

УДК 550.343

Гинсарь В.Н., Исичко Е.С., Куевда А.В.*

Характеристика существующей застройки г. Кишинева для последующей оценки сейсмического риска

Abstract

This article provides an overview of the city of Chisinau existing building up, made on the basis of an electronic database containing the different information about 24560 buildings. A database as an essential component of GIS allows us to reflect any analyzed parameter in the form of corresponding electronic map or a set of histograms. It is briefly described the evolution of building up in the city of Chisinau in time and space, starting from the middle of XIX century until our days. There are presented the distributions of multi-storey residential building up on the model projects (series), as well as the distributions of all the buildings on the number of storeys, function and age. Analysis of the building development, distributions and evaluations, presented in this review, being, on the one hand, an intermediate step in a complex of works on seismic risk assessment for the territory of Chisinau, are also of independent interest to specialists in urban planning, city services and seismologists.

Rezumat

Articolul oferă o imagine de ansamblu a construcției existente la data, Chișinău, efectuată cu ajutorul unei baze de date electronică, care conține o varietate de date despre 24560 clădiri. Baze de date, ca o componentă esențială a GIS, vă permite a reflecta orice parametru analizat sub forma unei hărți electronice adecvate sau unui set de histograme. Pe scurt se descrie evoluția construirii orașului Chișinău în timp și spațiu, începând cu mijlocul secolului al XIX-lea până în zilele noastre. Sunt aduse distribuțiile clădirilor de locuit multietajele în dependență de proiectele tip (serie), cât și tuturor clădirilor în dependență de numărul etajelor, funcție și de vârstă. Analiza construcției, distribuțiilor și estimatelor din articol fiind, pe de o parte, un pas intermediar în complexul de lucrări privind evaluarea riscului seismic în municipiul Chișinău, sunt de asemenea, de interes independent pentru specialiști în planificarea urbană, cât și specialiști-seismologi.

Резюме

В статье представлен обзор существующей на сегодняшний день застройки г. Кишинева, выполненный на основе электронной базы данных, содержащей разнообразные сведения о 24560 строениях. Созданная база данных, как важнейшая составляющая ГИС, позволяет отразить любой анализируемый параметр в виде соответствующей электронной карты или набора гистограмм. Кратко описана эволюция застройки г. Кишинева во времени и пространстве, начиная с середины XIX века до наших дней. Приведены распределения многоэтажной жилой застройки по типовым проектам (сериям), а также всех зданий по этажности, назначению и возрасту. Анализ застройки, распределения и оценки, содержащиеся в статье, являясь, с одной стороны, промежуточным звеном в комплексе работ по оценке сейсмического риска на территории г. Кишинева, представляют также и самостоятельный интерес для специалистов в области градостроения, городского хозяйства и сейсмологов.

* Serviciul de Stat pentru verificarea și expertizarea proiectelor de construcție, Ministerul Construcțiilor RM.

Введение

Территория города Кишинева периодически подвержена воздействию сильных землетрясений, генерируемых очаговой зоной Вранча. Распределение сейсмической интенсивности на территории города показано на новой Карте сейсмического микрорайонирования г. Кишинева, выполненной по заказу Примэрии и завершенной в 2005 году.

Обновленное сейсмическое микрорайонирование позволяет учитывать влияние на прогнозируемые сейсмические воздействия разнообразных местных геолого-геофизических условий. Карта микрорайонирования служит основой для оценки сейсмической опасности строительных площадок, так как содержит всю необходимую информацию для проектирования эффективной сейсмической защиты новых зданий и сооружений.

Известно, что человеческие жертвы обусловлены не самими сейсмическими воздействиями, сколь бы они не были велики, а зданиями, которые не выдерживают этих воздействий.

Решение таких проблем возможно при совместном исследовании реальной уязвимости городских сооружений и сейсмических воздействий, задаваемых картой микрорайонирования. Подобные задачи относятся к разряду задач *сейсмического риска*.

Под сейсмическим риском следует понимать прогноз социальных и экономических потерь, связанных с землетрясениями различной интенсивности на территории города с целью их минимизации.

Предлагаемый обзор существующей застройки города Кишинева является логическим завершением и обобщением одного из первых этапов большой работы по оценке сейсмического риска для территории города – создания электронной базы данных о зданиях и сооружениях, которая содержит информацию о 24560 объектах.

Обобщенная характеристика застройки города Кишинева

Площадь города Кишинева в границах на конец 2008 года составляет порядка 122 км². Территория города состоит из 11 основных, исторически сложившихся микрорайонов: Аэропорт, Ботаника, Боюканы, Будешты, Петриканы, Рышкановка, Старая почта, Скулянка, Телецентр, Чеканы, Центр. Еще 120 лет назад город располагался, фактически, в пределах одного нынешнего микрорайона Центр (рис. 1). Разрастание территории города происходило за счет урбанизации окрестных сел, главным образом, во второй половине прошлого (XX) века.

В итоге, на сегодняшний день, застройка города представлена самыми разнообразными по возрасту, степени износа, этажности, конструктивным решениям и уровню сейсмостойкости зданиями различного назначения - жилыми, общегражданского назначения, производственными и т. п. Так, например, наиболее старым в электронной базе данных является здание культового назначения - Мазаракиевская церковь, возведенная в 1757. В центральной части города в периметре улиц А. Матеевич – Т. Чорба - Александру чел Бун – Измаил сохранились отдельные здания, построенные в первой половине XIX века.

Характеризуя развитие Кишинева в исторической ретроспективе, кроме временного фактора следует также отдавать должное внимание имевшим место

сильным землетрясениям (особенно, 1940, 1977 и 1986 гг.) и их влиянию на проектирование и строительство на разных временных этапах.

В соответствии с обзором застройки Кишинева, приведенном в [1], к началу 40-х годов XIX века в ней преобладали одноэтажные здания, глинобитные или из сырцового кирпича, в наличии было три трехэтажных и 86 двухэтажных зданий. За период с 1836 по 1856 гг. в городе было возведено несколько действительно высоких общественных зданий: собор, лютеранская кирха, костел, здание тюрьмы, а также несколько других казенных зданий, часть из них сохранились до 1940 года. С 1843 по 1857 гг. в городе действовали специальные правила строительства, обусловленные уже известной в то время высокой сейсмической опасностью. В частности, регламентировалась высота зданий, не разрешалось строить здания выше двух этажей при наличии цокольного или полуподвального этажей и т.п. После упразднения в 1857 г. органа, осуществляющего строительный надзор, сформулированные им требования постепенно ушли из строительной практики. Следствием этого явилось низкое качество, как проектирования, так и строительства. Характерными особенностями застройки второй половины 19 века и первой трети XX века (именно в это время город интенсивно застраивался) были мелко заложенные фундаменты, слабые стены, которые несли не только тяжелые черепичные крыши, но и массивные балконы, карнизы, высокие парапеты, утяжеленные толстым слоем наружной штукатурки.

Основными строительными материалами для стен были местные материалы: во-первых, прямоугольные блоки из пильного известняка – котельца; во-вторых, «рваный» известняк, крупный или мелкий, скрепляемый известковым, а иногда и глиняным раствором. В-третьих, самым массовым материалом для строительства служил сырцовый кирпич из необожженной глины с добавкою навоза или мякины (или без них), носящий местное название «лампач», скрепляемый глиняным раствором. Здания из обычного красного обожженного кирпича в городе были единичны, как правило, кладка и ее составляющие вполне хорошего качества. Большая часть зданий была построена на ленточных бутовых фундаментах неглубокого заложения (0.4-1.0 м). Более заглублены фундаменты двух-трехэтажных домов, имеющих подвальные или цокольные этажи.

К моменту сильнейшего в XX веке землетрясения в зоне Вранча, произошедшего 10 ноября 1940 года, границы города мало изменились по сравнению с концом XIX века. По возрасту и типу застройки территорию города того времени можно было условно разделить на три части[1]: верхнюю - в пределах современных улиц А. Матеевич и 31 Августа 1989 года, среднюю – от улицы 31 Августа 1989 года до ул. Колумна и нижнюю – от ул. Колумна вплоть до р. Бык. В верхней части города преобладали сравнительно новые (5-30 лет до момента обследования в 1940 г.) одноэтажные здания, сложенные из довольно качественной котельцовой кладки. Для средней части города наиболее характерны двухэтажные здания с цокольным или подвальным этажами и стенами из котельцовой, редко кирпичной, кладки. Возраст построек в этом районе от 10 до 45 лет (на ноябрь 1940г.). В нижней части города, спускающейся к реке Бык, преобладали наиболее старые (от 40 до 100 лет, также на ноябрь 1940 г) одно- или полутрехэтажные здания, с глинобитными стенами из лампача.

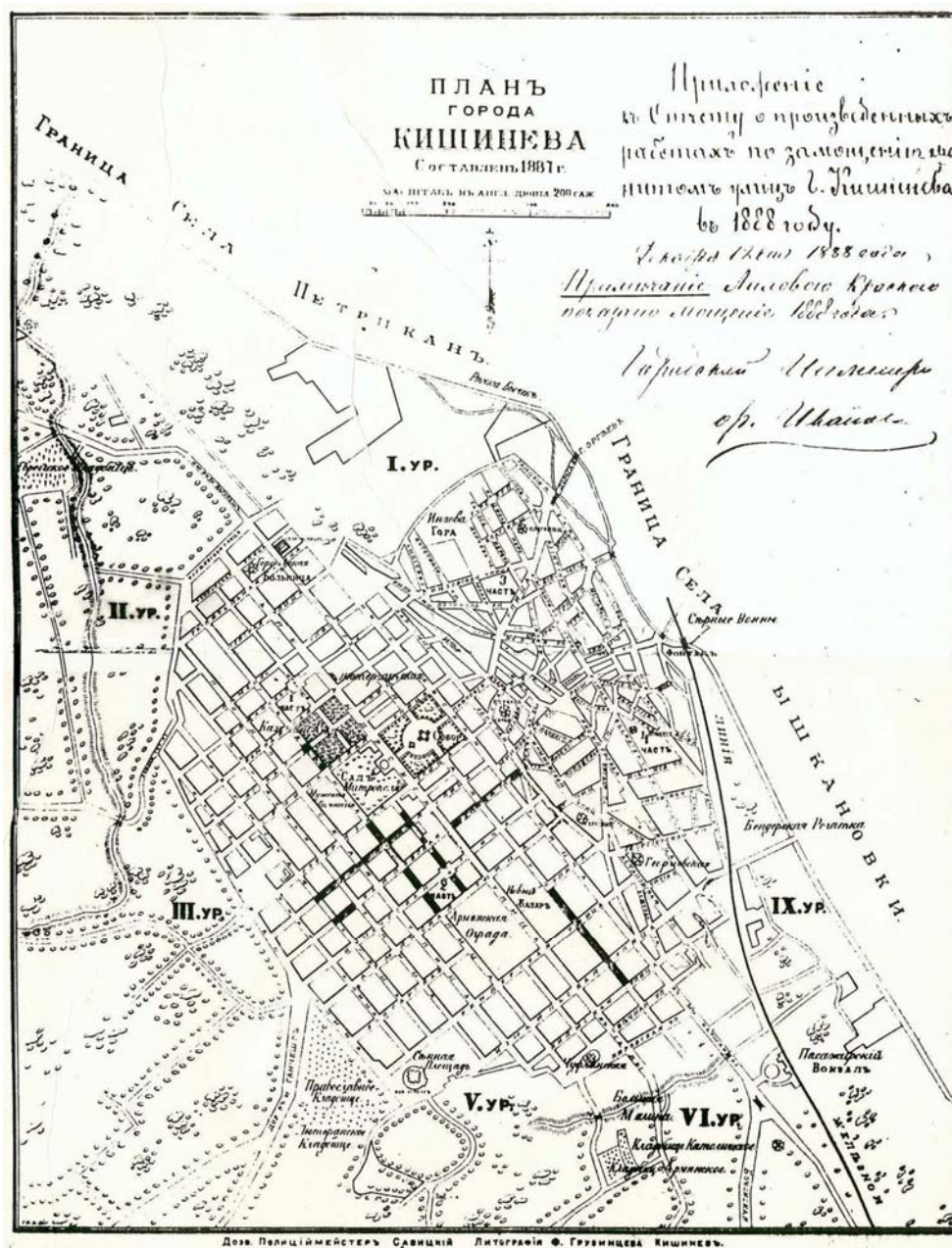


Рис. 1. План города Кишинева 1887 года.

Всего в г. Кишиневе на момент обследования последствий землетрясения 1940 г. было 12500 зданий, из числа которых около 170 были полностью разрушены и впоследствии снесены.

До начала Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. застройка города скорее восстанавливалась от последствий землетрясения, чем развивалась. Затем город вновь подвергся серьезным разрушениям в ходе боев за его освобождение. В первые послевоенные годы, примерно до 1948 г., восстанавливалось разрушенное

(фото на рис. 2), и только с 1948 года началась новая фаза интенсивной реконструкции и массового строительства в г. Кишиневе.



Рис.2. Вид центра г. Кишинева с самолета, 1947 г.

На первом этапе (с 1948 по 1956 гг.) застройка Кишинева велась, преимущественно, домами до 5-ти этажей с использованием для фундаментов и стен местного строительного материала – известняка в виде бутового камня и блоков, для элементов перекрытий - в виде ж/б балок, прогонов и блоков. Уже в этот период появилось понятие «серия», которое на том этапе ограничивалось планировочными схемами типовых секций, которые воплощались в реальные жилые дома посредством разработки индивидуальных проектов при сохранении планировки согласно серии 1-256.

