только в руководящих кругах Республики, но и во всем обществе, и это вполне естественно, ибо газ является не только атрибутом плиты на кухне.

От снабжения газом в большой мере зависит выработка электричества, теплоснабжение жилищ и даже водоснабжение, не говоря о некоторых видах промышленности.

Проще, речь идет об энергетической безопасности Страны. Вот почему задействованы разные штабы и комиссии. Однако от нас мало, что зависит в разрешении ситуации в целом. Тем не менее, кое-что можно предпринять и с нашей стороны для смягчения ситуации. Одним из решений может быть переход на альтернативное топливо, в частности на мазут, там, где это технически возможно. Но мазут тоже предмет дефицита и зависит от импорта. В этой непростой ситуации следует иметь в виду, что у нас нет другого пути снабжения газом, кроме как через Украину, а именно там-то и «собака зарыта». Вот и складывается ситуация, при которой никаких существенных решений здесь принять невозможно. Остается только ждать, когда и что решат другие.

Тот факт, что от газового конфликта, кроме нас, страдает целый ряд стран - утеха не велика. Более того, в ряде стран, где подобно Молдове отсутствуют собственные природные месторождения нефти и природного газа, заблаговременно были созданы искусственные запасы. Они, хотя и не в состоянии обеспечить долговременную подачу газа, все же способны в кризисные периоды на протяжении нескольких недель или даже месяцев обеспечить снабжение энергоносителем самые жизненно важные отрасли. К сожалению, в Молдове мы пока таких запасов не имеем по ряду причин, и на них следует остановиться подробнее. Сразу же оговоримся, что создание значительных искусственных запасов газа в отличии, скажем от запасов нефти, задача технологически более сложная и дорогостоящая, а подчас и не разрешимая.

Заметим, что среднемесячное потребление газа Молдовой составляет 100 млн. м³, поэтому главная трудность состоит в необходимости накопить и сохранить под большим давлением много миллионов кубических метров газа.

Само собой понятно, что названные объемы не могут храниться в цистернах или других искусственных емкостях. По этой причине создание вместилищ для хранения искусственных запасов газа “впрок” представляет собой очень сложную техническую проблему

Но каким же образом выходят из положения некоторые другие страны? Известно, что там импортируемый газ через скважины закачивают под давлением в подземные хранилища, расположенные на значительных глубинах в толще земной коры.

Само собой понятно, что далеко не всюду можно закачать газ и в нужное время поднять его для использования по назначению. Подготовка таких хранилищ

требует удовлетворения ряда геологических условий. Во-первых, для этой цели под землей (желательно на глубинах не менее нескольких сотен метров) найти пористые породы, которые могут принять соответствующие объемы газа. Вторым обязательным условием является надежное герметичное перекрытие пористых пород слоями плотных непроницаемых образований (например, глинами или слоями соли). Третьим, и возможно, не последним условием является полное отсутствие во вмещающих породах геологических разломов или трещин, через которые закаченный под давлением газ, может уйти, и в результате этого через каких-нибудь полгода в хранилище ничего не останется.

Поиски подземных геологических структур, удовлетворяющих этим условиям дело весьма сложное дорогостоящее и подчас экономически рискованное.

В некоторых странах для создания газовых хранилищ используются старые шахты (например, в Германии – соляные шахты). Само собой, понятно, что такие шахты и штольни, которые образовались в Молдове в результате добычи известняка, для этой цели не пригодны, в виду их незначительной глубины, малого объема и, главным образом, из-за большой проницаемости окружающих пород, через которые закаченный под давлением газ за короткое время может уйти.

Но, достаточно пессимизма! По моему мнению, у нас есть перспектива для создания искусственных запасов газа (на черный день).

В юго-западной части Молдовы в Кантемировском районе известно небольшое месторождение природного газа (кстати, по химическому составу газ аналогичен импортируемому). Его запасы не велики и составляют менее 1 миллиарда кубических метров, давление в пласте – 30-40 атмосфер, а глубина продуктивного слоя 600 м.

Долгое время месторождение не эксплуатировалось. В последние годы усилиями компании “Valiexchimp” на месторождении было пробурено и оборудовано несколько разведочно-эксплуатационных скважин. Добываемый природный газ, через местную распределительную сеть, используется для нужд района. Несколько населенных пунктов газифицировано. Однако количество добываемого газа превышает возможности существующей сети. Более того, имеется перспектива развития месторождения. Но увеличение добычи возможно лишь при условии “врезки” местной газовой сети в республиканскую, принадлежащую “Молдовагаз” (разумеется, через счетчик). Расстояние до ближайшего пункта возможной врезки – 14 км.

Совершенно ясно, что такая добавка газа в общую сеть существенно не повлияет на энергетический баланс Республики. Но моя идея идет несколько дальше. Мне, как геологу, хорошо известно, что упомянутое месторождение образовалось много тысяч, а возможно и сотен тысяч лет назад и, если в течение этого времени газ из него никуда не ушел, значит, условия для его удержания создала сама природа. Если вопрос о подаче газа из этого месторождения в республиканскую сеть будет решен положительно, то отработка его не займет много времени, а освободившийся объем в недрах можно будет использовать для закачки импортируемого газа и создания запасов на случай очередного газового сюрприза. Более того, существующие скважины (бурение которых стоило немалых денег) также могут быть использованы в качестве нагнетательных.

К вторичному использованию отработанных месторождений иногда прибегают и без кризиса, а из чисто коммерческих соображений. В тех случаях, когда имеется избыток газа (например, летом) и его цена ниже, заполняет хранилище, а в пиковое время поднимают газ, и продают потребителю.

В нашем случае, если такой проект будет осуществлен, то при кризисной ситуации запасов может хватить на несколько месяцев и временное отсутствие импорта не будет столь драматичным. Вполне понятно, что изложенные соображения представляют собой лишь предложения для тщательной инженерной проработки, а его осуществление потребует финансовых и технических средств. Поэтому в решении этой проблемы должен участвовать частный бизнес, а также Правительство, ибо она касается не только коммерческой сферы, но в значительной мере относится к энергетической безопасности Страны.