Согласно действующим на тот момент нормативам, наибольшая этажность для застройки магистралей городов допускалась в 4, 3 и 2 этажа при сейсмичности в 7 и 8 баллов, а для массовой застройки соответственно 3 и 2 этажа.

С середины 1950-годов стал формироваться жилой фонд г. Кишинева высотой 4 и более этажей. Основу этого фонда составляют жилые дома, построенные на базе типовых проектов разных серий. Серии разрабатывались в Молдове с интервалом примерно в 10 лет, с учетом развития нормативных требований по проектированию и строительству зданий в сейсмических районах бывшего СССР, составной частью которого до 1990 г являлась и Молдова, а также, с учетом роста технического прогресса по способам и темпам строительства жилья, по выбору конструктивных схем жилых домов и использованию строительных материалов. Для следующей ниже классификации зданий частично привлекалась информация из [2-5].

Массовая жилая застройка г. Кишинева

В таблице 1 показана эволюция во времени проектов массовой жилой застройки города, обусловленная совершенствованием нормативной базы и внедрением новых строительных технологий.

Таблица 1.

Эволюция проектных решений в жилой застройке г. Кишинева.

№ п/п	Название серии	Период применения	Этажность	Материал стен	Нормативный документ
1	1-256	1948-1956	2-4	Котелец	ТУ 58-48, ПСП 101-51
2	1.311С	1957-1962	4-5	Котелец	СН 8-57
3	1-464С, 1-464АС	1957-1962	4-5	Ж/б панель	СН 8-57
4	1М-438АС	1962-1968	4-5	Котелец	СНиП ПА-12-62
5	1-464АС	1962-1968	5, 9	Ж/б панель	СНиП ПА-12-62
6	102С	1969-1992	5	Котелец, кирпич	СНиП П.А.12-69 СНиП П-7-81
7	1-464МС 1-464МСВ	1971-1992	9	Ж/б панель	СНиП П.А.12-69 СНиП П-7-81
8	135	1971-1992	9	Ж/б панель	СНиП П.А.12-69 СНиП П-7-81
9	143, 143МК	1975-1992	9-14	Ж/б панель	СНиП П.А.12-69 СНиП П-7-81
10	92МСБ	1982-1989	9	Ж/б панель	СНиП П.А.12-69 СНиП П-7-81

Следует отметить: во-первых, понятие «серия» в период 1948-1956 гг. ограничивалось планировочными схемами типовых секций, которые воплощались в реальные жилые дома посредством разработки индивидуальных проектов при сохранении планировки согласно серии 1-256. Во-вторых, землетрясение 1977 г. и введение в действие нового СНиП П-7-81 привело к пересмотру ряда проектов типовых серий, значения расчетных сейсмических нагрузок были увеличены, что повысило сейсмостойкость проектируемых зданий.

Примерно с 1980 г. и до начала перестроечного периода, массовое строительство 5-тиэтажных домов велось, в основном, по проектам серии 102С, 9-ти этажных – серий 143,135 и 1-464МС. Дома повышенной этажности возводились в монолитном и сборно-монолитном железобетоне или в щитовой, блочно-щитовой и тоннельной опалубках (на базе индивидуальных проектов). Отдельные дома в 9 этажей строились по проектам серии 1-464МСВ, 143МК и 92МСБ, а свыше 9 этажей – в объемно-переставной и, реже, скользящей опалубке.

Гистограмма распределения жилых многоэтажных домов в соответствии с проектными решениями представлена на рис. 3.

С начала перестроечного периода практически прекратилось строительство домов КПД, да и других массовых строительных серий. Им на смену пришли дома каркасной конструкции с диафрагмами жесткости из монолитного железобетона, каркасно-каменной, пилонной конструкции как разновидности монолитных домов с несущими стенами из железобетона высотой в 5 или более этажей, построенные по индивидуальным проектам.

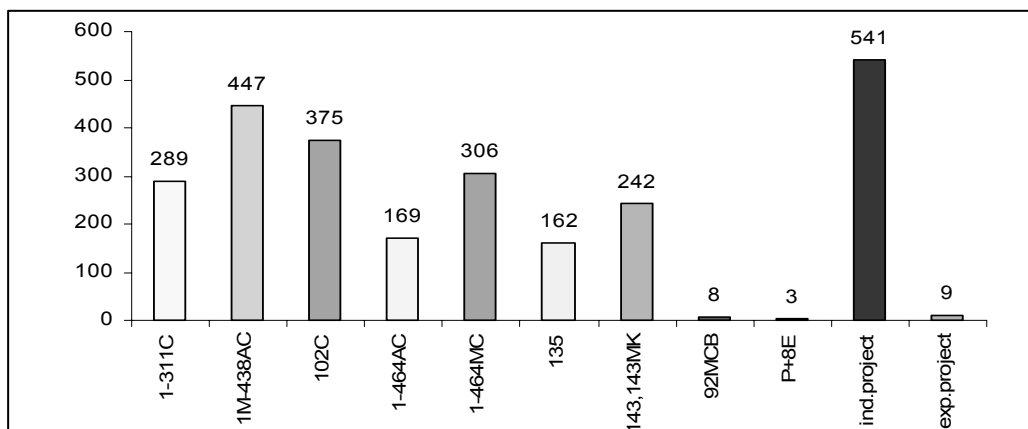


Рис. 3. Распределение жилых многоэтажных зданий (от 4-х этажей) по проектным решениям (сериям).

Параллельно со строительством многоквартирных и многоэтажных зданий в г. Кишиневе на протяжении всех послевоенных лет велось строительство индивидуальных жилых домов. Как правило, использовались местные строительные материалы – глина, рваный камень, пильный известняк (котелец), реже кирпич. С начала 90-х годов в практике индивидуального жилищного строительства стали чаще использовать фортан и армированный бетон.

Отметим, что в период 40-80-х годов XX века индивидуальная застройка была, как правило, одноэтажной, в период 90-х и 2000х годов массовый характер приобрело строительство 2-х, 3-х, а иногда и 4-х этажных частных домов.

В пределах центральной части города сохранилось также значительное количество зданий, в один-два этажа, построенных в конце XIX–го - начале XX веков (например, фото на рис. 4). Подобные здания, характеризующиеся низкой сейсмостойкостью и высокой степенью износа, в последние 15-20 лет в массовом порядке переводятся из жилого в нежилой фонд. После косметического, реже капитального ремонта, они используются как офисные или торговые помещения.



Рис. 4. Снимок начала 1900-х годов. Сохранившееся здание, прежде – гимназия, сегодня – музей.

Классификация городской застройки

Одновременно с развитием жилищного строительства в г. Кишиневе создавалась и соответствующая инфраструктура – детские дошкольные, образовательные, медицинские, торговые, административные и т. п. учреждения. Их проекты и применяемые строительные материалы эволюционировали во времени (с середины 50-х годов XX века до 2000-х) так же, как и жилая застройка.

Индустриализация г. Кишинева стартовала в начале 60-х годов и продолжалась вплоть до 1991 года. За эти годы было вновь создано или реконструировано более сотни промышленных предприятий республиканского и общесоюзного значения. В городе сложилось несколько промышленных зон (Петрикань, Чеканы, Скулянка), застроенных крупными многопролетными производственными зданиями. Наиболее распространенным типом конструкции производственных зданий являлась каркасная, реже использовались монолит или панель. Часть более старых построек представляет собой сооружения с каменными несущими стенами, либо смешанной конструкции. Большинство производственных зданий запроектировано и построено с учетом антисейсмических мероприятий.

Распределения городской застройки по их назначению, возрасту и этажности приведены на рис.5, 6 и 7 в виде объемных круговых диаграмм.

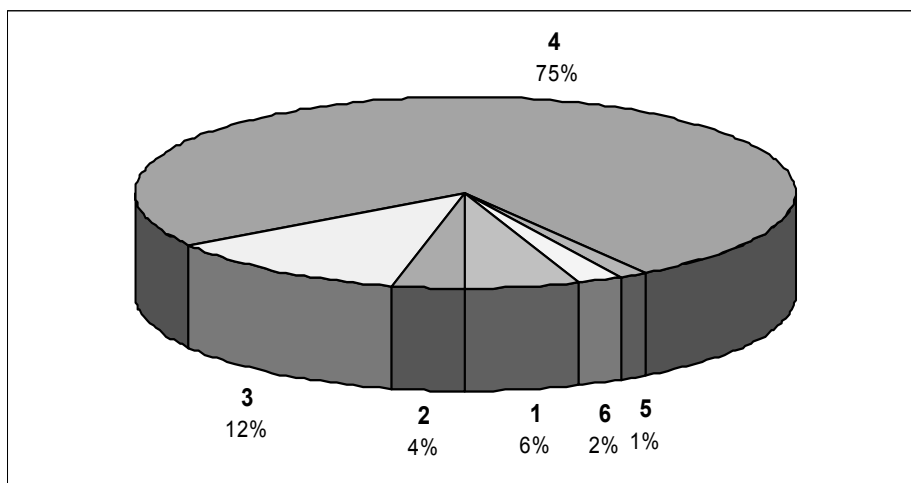


Рис. 5. Распределение зданий г. Кишинева по назначению.

- 1 – здания производственные и торговые;
- 2 – учреждения: министерства, институты, офисы;
- 3 – жилые многоквартирные дома;
- 4 – жилые частные дома;
- 5 – социально-культурные объекты (медучреждения, театры и кинотеатры, гостиницы, музеи, вокзалы);
- 6 – образовательные учреждения (дошкольные, школьные, колледжи, университеты).

Как следует из рис.5, среди объектов городской застройки всех типов преобладают (75%) жилые частные дома, при этом в многоквартирных зданиях, составляющих лишь 12% застройки, проживает более 80% населения города.

Даже сглаженное по двадцатилетним интервалам, распределение городской застройки по возрасту (рис. 6) позволяет сделать вывод о том, что более четверти (27%) зданий города эксплуатируются, в среднем, от 100 до 50 лет и весьма мало отвечают требованиям сейсмостойкости, как с точки зрения общего износа, так и типа конструкции.

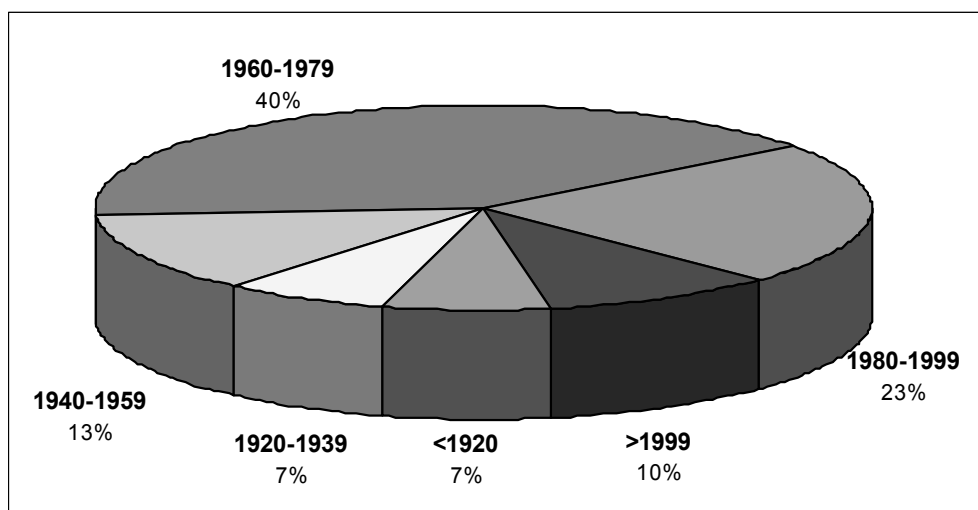


Рис. 6. Распределение застройки г. Кишинева по возрасту.

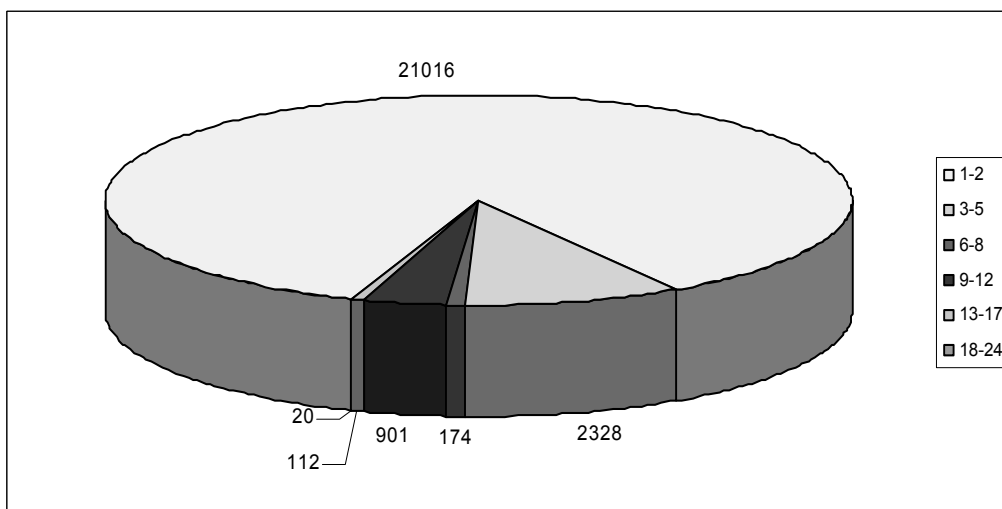


Рис. 7. Распределение застройки г. Кишинева по этажности.

Из рис. 7 следует, что в количественном отношении малоэтажные жилые дома являются доминирующим типом городской застройки в Кишиневе. Они представлены в самом широком диапазоне возраста, материала стен, типа сейсмостойкости – от заведомо несейсмостойких, одно- двухэтажных зданий конца XIX века, построенных из местных строительных материалов (включая глину и кирпич-сырец) до особняков образца 2000-х годов, возводимых из бетонных

блоков, или с применением каркасов из армированного бетона и заполнением из качественной котельцовой кладки на хорошем растворе.

В таблице 2 отражен качественно и количественно состав жилой малоэтажной застройки г. Кишинева по материалу наружных стен. При всем многообразии примененных строительных материалов преобладают (около 73%) дома из глины (лампач, кирпич-сырец), необработанного (рваного) камня и котельца (пильного известняка).

Следует особо отметить наличие в городе значительного числа многоквартирных домов в 2 и 3 этажа, построенных из пильного известняка в период 50-х, 60-х годов. Как отмечалось выше, большая часть этих зданий возведена на основе серии 1-256, но многие из проектов, особенно в центральной части города, были значительно переработаны (индивидуализированы) и выстроенные здания существенно отличаются по архитектурному облику.

Как следует из таблицы 2, материал стен не определен для 1849 зданий. Основой для нашей базы данных стала информация о зданиях, полученная из службы Кадастра, которая, к сожалению, во многих случаях является неполной или даже ошибочной. Для всех многоэтажных жилых и части гражданских и промышленных зданий сведения перепроверены и уточнены. Но ввиду огромного объема материала на данном этапе не было возможности дополнительно обследовать большое число частных одноэтажных домов. Это предстоит сделать на следующих этапах работы по оценке сейсмического риска на территории г. Кишинева.

Современные производственные и гражданские здания на территории г. Кишинева представлены, в основном, двумя типами: во-первых, каркасные здания серий ИИС-04, ИИС-20, ИИС-60, конструкции серии УК из сборного железобетона или с каркасом из линейных элементов. Во-вторых, каменные здания с несущими стенами из пильного известняка или, реже, из кирпича, с бетонными перекрытиями.

Таблица 2. Материал стен жилых малоэтажных зданий.

N п/п	Материал стен	Число	%
1	Котелец из глины (лампач, кирпич-сырец)	2833	15,17
2	Глина с соломой (саман)	1406	7,53
3	Щиты из глины, каркас с заполнением	669	3,58
4	Необработанный (рваный) камень	3180	17,02
5	Форган	36	0,19
6	Дерево	127	0,68
7	Гипс	3	0,02
8	Бутобетон, шлакобетон	544	2,91
9	Кирпич	397	2,13
10	Котелец	7574	40,55
11	Бетонный блок, армированный бетон	61	0,33
12	Неопределен	1849	9,90

Каркасно-каменные или каркасно-панельные конструкции нашли широкое применение в строительстве образовательных и медицинских учреждений, объектов культуры и крупных административных зданий начиная с середины 70-х годов. При сооружении промышленных предприятий каркасы разных серий применялись уже в 60-х годах. Ко времени массового применения каркасных конструкций в промышленном и гражданском строительстве в Молдове уже действовал СНиП II-A.12-69, регламентирующий строительство каркасных зданий, и практически все они возводились на 7 или 8 баллов, в зависимости от высоты или этажности, назначения и ответственности здания, расчетной сейсмичности строительной площадки.

Описанные выше классификации зданий по различным параметрам реализованы также в виде набора следующих карт, включенных как приложение в [6]:

- классификация зданий г. Кишинева по функциональному назначению;
- классификация зданий г. Кишинева по возрасту;
- классификация зданий г. Кишинева по этажности.

К сожалению, формат данного сборника не позволяет воспроизвести эти карты в удобочитаемом виде.

Выводы

Представленный обзор существующей на сегодняшний день застройки г. Кишинева выполнен в рамках работы по инвентаризации городских сооружений для оценки сейсмического риска при возможных сильных вранчских землетрясениях. По результатам работы создана электронная база данных, содержащая разнообразные сведения о 24560 строениях на территории г. Кишинева. Созданная база данных, как важнейшая составляющая ГИС, позволяет отразить любой анализируемый параметр в виде соответствующей электронной карты или набора гистограмм.

В основном, современные границы города сформировались в 30-летний период с начала 60-х до начала 90-х годов XX века, когда индустриальными методами велось массовое строительство жилых, гражданских и промышленных зданий. Территория города увеличивалась за счет возведения новых современных микрорайонов, при этом исторически сложившаяся центральная часть модернизировалась лишь частично.

Совершенствование нормативной базы сейсмостойкого строительства и уроки двух сильных землетрясений 1977 и 1986 гг. обусловили стабильное обновление типовых серий жилой застройки.

В малоэтажных жилых домах (1-2 этажа), количественно доминирующих в застройке Кишинева (порядка 75 %), проживает около 20% населения города, при этом в многоэтажных зданиях, составляющих лишь 12% застройки, проживает более 80% населения. Большая часть зданий (67%) эксплуатируются более 30 лет, из них 27% построек в возрасте от 50 до 100 лет.

Литература

1. Цшохер В.О., Тищенко В.Г., Попов В.В. Карпатские землетрясения 22/X и 10/XI-1940 г. Отчет Академической комиссии по обследованию последствий этих землетрясений в МССР и областях Западной Украины. Москва, 1941 г., 149 стр.
2. Отчет о последствиях Карпатского землетрясения 4 марта 1977 г. на территории Молдавской ССР. Госстрой МССР, АН МССР, Кишинев, 1978, 115 стр.
3. Отчет о результатах обследования последствий землетрясения 31 августа 1986 года на территории Молдавской ССР. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР, Госстрой Молдавской ССР, ИГГ АН Молдавской ССР. Том I, 1986, 327 стр.
4. Карпатское землетрясение 1986г. Кишинев, Штиинца, 1990, с. 161-330.
5. Отчет по обследованию монолитных зданий в г. Кишиневе после землетрясения 31 августа 1986 г. Госстрой МССР, 1986.
6. Отчет о научно-исследовательской работе по проекту Studiul de Fezabilitate „Programul complex de prevenire a calamităților naturale în municipiul Chișinău“ (Evaluarea riscului seismic în teritoriul or. Chișinău). Фонды ИГС АН РМ. 2009, 114 с.

УДК 550.343

Алказ В.Г., Гинсарь В.Н., Исичко Е.С.

Классификация застройки г. Кишинева по типу сейсмостойкости и степени износа

Abstract

Presented in this paper results are the key elements in the complex of works on seismic risk assessment for the city of Chisinau territory. Information about the behavior of buildings and structures, collected in the process of analyzing the effects of two strong Vrancea earthquake (1977 and 1986) on the territory of the city of Chisinau was the first time interpreted on the scale MMSK-92 basis. This scale, unlike the previous ones, includes the most complete classification of buildings by type of seismic resistance, and it adequately reflects the modern building up in Chisinau with its 5 types of seismic resistance. Based on the data about age, material of walls and floors and the type of seismic resistance there were constructed a set of empirical functions describing the physical deterioration for buildings of the different types.

Rezumat

Rezultatele prezentate în lucrarea de față sunt elementele-cheie în complexul de lucrări privind evaluarea riscului seismic în municipiul Chișinău. Informația privind comportamentul clădirilor și structurilor colectată în procesul de analiză a efectelor a două cutremure puternice din zona Vrancea (1977 și 1986) pe teritoriul Republicii Moldova a fost pentru prima dată interpretate în bază scării MMSK-92. Această scară, spre deosebire de cele anterioare, include clasificarea cea mai completă a clădirilor în funcție de tipul de rezistență seismică, și în mod adecvat reflectă construcția modernă din Chișinău, cu 5 tipuri de rezistență seismică. În baza vârstei, materialului pereților și tavanurilor, cât și a tipului rezistenței seismice a fost elaborat un set de funcții empirice care descriu deteriorarea fizică a clădirilor de diferite tipuri.

Резюме

Представленные в статье результаты являются важнейшими составляющими в комплексе работ по оценке сейсмического риска на территории г. Кишинева. Информация о поведении зданий и сооружений, собранная в процессе анализа последствий двух сильных землетрясений зоны Вранча (1977 и 1986 гг.) на территории г. Кишинева впервые проинтерпретирована на основе шкалы MMSK-92. Данная шкала, в отличие от предыдущих, включает наиболее полную классификацию зданий по типу сейсмостойкости, и вполне адекватно отражает современную застройку Кишинева с 5-ю типами сейсмостойкости. На основе данных о возрасте, материале стен и перекрытий и типе сейсмостойкости построен набор эмпирических функций, характеризующих физический износ для зданий разных типов.

Введение

Классификация зданий по типу сейсмостойкости и оценка их стоимости с учетом физического и сейсмического износа являются базовыми шагами на пути определения уязвимости объектов сейсмического риска.

Одним из важнейших этапов при оценке сейсмического риска является классификация зданий (элементов риска) по их внутренним свойствам и, главное, по степени их реакции на заданное сейсмическое воздействие, т.е. определение их типа сейсмостойкости.

Под физическим износом в контексте данной работы понимается снижение прочностных характеристик зданий в результате их эксплуатации и воздействия природных сил. Одним из компонентов физического износа является сейсмический износ – полная или частичная потеря сейсмостойкости зданий вследствие повторных воздействий землетрясений, равных или превышающих по величине расчетное землетрясение для данной территории и данного типа конструкции.

1. Классификация застройки по типу сейсмостойкости

Классификация зданий и сооружений по типу сейсмостойкости осуществляется по шкалам сейсмической интенсивности. До сих пор действующим нормативом на территории стран бывшего СССР, включая и Молдову, является шкала ГОСТ 6249-52, утвержденная в 1952 году. Более поздняя, но неофициальная версия сейсмической шкалы MSK-64 содержит ряд количественных уточнений относительно шкалы ГОСТ и, поэтому достаточно широко используется в сейсмологии и сейсмостойком строительстве. В соответствии со шкалой MSK-64 здания, возведенные без антисейсмических мероприятий, подразделяются на три типа – А, Б, В в зависимости от материала несущих стен, типа конструкции. В настоящее время эта классификация в значительной мере устарела, т. к. в структуре современной застройки преобладают сейсмостойкие здания. Следующим шагом в адаптации сейсмической шкалы к современным реалиям стала разработка в Российской Федерации шкалы ММСК-86, включающей классификацию и сейсмостойких зданий. В окончательном виде эти наработки оформлены в проекте шкале ММСК-92 [1]. Кроме перешедших из прежних шкал зданий типов А, Б, в классификацию введены сейсмостойкие здания типов С7, С8, С9, а тип А подразделяется на А1 и А2. Именно такой вариант классификации зданий по типу сейсмостойкости наиболее применим к застройке г. Кишинева по состоянию на 2008 год. Исключение составляет тип С9, т. к. в Кишиневе здания на землетрясение интенсивностью в 9 баллов практически не проектируются.

Отметим, что классификация на 6 типов, из которых 4 являются сейсмостойкими, применяется в настоящее время и в европейской практике в рамках Eurocod-8 [2].

По информации, полученной из кадастровой службы г. Кишинева, в градостроительной практике используется при возведении зданий всего 16 видов стеновых строительных материалов. Эти 16 видов материала наружных стен, с учетом конструкции зданий и времени их возведения, распределены на 5 типов по сейсмостойкости.

А1 – местные здания из некачественного материала, в 1-3 этажа, построенные из кирпича-сырца, глины с соломой (самана), цилиндров из глины;

А2 – местные здания хорошего качества в 1-3 этажа, построенные из рваного камня, щитов из глины (каркас с заполнением), фортана (без бетонного каркаса);

В – местные здания хорошего качества в 1-3 этажа из дерева, гипса, шиферных плит (все три вида встречаются сравнительно редко), бето- и шлакобетона,

пенобетона без армирования, кирпича, пильного известняка (котельца) без бетонного усиления;

С7 – здания типовых серий и индивидуальных проектов с сейсмостойким усилением на 7 баллов, из кирпича, котельца, пенобетона, фортана, а также из бетонных блоков и панелей, армированного монолитного бетона, как правило, более трех этажей;

С8 - здания типовых серий и индивидуальных проектов с сейсмостойким усилением на 8 баллов, а также особо ответственные сооружения разного назначения.

Разница в уровне сейсмостойкости составляет в среднем 1 балл между С8, С7; 1 балл между С7 и В; 0.75 балла между В и А2; 0.5 балла между А2 и А1. Эти результаты получены эмпирически при анализе последствий землетрясений 1977 и 1986 гг. на территории г. Кишинева.

Процентное распределение жилых зданий г. Кишинева по типам сейсмостойкости представлено на рис. 1, шкала ординат отражает, вместе с тем, и их действительное количество.

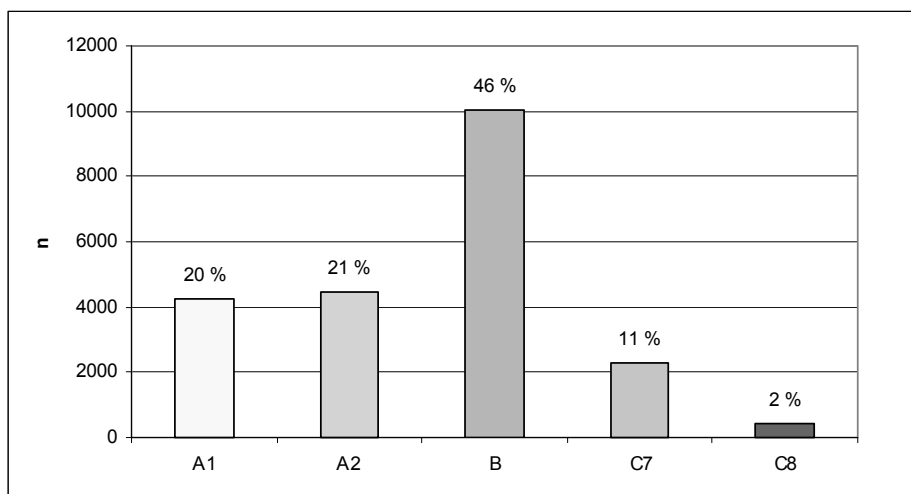


Рис. 1. Распределение жилых зданий г. Кишинева по типам сейсмостойкости.

Необходимо отметить, что здания с сейсмостойким усилением на 7 и 8 баллов составляют только 13% из общего количества жилых домов города, но это многоэтажные дома и именно в них проживает более 80% населения.

Оценка физического износа зданий

В оценке износ строений непосредственно связан с возрастом и сроком эксплуатации, как всего здания, так и его отдельных конструктивных элементов, поскольку он происходит в течение срока эксплуатации здания или его элемента.

Срок полезной службы — это период времени, в течение которого физические элементы строений могут функционировать. Следует подчеркнуть, что некоторые компоненты строений могут иметь достаточно длительный срок службы, существенно превышающий срок полезной службы всего здания. Элементы здания можно поделить на два типа. К первому относят так называемые

элементы длительного пользования, срок полезной службы которых не меньше срока экономической службы здания. К ним относят стены, фундамент, подземные коммуникации и др. Второй вид включает коротко живущие элементы, срок полезной службы которых меньше срока экономической службы здания, например, кровля, внутренняя отделка и др.

Фактический возраст - это число лет, прошедших с момента ввода здания в эксплуатацию до даты оценки. Фактический возраст является исходной точкой отсчета для определения действительного возраста, кроме того, он необходим для учета физического износа долго и коротко живущих компонентов здания.

Считается, что интенсивность износа в течение всего срока службы здания является величиной постоянной. При таком допущении закон сохранения здания во времени v выражается формулой вида:

$$v = e^{-\rho t} \quad (1)$$

где:

ρ - эмпирический коэффициент, зависящий от типа здания.

Физический износ $F_{из}$ в долях единицы в этом случае равен:

$$F_{из} = 1 - v \quad (2)$$

Одной из характеристик обобщенной несущей способности сейсмостойких зданий являются математическое ожидание степени повреждений $m_x(t)$, которая зависит от времени эксплуатации и уровня физического износа его конструкций. [3,4] эту зависимость характеризует соотношением:

$$m_x(t) = (\rho_a) \cdot (2 - e^{-kt}) \quad (3)$$

где:

$m_x(\rho_a)$ - значение математического ожидания степени повреждения здания в зависимости от уровня его сейсмоусиления ρ_a без учета физического износа, т.е. при $t=0$;

k – коэффициент износа, определяемый опытным путем.

Известна также иная формула зависимости математического ожидания $m_x(t)$ от уровня физического износа, в которой срок эксплуатации в явном виде не входит [3,4]:

$$m_x(t) = m_x(\rho_a) \cdot [1 - (1 - aK/100)^t] \quad (4)$$

где:

a – эмпирический коэффициент, величину которого рекомендуется принимать равной 0.725;

K – процент физического износа.

Обе формулы приводят примерно к одинаковым результатам. За время нормируемого срока службы несменяемых конструкций – 125 лет для II группы капитальности и 150 лет для I группы - $m_x(t)$ возрастает примерно в 2 раза. Это согласуется с рекомендациями понимать под физической долговечностью зданий такой срок его службы, за который несущая способность основных конструкций снижается примерно вдвое по сравнению с первоначальной [3,5].

В соответствии с нормативом [5], по уровню капитальности жилые дома ранжируются в зависимости от материала стен, перекрытий и фундаментов на следующие 6 групп, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Классификация жилых зданий по уровню капитальности

Группа зданий	Тип зданий	Фундаменты	Стены	Перекрытия	Срок службы, лет
I	Особо капитальные	Каменные и бетонные	Кирпичные, крупноблочные и крупнопанельные	Железобетонные	150
II	Обыкновенные	Каменные и бетонные	Кирпичные и крупноблочные	Железобетонные или смешанные	125
III	Каменные, облегченные	Каменные и бетонные	Облегченные из кирпича, шлакоблоков и ракушечника	Деревянные или железобетонные	100
IV	Деревянные, смешанные, сырцовые	Ленточные бутовые	Деревянные, смешанные	Деревянные	50
V	Сборно-щитовые, каркасные глинобитные, саманные и фахверковые	На деревянных "ступенях" или бутовых столбах	Каркасные глинобитные	Деревянные	30
VI	Каркасно-камышитовые	На деревянных "ступенях" или бутовых столбах	Каркасные глинобитные	Деревянные	15

Согласно вышеописанным группам капитальности в таблице 2 приводится нормативный усредненный срок службы жилых домов и их тип сейсмостойкости (группа VI для Кишинева не актуальна).

Таблица 2.

Соотношение капитальности, срока службы и типа сейсмостойкости жилых домов.

N п/п	Уровень капитальности	Срок службы, лет	Тип сейсмостойкости по шкале MMSK-92
1	I	150	C8
2	II	125	C7
3	III	100	B
4	IV	50	A2
5	V	30	A1

На основе формулы (1) и таблицы 2 построен набор графиков на рис.2, иллюстрирующих изменение во времени сохранности зданий разных типов капитальности и сейсмостойкости.

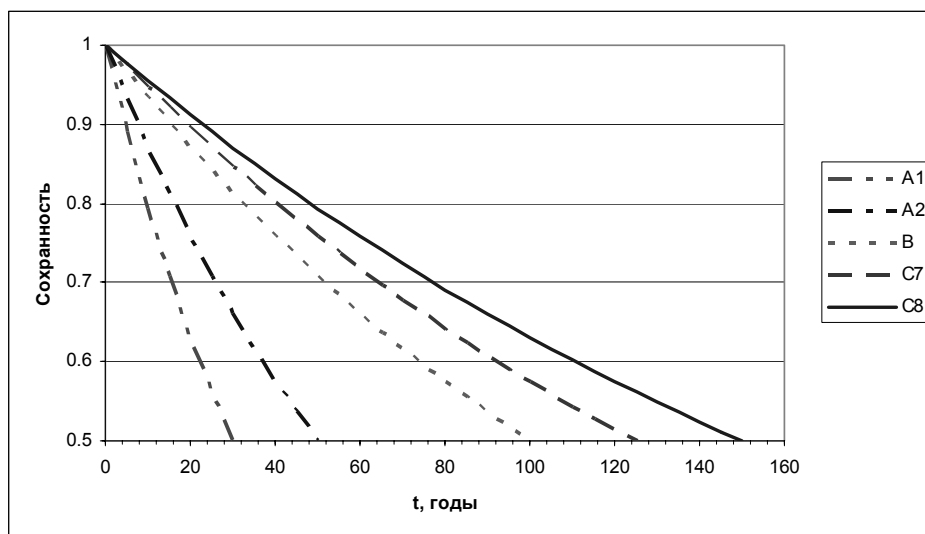


Рис. 2. Функции сохранения зданий разных типов во времени

На рис. 3 представлены функции, характеризующие физический износ (в процентах) зданий разных типов согласно формуле (2).

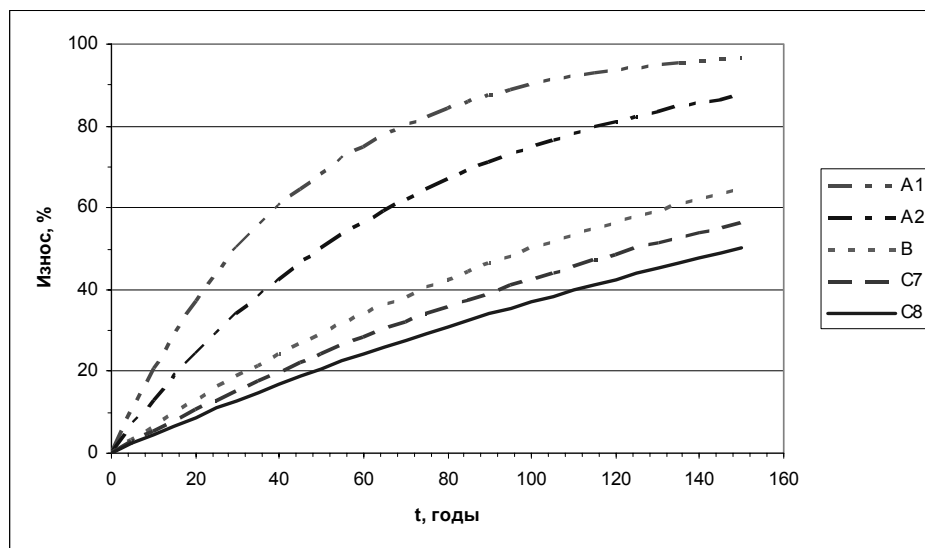


Рис.3. Функции физического износа зданий разных типов.

Значения эмпирических коэффициентов φ следующие:

- для зданий типа А1 $\varphi = 0,0231$;
- для зданий типа А2 $\varphi = 0,01386$;
- для зданий типа В $\varphi = 0,00693$;
- для зданий типа С7 $\varphi = 0,00555$;
- для зданий типа С8 $\varphi = 0,00462$.

Выводы

Впервые в практике интерпретации данных о сейсмостойкости зданий и сооружений на территории Молдовы применена шкала MMSK-92, включающая 5 градаций по уровню сейсмостойкости - A1, A2, B, C7, C8. Главным отличием этой шкалы от действующей с 1952 года шкалы ГОСТ является включение в классификацию сейсмостойких зданий. Фактически, шкала MMSK-92 содержит 6 градаций, но в г. Кишиневе здания на землетрясение интенсивностью в 9 баллов практически не проектируются, поэтому тип C9 в нашей классификации отсутствует.

Разница в уровне сейсмостойкости составляет в среднем 1 балл между C8 и C7; 1 балл между C7 и B; 0.75 балла между B и A2; 0.5 балла между A2 и A1. Эти результаты получены эмпирически при анализе последствий землетрясений 1977 и 1986 гг. на территории г. Кишинева.

Застройка г. Кишинева включает 16 типов зданий, классифицируемых по материалу стен. С учетом этого фактора и ряда других, было установлено, что 41% зданий относится к типам A1 и A2, 46% - к типу B и только 13% являются сейсмостойкими зданиями, спроектированными на 7 и 8 баллов. Но именно в этих 13% процентах зданий проживает более трех четвертей населения города.

Здания г. Кишинева были ранжированы в соответствии с нормативными сроками службы и типами сейсмостойкости. В итоге получен набор эмпирических функций, характеризующих физический износ для зданий разных типов.

Классификация застройки г. Кишинева по типу сейсмостойкости и ранжирование по степени физического износа позволяют в последующем провести оценку сейсмического риска на территории города.

Литература

1. Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Шкала сейсмической интенсивности землетрясений MMSK-92 (проект) / Магнитное поле Земли: математические методы описания. Проблемы макросейсмологии. М.: ГЕОС, 2002. С. 235-253. (Вычисл. сейсмология; Вып. 34).
2. Eurocode 8. Design provisions for earthquake resistance of structures. Part I: General rules, seismic actions and rules for buildings, ENV 1998-1-1, 1994.
3. Бержинская Л.П. Надежность региональных типов зданий при сейсмических воздействиях (на примере Прибайкалья). Автореферат диссертации на соискание уч. степени кандидата технических наук. Улан-Уде, 2006, 22 стр.
4. Бержинская Л.П. Оценка сейсмического риска жилищного фонда населенных пунктов Иркутской области с учетом набора карт ОСР-97 (А, В, С). Обл. науч.-практ. конф. «Анализ, оценка и управление рисками». Иркутск, СЭИ СО РАН, 2001. С.214-219.
5. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86 (р). М., Госгражданстрой, 1988.

UDC 550.348.2

Sandu I.

The stress field of Vrancea region from fault plane solution (FPS) catalogue

Abstract

The fault plane solution (FPS) of 247 seismic events, were used for stress field investigation of the region. The eigenvectors t , p , b , and moment tensor M components for each FPS were defined and computed numerically. The statistic techniques were used between t , p (horizontal and vertical projections) axes, and hypocenter distributions. The obtained result confirms the hypothesis of Subduction type for Vrancea seismic region for intermediate depth earthquakes and this may be considered the first approximation of the stress field for whole Vrancea region, at intermediate depth.

Резюме

Решение методом фокальных плоскостей (РФП) для 247 землетрясений было использовано для исследования поля напряжения зоны Вранча. Собственные векторы t , p , b , и компоненты тензора M момента для каждого (РФП) были вычислены численно. Методы статистики были использованы между осями t , p (горизонтальных и вертикальных проекций), и гипоцентрными распределениями. Полученный результат для зоны Вранча характеризует тип очаговых процессов для землетрясений промежуточных глубины ближе к субдукции. Это может быть рассмотрено первым приближением поля напряжения для всей зоны Вранча, на промежуточной глубине.

Introduction and Data

Coming out from the general definition, a stress field is a region in a body for which the stress is defined at every point so, in case of seismic stress field it is necessary to have a high density and homogenized data set from the investigated region. The data for solving this problem comes out from a FPS regional catalogues [1] and for Vrancea we choose 40 years catalogue [2].

The very first step on Vrancea region stress field estimation procedure is a statistic analyze of a FPS dataset. The compact distribution for the earthquake's epicenter in the area (Fig.1) simplify the analyzing algorithm from 3 variables to 1 variable (only depth Fig.2), and allow us to see how the mechanic stress field changes according to the event depth, for the region.

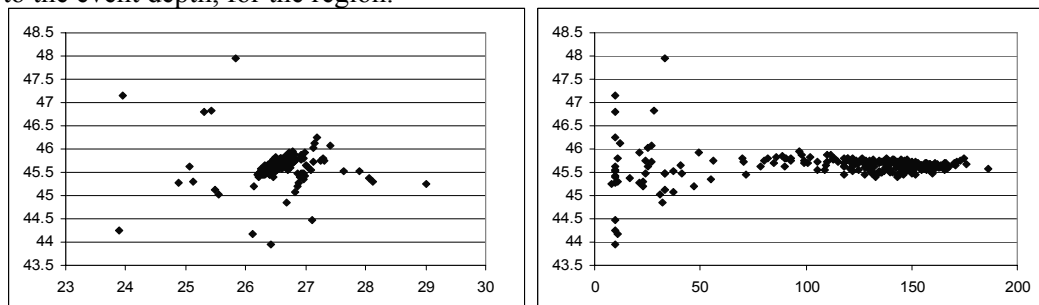


Figure 1. The hypocenter distribution of selected events: x - y profile (left), y - z profile (right).

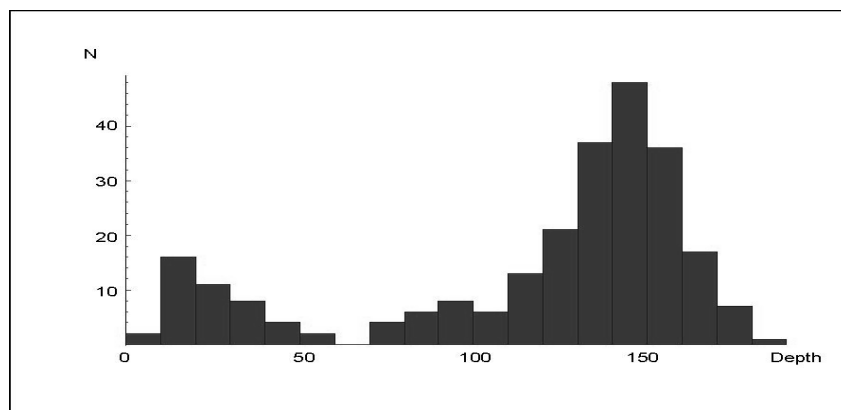


Fig.2 Depth distribution for all dataset events [1] Vrancea region.

Two groups of events were founded initially: *shallow* (less than 50km depth) 18%, and *intermediate* (between 60 km and 200 km) 82% rate from initial dataset. In reference to shallow earthquakes, we have no enough data to investigate them separately. From other side the high density data for the intermediate events, allow us to construct the high resolution image of the stress field, or at list to obtain a stable FMS due to a big number of data for the same region. According to these facts, our investigation was focused on the intermediate earthquakes *dataset* to define the regional seismic stress field. The eigenvectors t , p , b , and moment tensor M components for FPS of 202 intermediate events were computed numerically. By using the vertical components for p , t , s (slip) axes, it founds that 91% of source mechanisms of intermediate depth earthquakes dataset have in common the Subduction type particularities, and this fact may be considered as main result of this work.

Methodology and Results

A fault plane is completely specified by two angles: the fault strike φ defined as the azimuth of the strike direction in seismology and the dip δ defined as the angle between a horizontal plane and the fault plane [3]. With respect to a reference system in which the x -axis points north, the y -axis points east and the z -axis points upwards (Fig.3), the outward normal n to the fault plane is described by its three components:

$$n_x = -\sin \delta * \sin \varphi, n_y = \sin \delta * \cos \varphi, n_z = \cos \delta$$

The direction of a slip on a fault plane is conveniently described by the rake, which is the angle λ between the slip and strike directions. The unit slip vector s is then given as:

$$s_x = \sin \lambda * \cos \delta * \sin \varphi + \cos \lambda * \cos \varphi, s_y = -\sin \lambda * \cos \delta * \sin \varphi + \cos \lambda * \sin \varphi, s_z = \sin \lambda * \sin \delta$$

The tension axis t , pressure axis p , null axis b , can be easily express through n , s vectors:

$$t = \frac{1}{\sqrt{2}}(n + s), b = \frac{1}{\sqrt{2}}(n \times s), p = \frac{1}{\sqrt{2}}(n - s)$$

The t , p , b vectors are the eigenvectors of moment tensor M [4], [5], which for *non-trivial* solutions satisfy the condition (*secular equation*):

$$M*a = m*a, \det (M - m*I) = 0$$

The m_1, m_2, m_3 - corresponding to eigenvectors; a_1, a_2, a_3 define the principal axes of the stress (t, p, b) [6], where I is the identity matrix.

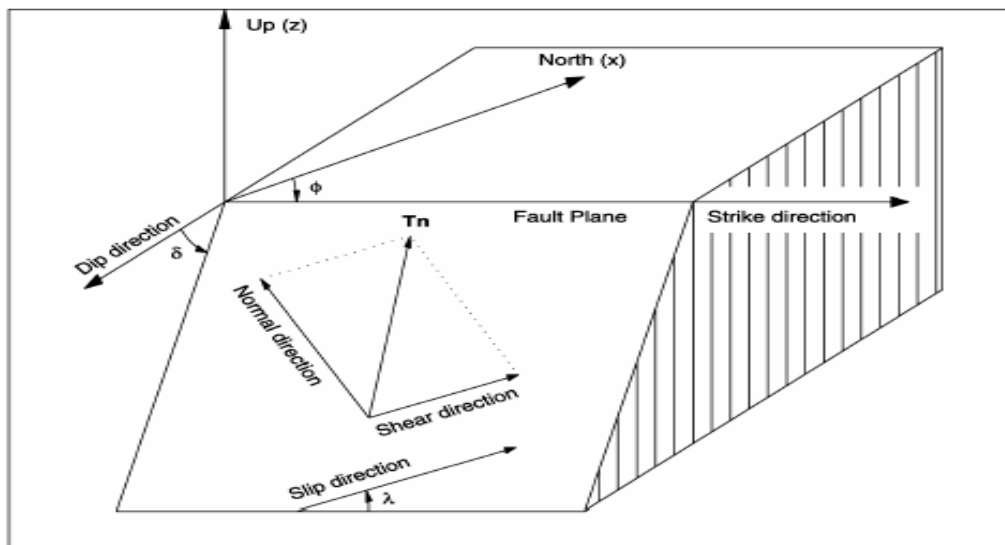


Figure 3. Geometrical illustration of fault planes, slip directions, the normal directions to the fault plane, and the directions of the normal and shear stresses on the fault plane. The slip vector is the movement of the hanging wall block relative to footwall block (shown in figure). Note that the traction T_n is not on the fault plane.

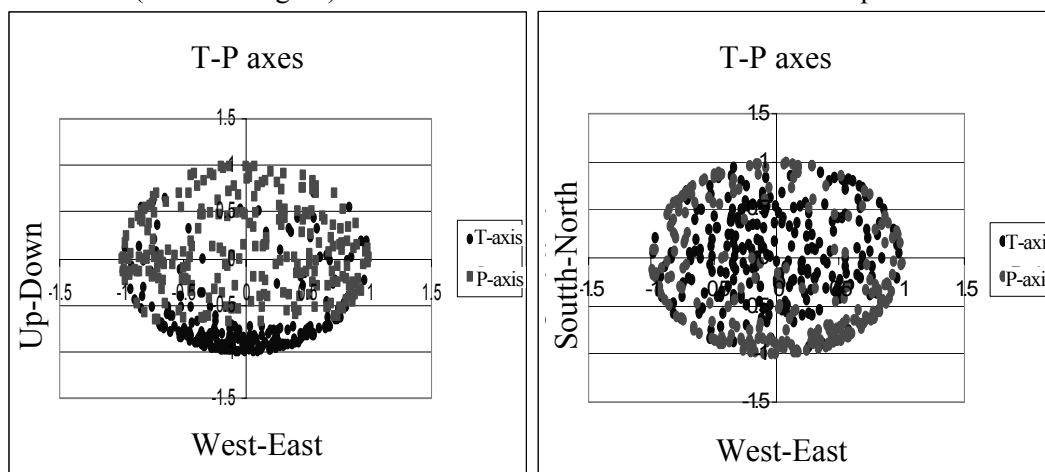


Figure 4. The T-P axes projections for: x - z profile (left), x - y profile (right). The t -axes vertical components are shown clearly on x - z profile, where for p -axes, are more specific the horizontal directions, seen in both x - y and x - z profiles.

All the mentioned steps have been done for all dataset. For the immediate interpretation of the results we choose the graphic representation of t and p axes (Fig.4). On x - z profile it is shown clearly the downward of t axis and the uniform distribution of both t , p axes in horizontal plane projection for both x - y and x - z profiles. The clear arguments for supporting the Subduction process in the Vrancea region may be the vertical tension axis distribution according to the events depth. The maximum value for the vertical tension component is more characteristic for intermediate depth which is represented through the high density plots in the graphic (Fig. 5). Also, the 81% from 202 intermediate depth events have the downward slip vector projection distribution (Fig. 5).

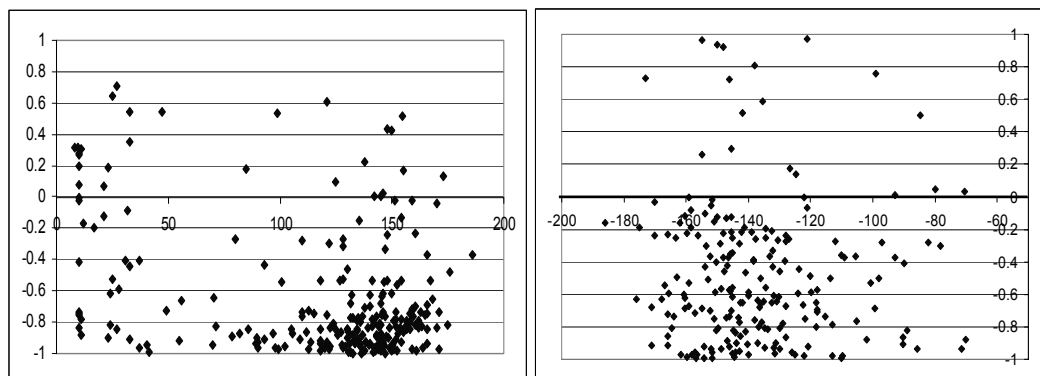


Figure 5. The tension axis distribution: $tz-z$ profile (left), the slip axis distribution: $sz-z$ profile (right).

Discussion and Conclusions

The numerical computation of stress field is strongly represented by the input FPS dataset. The problem requires the high density and homogeneity dataset for the investigated region which is intermediate depth region – clearly shown in (Fig. 5). The only intermediate depth events satisfy the condition, in addition the investigated region is stable and compact according to the epicenter distribution. This simplify the algorithm of numerical computation of the stress field and for the next step it is much easier to select the more appropriate system coordinates for each subgroup of intermediate events [7]. Until then, it was found that the slip axis (Z (vertical) – projection) and tension axis (Z (vertical) – projection) have the priority downward orientation. The compression axis (H (horizontal) – projection) shows the priority tectonic cumulative stress in Vrancea region, for the intermediate depth. From the arguments above we conclude that horizontal cumulative stress and vertical (downward) stress release correspond to the Subduction type faulting (source mechanisms). The seismic active region at intermediate depth Vrancea is fully represented by Subduction process according the last investigation of FPS catalogue [2].

Acknowledgements

I am very grateful to ICTP / IAEA STEP for the financial support without which I could not have any progress on my research work. I extend my sincere gratitude to ICTP for awarding me the STEP fellowship.

References

1. Lay T., Wallace T., (1995), Modern Global Seismology, Seismotectonics, Ac. Press, 472-473
2. Sandu I., Zaicenco A., (2008), Focal mechanism solutions for Vrancea seismic area, Harmonization of Seismic Hazard in Vrancea Zone”, Springer, 17-46.
3. Juniji KOYAMA, (1997), The Complex Faulting Process of Earthquakes, Ch. 1, 27p.
4. Keiiti Aki., Paul (2002) G. Richards, Quantitative Seismology (2nd Ed.) Ch. 4, 63-118.
5. Lay T., Wallace T., (1995), Modern Global Seismology, Ch. 8, Ac. Press, 310-357.
6. Peter M. Shearer, (2004), Introduction to Seismology, Ch. 2, 13-24.
7. John W., Gephart, (1984) An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: Application to the San Fernando Earthquake sequence, Journal of Geophysical Research, Vol.89, No.B11, 9305-9320.

УДК 550.343

Буртчиев Р.З.

О возможности применения многомерной линейной регрессии с коллинеарными факторами для преобразования магнитуд

Abstract

The effective application of multiple regression must be met the conditions of the Gauss-Markov theorem. Multicollinearity regressors are the main cause of the inefficiency of the multivariate regression. Investigation of multicollinearity was conducted by the Farrar-Glober method. To eliminate the effect of multicollinearity the method of principal components was used.

Rezumat

Aplicarea efectivă a regresiei multiple necesită îndeplinirea atât a condițiilor teoremei Gauss-Markov. Regressors multicolinearitatea regresiiilor este principala cauză a ineficienței regresiei multivariabile. Investigarea multicolinearității a fost efectuată prin metoda Farrar-Glober. Pentru a elimina efectul de multicolinearității a fost aplicată metoda principalelor componente.

Резюме

Для эффективного применения множественной регрессии должны выполняться как условия теоремы Гаусса-Маркова. Мультиколлинеарность регрессоров является основной причиной неэффективности многомерной регрессии. Исследование мультиколлинеарности проводилось по методу Фаррара-Глобера. Для устранения эффекта мультиколлинеарности применялся метод главных компонент.

Введение

Применение регрессии к преобразованию шкал магнитуд является формальным подходом. Желание использовать многомерную регрессию для преобразования магнитуд появлялось каждый раз при виде каталогов землетрясений, где приводятся оценки mb , MW , MS , ML , MD , MLH , MJ , ME , MPV , MLH магнитуд. Для применения закона затухания необходимо иметь унифицированный каталог землетрясений. При выполнении данной работы вопрос о физическом смысле и геофизической корректности не рассматривался. Для определения формы и тесноты линейной связи между оценками разных магнитудных шкал, при наличии достаточно большой выборки, использовался хорошо разработанный аппарат математической статистики – регрессионный анализ. Многие авторы применяли регрессионный анализ для преобразования магнитуд [1-4]. Однако остается неясным, исследовались ли выполнение условий, необходимых для получения несмещенных, эффективных и

состоятельных оценок параметров регрессии. Частично вопрос о выполнении условий теоремы Гаусса-Маркова рассматривался в работе [5].

В настоящей работе исследуется явление коллинеарности между переменными, объясняющими регрессию. Неколлинеарность регрессоров является одним из условий применения метода наименьших квадратов для оценки параметров многомерной линейной регрессии. В практических приложениях, при построении уравнения регрессии может наблюдаться высокая коррелированность переменных. Коллинеарность может появляться и при агрегировании данных. Считается, что два регрессора x и z коллинеарны, если парный коэффициент корреляции $r_{xz} > 0,7$. Чем сильнее мультиколлинеарность, тем менее надежна оценка параметров регрессии:

$$\bar{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (1)$$

Коэффициенты регрессии (1) существуют тогда и только тогда, когда определитель матрицы $(X^T X)$ отличен от нуля, т.е. столбцы матрицы X независимы. Регрессоры могут быть связаны функциональной зависимостью, быть статистически зависимы, либо быть независимыми. Количественных критериев для выявления мультиколлинеарности не существует. Признаками наличия мультиколлинеарности являются: близость к нулю определителя матрицы парных коэффициентов корреляции и минимального собственного значения λ_{min} матрицы $(X^T X)$; большое значение отношения максимального собственного значения λ_{max} к минимальному собственному значению λ_{min} матрицы $(X^T X)$; высокое значение коэффициента детерминации:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

Под мультиколлинеарностью понимается высокая взаимная коррелированность объясняющих переменных. Мультиколлинеарность может проявляться в функциональной и стохастической формах.

При функциональной форме мультиколлинеарности, по крайней мере, одна из парных связей между регрессорами является линейной функциональной зависимостью. В этом случае матрица $(X^T X)$ особенная, так как содержит линейно зависимые векторы-столбцы, и её определитель равен нулю, т.е. нарушается предпосылка регрессионного анализа, что делает невозможным решение соответствующей системы нормальных уравнений и получение оценок параметров регрессионной модели.

Точных количественных критериев для определения наличия или отсутствия мультиколлинеарности не существует. Тем не менее, имеются некоторые эвристические подходы по её выявлению. Одним из таких подходов является алгоритм Фаррара-Глобера. Для устранения эффекта мультиколлинеарности между переменными применяется метод главных компонент.

1. Исследование коллинеарности переменных в регрессии магнитуды mb на магнитуду MS

Предварительным этапом любой статистической обработки должен быть этап проверки однородности статистической выборки в смысле неизменности вероятностных характеристик. Если выборка однородна, то далее можно заниматься обычной статистической обработкой и построением различных вероятностных моделей. Если же выборка неоднородна, то возникает задача обнаружения моментов изменения вероятностных характеристик и разбиения исходной выборки на несколько статистически однородных подвыборок. Мерой однородности статистической совокупности является коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{a}} \cdot 100\%,$$

где:

σ – среднее квадратичное отклонение;

\bar{a} – среднее арифметическое выборки.

Совокупность считается однородной, если коэффициент вариации не превышает 33%. Для совокупности значений магнитуд mb , MS и глубины очага h коэффициент вариации меньше 15%.

В данной работе определялась регрессия магнитуды mb на магнитуду MS . В регрессионное уравнение добавлялись новые переменные, в виде степени магнитуды MS . Линия регрессии должна проходить через начало координат, поэтому регрессия определялась без постоянной составляющей, которая часто используется для корректировки регрессионной модели.

В качестве начальной математической модели рассматривается регрессионное уравнение:

$$mb = \beta_0 + \beta_1 MS + \beta_2 h + \varepsilon,$$

где:

h – глубина;

ε – ошибка;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ – параметры регрессии.

Далее в уравнение добавлялись новые регрессоры – степени значений MS . Согласно методу наименьших квадратов, параметры регрессии оцениваются по формуле [6-9]:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (3),$$

где X – матрица значений регрессоров. Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции между всеми факторами из таблиц 1-2 показывает, что между магнитудой mb и магнитудой MS существует тесная корреляционная связь. Корреляционная связь между глубиной очага и магнитудами mb и MS слабая.

Искомые регрессионные уравнения имеют вид:

$$mb = 1,047MS + 0,007h \quad (4)$$

$$mb = 2,134MS + 0,001h - 0,358MS^2 + 0,026MS^3 \quad (5)$$

Вычисление теоретических значений зависимой переменной можно выполнять в матричной форме:

$$\hat{Y} = X\beta,$$

где:

X - регрессионная матрица;

β – вектор коэффициентов регрессии.

Проверка адекватности регрессионной модели проводится по схеме [10-12]:

1. Относительная ошибка вычисленных значений и среднее значение относительных ошибок определяются по формуле:

$$\delta_i = \frac{\hat{u}_i}{y_i}, \quad \bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n} \quad (6),$$

где $\hat{u}_i = y_i - \hat{y}_i$.

Среднее значение относительных ошибок $\bar{\delta} = 0,03391$ является незначительным.

Таблица 1.

Корреляционная матрица

<i>MS</i>	<i>H</i>	<i>Mb</i>
1,0	0,007	0,881
0,007	1,0	0,039
0,881	0,039	1,0

Таблица 2.

Матрица парных корреляций

<i>MS</i>	<i>H</i>	<i>MS²</i>	<i>MS³</i>	<i>Mb</i>
1,0	0,007	0,991	0,964	0,881
0,007	1,0	-0,008	-0,021	0,039
0,991	-0,008	1,0	0,991	0,878
0,964	-0,021	0,991	1,0	0,858
0,881	0,039	0,878	0,858	1,0

Дисперсия остатков оценивалась по формуле:

$$\sigma_u^2 = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - m - 1} \quad (7)$$

Среднеквадратическая ошибка дисперсии остатков $\sigma_u = 0,587$ оказалась незначительной, что указывает на адекватность регрессии.

2. Коэффициенты детерминации равны: $R^2 = 0,450$, $R^2 = 0,763$ - для уравнений (3) и (4), соответственно. Для устранения вклада нового регрессора вычисляется скорректированный коэффициент детерминации по формуле [12]:

$$R_{\text{adj}}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-m} \quad (8)$$

При большом объеме выборки и небольшом числе регрессоров эффект, связанный с включением в регрессию новой переменной, должен быть незначительным, что и подтвердилось. Соответствующие коэффициенты корреляции: $R_1=0,671$; $R_2=0,874$. Высокие значения коэффициентов детерминации и корреляции при регрессионном уравнении (4) указывают на то, что 76,33% изменение значений магнитуды mb объясняется регрессией.

3. Выборочные статистики F -распределения $F_q=414,420$ и $F_q=1563,63$ превосходят табличные значения $F_{0,05,2,1012}=3,00$ и $F_{0,05,4,1012}=2,37$. Следовательно, регрессия в обоих случаях является значимой.

4. Статистика распределения Стьюдента $t_q=28,790$ и $t_q=78,391$ больше табличного значения $t_{0,025,1012}=1,96$ [7,15], что указывает на значимость коэффициента множественной корреляции между магнитудой mb и регрессорами.

5. Для проверки значимости каждого коэффициента регрессии вычислялась выборочная статистика t -распределения:

$$t_j = \frac{\beta_j}{\sqrt{\sigma_u^2 c_{jj}}} \quad (9)$$

где:

σ_u^2 определяется из (4);

c_{jj} - диагональные элементы матрицы $(X^T X)^{-1}$.

Выборочные статистики $t_1=59,26$, $t_2=2,18$, $t_3=56,384$, $t_4=2,249$, $t_5=-22,245$, $t_6=15,712$ для уравнений (3) и (4), соответственно, больше табличного значения $t_{0,025,1012}=1,96$ [7]. Следовательно, параметры модели являются значащими.

6. Ковариационная матрица оценок параметров регрессии определяется из формулы:

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = \sigma_u^2 (X^T X)^{-1},$$

где выборочная дисперсия $s_e=0,089$ остатков регрессии определяется по формуле (6). Диагональные элементы ковариационной матрицы: 0,0378; 0,00486; 0,0161; 0,00165 являются выборочными дисперсиями оценок параметров регрессии (4).

7. Качество прогноза можно оценить по средней ошибке аппроксимации по формуле:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| 100\% \quad (10)$$

Значения средней ошибки (6) для уравнений (3) и (4), равные 10,55%; и 5,21%, соответственно, указывают на адекватность модели. Если величина Q меньше 10%, то регрессионная модель считается статистически значимой.

8. Средняя ошибка аппроксимации магнитуды mb определяется из выражения [6,8,10]:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} 100\% \quad (11)$$

Незначительная средняя ошибка для обеих регрессий 3,391% и -0,384%, также свидетельствует о значимости регрессий.

Высокие значения парных коэффициентов корреляции, незначимость коэффициентов регрессии, выявленная по t-критерию, близость к нулю детерминанта корреляционной матрицы регрессоров являются достаточными для наличия мультиколлинеарности условиями. Высокое значение отношения $\lambda_{max}/\lambda_{min}$ -максимального и минимального собственных значений матрицы $(X^T X)$, так же указывает на наличие мультиколлинеарности. Наиболее полным методом исследования мультиколлинеарности является алгоритм Фаррара-Глобера.

2. Применение метод Фаррара – Глобера для исследования мультиколлинеарности

Исследуется три вида мультиколлинеарности:

1. Всех регрессоров;
2. Каждого регрессора с остальными;
3. Каждой пары регрессоров.

Для исследования мультиколлинеарности нормируются значения регрессоров [10]:

$$X_{ij}^H = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sqrt{n\delta_j^2}}, \quad (12)$$

где:

\bar{x}_j - выборочное среднее арифметическое;

δ_j - среднее квадратичное отклонение.

а) Определяется корреляционная матрица:

$$R = (X^H)^T X^H \quad (13)$$

б) Выборочное значение $\chi_q = 114,563$ критерия:

$$\chi^2 = -(n-1 - \frac{1}{6}(2m+5)) \ln|R| \quad (14)$$

превосходит табличное значение $\chi_{tab} = 12,592$, соответствующее уровню значимости $\alpha = 0,05$ с числом степеней свободы $df = 6$. Следовательно, в массиве регрессоров существует мультиколлинеарность.

в) Мультиколлинеарность каждого регрессора с остальными определяется по критерию Фишера [10,11]. Для этого определяется обратная матрица $D = R^{-1}$, где R - корреляционная матрица. Выборочные значения F -критерия Фишера определяются из выражения:

$$F_k = (d_{kk} - 1) \frac{n - m}{m - 1} \quad (15),$$

где d_{kk} – диагональные элементы матрицы D .

Выборочные значения $F_1 = 441,973$; $F_2 = 4,51$; $F_3 = 1794,78$; $F_4 = 482,248$ сравниваются с табличным значением $F_q = 8,53$, соответствующим уровню значимости $\alpha = 0,05$ F -критерия со степенями свободы: $df_1 = 1012$, $df_2 = 3$.

Сравнение показывает, что регрессор MS , MS^2 , MS^3 коллинеарен с другими, а глубина очага землетрясений не коррелирует с магнитудами.

d) Для выявления мультиколлинеарности каждой пары переменных вычисляются парные коэффициенты корреляции:

$$r_{ij} = \frac{-d_{ij}}{\sqrt{d_{ii}d_{jj}}} \quad (16)$$

Для проверки гипотезы о значимости корреляции между каждой парой регрессоров используется t -критерий:

$$t_{ij} = \frac{|r_{ij}| \sqrt{n - m}}{\sqrt{1 - r_{ij}^2}} \quad (17)$$

Выборочным значениям парных корреляции $r_{12} = 0,034$, $r_{13} = 0,994$, $r_{14} = -0,979$, $r_{23} = -0,023$, $r_{24} = 0,012$, $r_{34} = 0,034$, $r_{12} = 0,034$ соответствуют значения t -критерия $t_{12} = 1,1$; $t_{13} = 301,2$; $t_{14} = 153,8$; $t_{23} = 0,7$; $t_{24} = 0,4$; $t_{34} = 315,1$. Из сравнения значений t -статистики с табличным значением, $t_{0,05,1010} = 1,96$ [7], соответствующим уровню значимости $\alpha = 0,05$ с числом степеней свободы $df = 1010$, находим, что t_{12} , t_{23} , t_{24} меньше табличного значения, следовательно, глубина не коррелирует с магнитудами.

e) Коэффициенты детерминации для каждого регрессора вычисляются по формуле:

$$R_k^2 = 1 - \frac{1}{d_{kk}} \quad (18)$$

Среди выборочных значений коэффициентов детерминации $R_1^2 = 0,999$; $R_2^2 = 0,013$; $R_3^2 = 1,0$; $R_4^2 = 0,999$ значение, соответствующее глубине, незначимо. Исключением из регрессии коллинеарных регрессоров можно уменьшить число параметров модели.

Для оценки параметров модели, в которую входят мультиколлинеарные переменные, применяется метод главных компонент.

3. Метод главных компонент

Алгоритм выполняется по следующей схеме:

1. Нормализация значений регрессоров выполняется по формуле:

$$x_{ij}^H = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\delta_j} \quad (19)$$

где: \bar{x}_j - среднее арифметическое;

δ_j - среднее квадратичное отклонение j -ой переменной регрессии.

2. Корреляционная матрица нормализованных регрессоров вычисляется перемножением матриц:

$$R = \frac{1}{n} (X^H)^T X^H \quad (20)$$

Таблица 3.

Корреляционная матрица нормализованных регрессоров

MS	H	MS^2	MS^3
0,999	0,0074	0,9895	0,9633
0,0074	0,999	-0,0077	-0,0215
0,9895	-0,0077	0,999	0,9904
0,9633	-0,0215	0,9904	0,999

Из решения характеристического уравнения определяются собственные числа корреляционной матрицы [16-19]:

$$|R - \lambda E| = 0$$

3. Собственные числа упорядочиваются в порядке убывания: $\lambda_1 = 2,961$; $\lambda_2 = 0,999$; $\lambda_3 = 0,035$; $\lambda_4 = 0,00036$.

4. Вычисляются соответствующие собственные векторы корреляционной матрицы:

$$\begin{pmatrix} 0,5755 & 0,0189 & 0,7123 & -0,4014 \\ -0,0064 & 0,9998 & -0,0212 & 0,0003 \\ 0,5808 & 0,0033 & -0,0107 & 0,8140 \\ 0,5757 & -0,0111 & -0,7015 & -0,4199 \end{pmatrix}$$

5. Определяются главные компоненты – векторы $z_k = X^H \cdot c_k$, где c_k - собственный вектор, соответствующий собственному значению λ_k , $k=1, \dots, m$. Векторы матрицы главных компонент удовлетворяют условиям:

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = 0, \quad i=1, \dots, m; \quad \frac{1}{n} z_i^T z_i = \lambda_i, \quad z_i^T z_k = 0, \quad i \neq k, \quad k = \overline{1, m}$$

6. Параметры модели определяются из решения матричного уравнения:

$$\hat{Y} = Z\hat{b}, \quad \hat{b} = Z^{-1}Y$$

7. Параметры многомерной регрессии:

$$mb = \beta_1 MS + \beta_2 h + \beta_3 MS^2 + \beta_4 MS^3$$

после устранения эффекта мультиколлинеарности, определяются из уравнения:

$$\hat{\beta} = A\hat{b}$$

Искомое регрессионное уравнение имеет вид:

$$mb = 2,289MS + 0,001h - 0,423MS^2 + 0,032MS^3 \quad (21)$$

Далее основная выборка объемом в 1015 наблюдений разбивалась на две подвыборки со значениями магнитуды больше и меньше: 5; 5,5; 6, соответственно. Общее регрессионное уравнение состоит из двух линий регрессии:

$$mb = 2,182MS + 0,002h - 0,383MS^2 + 0,029MS^3 \quad mb < 5 \quad (22)$$

$$mb = 1,771MS + 0,003h - 0,13MS^2 + 0,0004MS^3 \quad mb \geq 5 \quad (23)$$

$$mb = 2,182MS + 0,002h - 0,383MS^2 + 0,029MS^3 \quad mb < 5,5 \quad (24)$$

$$mb = 1,771MS + 0,003h - 0,13MS^2 + 0,0004MS^3 \quad mb \geq 5,5 \quad (25)$$

$$mb = 2,182MS + 0,002h - 0,383MS^2 + 0,029MS^3 \quad mb < 6 \quad (26)$$

$$mb = 1,771MS + 0,003h - 0,13MS^2 + 0,0004MS^3 \quad mb \geq 6 \quad (27)$$

Максимальное отклонение выборочных значений магнитуды mb от теоретических значений вычисленных по регрессионной модели (22-27) оказалось равным $\delta_{max}=0,822$. Качество регрессии, измеренное по критерию (9) для регрессионных уравнений (23)-(26), не превосходит значение 10%, соответствующее хорошей регрессионной связи между зависимой и независимыми переменными.

При $mb=6$ наблюдается лучшее значение качества регрессии Q для обеих подвыборок основной выборки: 5,18%; 1,46%. Таким образом, параметры уравнения регрессии магнитуды mb на MS зависят от значений магнитуды.

Адекватность моделей (21) - (27) исследовалась по схеме, изложенной в параграфе 1. Все модели регрессии оказались статистически значимыми. После устранения эффекта мультиколлинеарности увеличился коэффициент множественной корреляции и улучшилось качество регрессии определенное по формуле (10).

Выводы

Вопреки ожиданию, не произошло значительного повышения качества многомерной регрессии после устранения эффекта мультиколлинеарности. Но, по статистическим критериям проверки значимости регрессии, выявлено, что многомерная регрессия лучше аппроксимирует значения магнитуды mb . При выборе наилучшей регрессионной зависимости среди регрессионных моделей решающим являлось минимум стандартной ошибки регрессии (6), и максимум коэффициента детерминации R^2 .

Гипотеза о наличие корреляционной связи между магнитудой и глубиной землетрясений не подтвердилась.

Для реализации рассмотренного метода разработаны алгоритм и вычислительная программа на языке “ФОРТРАН”.

Литература

1. Gottfried Grunthal, Rutger Wahlstrom. An Mw based earthquake catalogue for central, northern and northwestern Europe using a hierarchy of magnitude conversions. Journal of Seismology 7: 507–531, 2003. 2003 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.507

2. Mihnea C. Oncescu, Vasile I. Marza, Mihaela Rizescu. The Romanian earthquake catalogue between 984-1997. Vrancea earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. 1997. Kluwer Academic Publishers. p.43-47.
3. Silvia Castellaro, Peter Borman. Performance of different Regression Procedures on the Magnitude Conversion Problem. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol.97. No. 4, pp. 1167-1175. 2007.
4. D. Lungu, T.Cornea, C. Nedelcu. Hazard Assessment and Site-dependent Response for Vrancea Earthquakes. Vrancea earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. 1997. Kluwer Academic Publishers. p.251-255.
5. Буртиев Р.З. Применение линейной регрессии для преобразования разных магнитуд в шкалу магнитуды mb. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. 2009. No. 1, pp.62-71.
6. Дж. Себер. Линейный регрессионный анализ. Мир. Москва. 1980. 456с.
7. Jean Welkowitz, Robert B. Ewen, Jacob Cohen. Introductory Statistics. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. Printed in the USA.
8. М. Дж. Кендалл, А. Стьюарт. Статистические выводы и связи. Наука. Москва. 1973. 898с.
9. А.А. Аргучинцева. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. Учебное пособие. Иркутск. 2007. 105с.
10. О.Л. Лешинский, В.В. Рязанцева, О.О. Юнькова. Эконометрия. Київ. 2003. 208с.
11. В.С. Мхитарян, М.Ю. Архипова, В.П. Сиротин. Эконометрика. Москва. 2008. 142с.
12. Р.Г. Габриелян. Эконометрика. Видное. 2006. 85с.
13. М. Fisz. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin. 1966. 551s.
14. Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных. Москва. Мир. 1989. 540с.
15. С. Уилкс. Математическая статистика. Москва. Наука. 1967. 631с.
16. Дж. Райс. Матричные вычисления и математическое обеспечение. Москва. Мир. 1984. 262с.
17. Р. Аллен. Математическая экономика. Москва. Иностранная литература. 1963.667с.
18. Уилкинсон Райнш. Справочник алгоритмов на языке АЛГОЛ. Линейная алгебра. Москва. Машиностроение. 1976.389с.
19. Э.С. Маркович. Курс высшей математики. Росвузиздат. 1963. 407с.

CZU (478.9)551.4

Mogorici C.

Utilizarea metodelor morfostructurale pentru analiza unui sector din partea de nord a republicii Moldova

Abstract

In this paper it is cited data of morfostructure analysis of a part of territory of Republic Moldova. These data will allow predicting in the future building of economic objects without financial losses.

Introducere

Neotectonica și geologia structurală sunt două direcții principale ale geologiei. Rezolvarea problemelor teoretice și practice de caracter geologic din cadrul teritoriului Republicii Moldova este necesară pentru aprecierea caracteristicilor păturii superioare a scoarței terestre, aflată în prezent sub un impact intensiv antropogen.

Scoarța terestră este străbătută de o serie de fisuri și falii. Rocile din zonele de ruptură se deosebesc de rocile din zonele adiacente, prin faptul că acestea dispun de un grad de porozitate și friabilitate mai înalt. Prin aceste fisuri și falii sunt emanate către suprafața terestră diferite fluide, gaze și produse piroclastice. Zonele de fisurare reprezintă locuri în care procesele geologice și geofizice au o manifestare anormală, în legătură cu aceasta ele sunt surse periculoase pentru viața de zi cu zi a omului, precum și pentru funcționarea obiectelor electrotehnice, a minelor, carierelor, a bazinelor de acumulare, hidrocentralelor, precum și pentru zăcămintele de petrol și gaze naturale [2].

Teritoriul Republicii Moldova reprezintă o regiune cu grad înalt de valorificare agrară și industrială, cu densitate mare a populației. Rezolvarea problemelor ce țin de protecția naturii, de interacțiunea dintre om și mediu nu pot fi realizate fără o cunoaștere profundă a structurii geologo-morfologică a teritoriului. Diferențierea geomorfologică a teritoriului reflectă dinamica permanentă a proceselor endogene și exogene asupra formării reliefului. Este firesc că hărțile topografice prezintă un pilon important în studiul și valorificarea pe viitor a teritoriului republicii.

Cercetarea detaliată a reliefului permite acumularea unei bazei de date care înlesnește folosirea rațională și efectivă a resurselor naturale. Studiul formelor de relief poate fi efectuat prin așa-numita „analiza morfostructurală”, care reprezintă utilizarea metodologiei speciale de cercetare în scopul determinării legăturilor între relieful actual și structura geologico-tectonică a teritoriului.

Scopul lucrării constă în utilizarea unora dintre metodele analizei morfostructurale pentru a face studiul regiunii respective. Sarcinile principale au fost realizarea unui studiu asupra: fragmentării verticale și orizontale a reliefului; analizei rețelei hidrografice și analizei megafalierii.

Importanța practică

Analiza morfostructurală a regiunii studiate, va înlesni preconizarea câtorva lucrări de construcție fără pagube materiale.

Metodologia

Metodele morfostructurale permit studierea caracterului mișcărilor scoarței terestre, precum și relația dintre acțiunea factorilor exogeni și endogeni și consecințele rezultate. Cu ajutorul acestor metode se poate determina direcția și viteza mișcărilor scoarței terestre. Acest fapt este foarte important în rezolvarea multor probleme ce țin de tectonica teritoriului și care ne ajută la facilitarea greutăților cu care se confruntă economia națională.

Metode morfografice

Sunt utilizate pentru studiul analizei calitative a reliefului pe baza observărilor pe teren și a analizei hărților topografice (Voscresenskii, 1947; Șanțer, 1951; Gherenciuc, 1960). Prin aplicarea metodelor morfografice putem monitoriza caracterul structurilor geologice atât pozitive cât și negative.

Metode morfometrice

Constau în studiul analizei cantitative a reliefului. Aceasta este posibil doar pe baza planșelor topografice la scară mare pe care, relieful scoarței terestre este reprezentat prin intermediul izohipselor. Pe baza acestor metode se studiază energia reliefului (Volcov, 1950; Marcov, 1948; Sciukin, 1960).

Metode de megafalieri

Sunt utilizate pentru studiul legăturilor dintre structurile provenite de la mișcările plicative și disjunctive (P. Blenchet, 1957, V.P. Filosofov, 1963, G. Henderson, 1960).

Teledetecția

Este o metodă care se utilizează la studiul aerofotogramelor (fotografii făcute din avion sau din cosmos). Această metodă facilitează cartarea geologică, deoarece pe o aerofotografie este informație cu mult mai amplă decât pe o planșă topografică. O aerofotografie poate servi chiar ca o hartă geomorfologică.

Materialul de cercetare

Ca material pentru studiul în cauză au servit planșele topografice la scara 1:100000 cu nomenclatura x-36-51 și x-36-52 care reprezintă un sector din partea de nord a Republicii Moldova (Fig.1). Pe aceste planșe am efectuat:

1. Analiza fragmentării verticale și orizontale a reliefului;
2. Analiza rețelei hidrografice;
3. Analiza megafalierii.

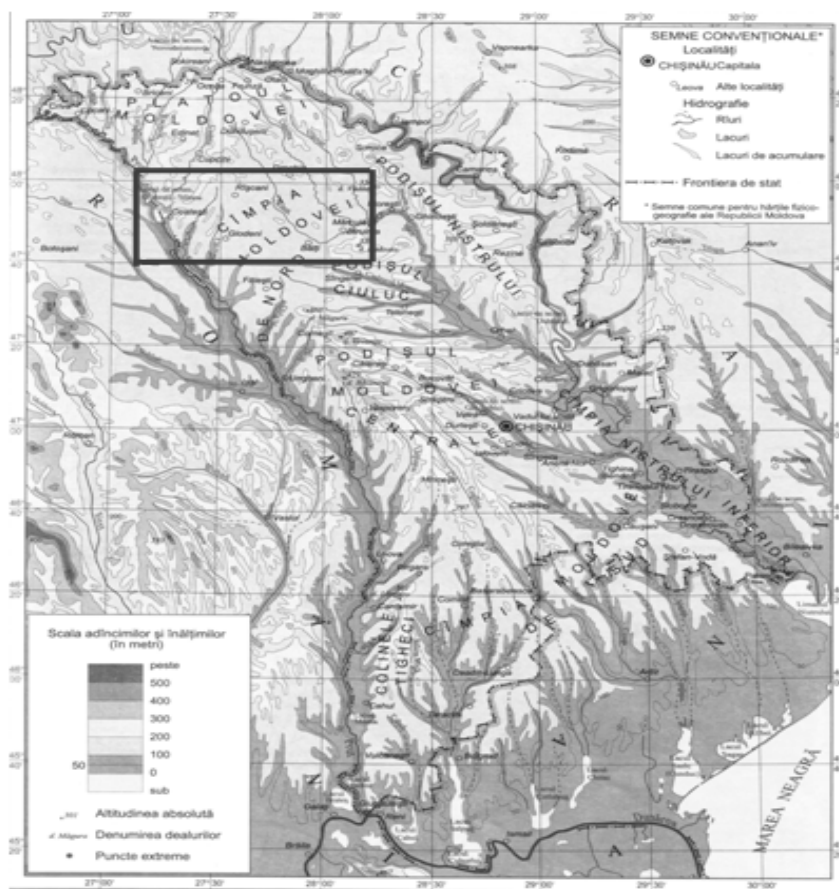


Fig.1. Amplasarea geografică a teritoriului de studiu.
(Harta fizică a Republicii Moldova după N. Rîmbu, N. Cherdivară)

Rezultate și concluzii

1. Analiza fragmentării verticale a reliefului care mai este denumită și energia reliefului indică că fragmentarea verticală a reliefului variază în limitele 56-238m. Pe planșa x-36-51, fragmentarea verticală a reliefului este mai mică – (56-133m), decât pe planșa x-36-52 – (24-238m). Aceasta demonstrează că teritoriul de pe planșa x-36-52 a suportat mișcări de ridicare noi cu mult mai intense decât teritoriul de pe planșa x-36-51.

2. Analiza fragmentării orizontale demonstrează că pe ambele planșe, mișcările de coborâre nu au depășit 0.86m/km². Însă pe planșa x-36-52 se observă că fragmentarea orizontală a reliefului este puțin mai intensă decât pe x-36-51. Aceasta ne demonstrează că pe teritoriul reprezentat pe planșa x-36-52 mișcările de coborâre ale scoarței terestre sunt mai intense.

3. Analiza rețelei hidrografice, inclusiv direcția cursului râurilor care poartă un caracter centripet, demonstrează despre mișcările noi de coborâre ale teritoriului.

4. Studiul megafalierii, mărturisește că direcția de megafaliere a teritoriului este N-V, și mai puțin predomină falii pe direcția N-E. (Fig.2)

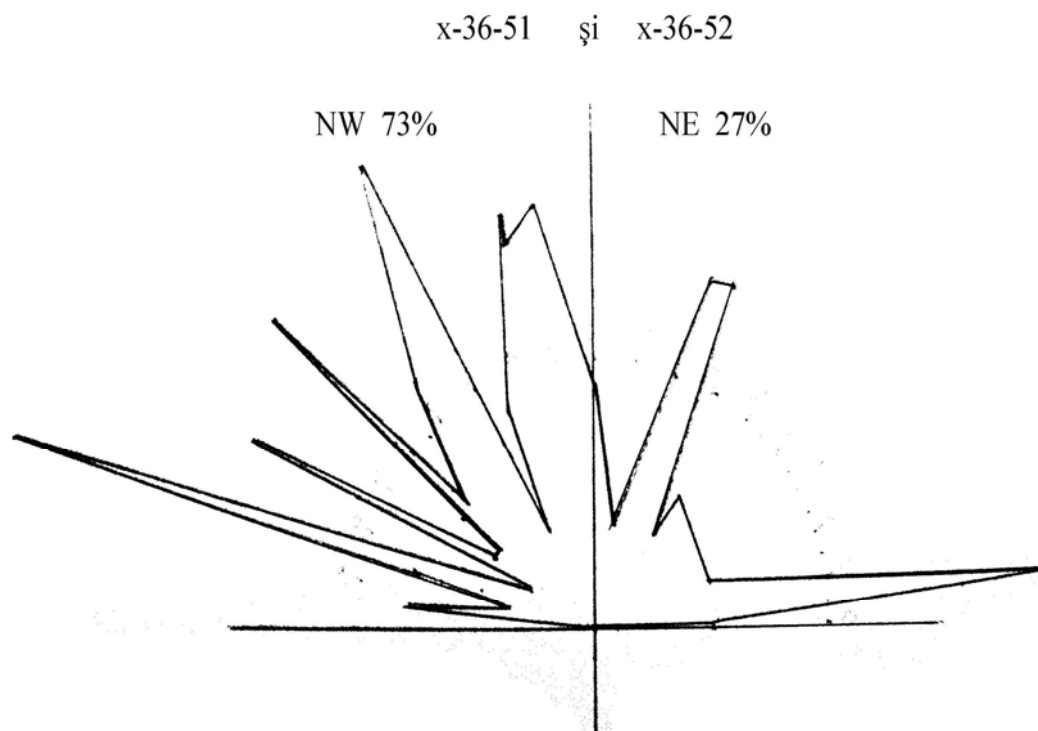


Fig.2. Roza-diagramă a megafalierii

5. Răspândirea structurilor tectonice discordante depistate pe planșe permite să presupunem că tot teritoriul interfluviului Nistru-Prut este supus megafalierii.

Bibliografie

1. Волков. Принципы и методы картометрии. Изд. АН СССР, 1950
2. Гарецкий Р.Г. Каратаев Г.И. «Новый подход к изучению человека и техногенеза/ Инновационное развитие геологической науки - путь к эффективному и комплексному освоению ресурсов недр», Минск, 2007 г стр. 68-74
3. Геренчук К. И. Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины, Львов 1960
4. Марков. Основные проблемы геоморфологии М., 1948
5. Шанцэр Е.В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. Тр. ИГН АН СССР, ВЫП. 135, СЕР. ГЕОЛ., № 55 1951
6. Философов В.П. Порядки долин и их использование при геологических исследованиях. Науч. Ежегодник Саратовск, ун-та, 1959
7. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов 1960.

CZU 444.72

Maftuleac A*, Rusu V*, Bolotin O., Petuhov O*

Compoziția mineralogică și proprietățile fizico-chimice ale diferitor forme (naturală și modificate) ale diatomitului Ghiderim

Rezumat

Diatomitul este un material silicios, care, datorită proprietăților lui fizico-chimice, are o largă întrebuințare în diferite domenii. În Republica Moldova el este utilizat ca adsorbant și material filtrant. În lucrarea de față sunt prezentate rezultatele studiului diferitor forme (naturală și modificate) ale diatomitului din Ghiderim. Scopul studiului a fost elucidarea schimbărilor ce au loc în structura diatomitului în procesul de modificare a lui și cum se răsfrâng ele asupra proprietăților fizico-chimice.

Резюме

Диаомит – это кремниевый материал, нашедший широкое применение, благодаря его физико-химическим свойствам. В Республике Молдова он применяется как адсорбент и фильтрующий материал. В данной работе приведены результаты исследования различных форм (естественной и модифицированной) диаомита месторождения Гидерим.

Целью исследования было выяснение изменений, происходящих в структуре диаомита в процессе его модификации, и как влияют они на физико-химические свойства.

Întroducere

Diatomitul este un material dispers silicios, provenit din depunerile scheletelor diatomeelor, stratificate în decursul unei lungi perioade geologice [1]. Caracteristic pentru diatomit este conținutul mare, circa 60 – 95 %, de dioxid de siliciu amorf, restul revenind diferitor minerale însoțitoare (montmorilonit, ilit, caolinit) [2, 3]. Este un material solicitat, consumul anual de diatomit în întreaga lume constituie circa 2 mln tone. Numai în țările Uniunii Europene în 2001 au fost utilizate 500 mii tone de diatomit. În SUA în 2005 s-au produs 635 mii tone de diatomit, dintre care 144 mii tone au fost exportate [4]. Datorită compoziției chimice, porozității și unei largi răspândiri în natură, diatomitul este pe larg utilizat în diferite ramuri ale economiei: ca material adsorbant și filtrant în industria vinicolă, textilă și petrolieră, precum și ca materie-primă în industria chimică și cea a materialelor de construcție. Din diatomit se obțin paste abrazive și vopsele, materiale compozite, smalț, ciment și sticlă (de geam, poroasă, fibre) [2, 5-7]. Analiza modului de utilizare a diatomitului a pus în evidență că circa 75% din cantitatea lui sunt utilizate pentru producerea filtrelor, 11% - ca umplutură în compozite, 7% ca material adsorbant și încă 7% - în alte scopuri [4].

În timpul de față în laboratoarele multor țări din lume se fac cercetări privitor la modificarea diatomitelor, având ca scop lărgirea spectrului de utilizare a diatomitului și asortimentului de articole produse din el [8-10].

* Institutul de Chimie al AȘ a Moldovei

În Republica Moldova zăcămintele de diatomit de interes economic, cu grosimea stratului de 15 – 20 m, sunt situate în raioanele Edineț, Drochia, Soroca, Rezina și Vulcănești [2, 3]. Necătând la cantitățile considerabile de diatomit din țara noastră, din diferite motive, acest material prețios nu este încă valorificat la nivelul cuvenit, el fiind importat din alte țări. În Republica Moldova diatomitul este întrebuițat mai ales ca material filtrant.

Scopul acestei lucrări a fost studierea compoziției mineralogice și proprietăților fizico-chimice a diferitelor forme (naturală, modificate chimic și termic) de diatomit din zăcămintele din Ghiderim.

Materiale și metode

Proba de diatomit obținută din carieră a fost uscată la temperatura camerei, apoi mărunțită și cernută. Pentru cercetare au fost selectate fracțiile de sită mai mici de 0,63 mm. Determinarea compoziției mineralogice a fost efectuată utilizând analiza Roentgen la aparatul Dron-3 (Rusia), emanație Co K α . Proprietățile fizico-chimice au fost studiate cu ajutorul analizei termice (derivatograful Q-1000D, Ungaria), spectroscopiei infraroșii (spectrometrul Spectrum 100 FT-IR, firma Perkin Elmer), și adsorbției azotului (instalația Autosorb-1, SUA).

Compoziția chimică a diatomitului din Ghiderim e bine studiată și se prezintă astfel (%): SiO₂ - 85.4, Al₂O₃ - 3.0, Fe₂O₃ - 1.9, MgO - 0.6, CaO - 1.8, pierderi la calcinare - 6.8 [2].

Pentru obținerea formelor modificate o parte din proba inițială (naturală) a fost tratată cu reagenți chimici - acid clorhidric, soluție de 15% și, respectiv, hidroxid de sodiu, soluție de 10%. Regimul de activare - la temperatura de fierbere în baia cu apă, timp de 4 ore. După terminarea procesului, amestecul reactant era lăsat pentru răcire până la temperatura camerei, apoi era supus centrifugării pentru a separa faza solidă (diatomitul). Sedimentul obținut ulterior era spălat cu apă distilată de mai multe (8-9) ori până la pH constant. Era apoi uscat și supus aceluiași operațiuni de studiere ca și proba inițială. Un experiment aparte a fost efectuat calcinând diatomitul natural la temperatura de 900 °C, timp de 1 oră, cercetat apoi ca și celelalte probe.

Rezultate și discuții

Analiza Roentgen

Difractogramele probelor studiate sunt prezentate în fig. 1. După cum se observă din figură, în componența diatomitului din Ghiderim se întâlnește montmorilonit însoțit de clorit cu reflex la 1.58 nm, ilit și caolinit, înregistrați cu reflexe la 0.997 și 0.71 nm, respectiv. Faza amorfă se evidențiază printr-un reflex alungit, cuprins în intervalul 0.60 - 0.30 nm, cu un maximum la 0.41 nm, constituită din alumosilicați, oxizi de fier și aluminiu [3]. Reflexele cuarțului se evidențiază la 0.33 și, posibil, 0.32 nm.

Tratarea diatomitului cu soluție de acid clorhidric duce la o distrugere parțială a structurii diatomitului, marcată pe difractogramă (fig.1, b) printr-o oarecare micșorare a intensității reflexului montmorilonitului la 1.58 nm și o intensificare aparentă a reflexului cuarțului (0.33 nm) pe fonul fazei amorfe, cauzată, probabil, de dizolvarea unor componenți ai acesteia.

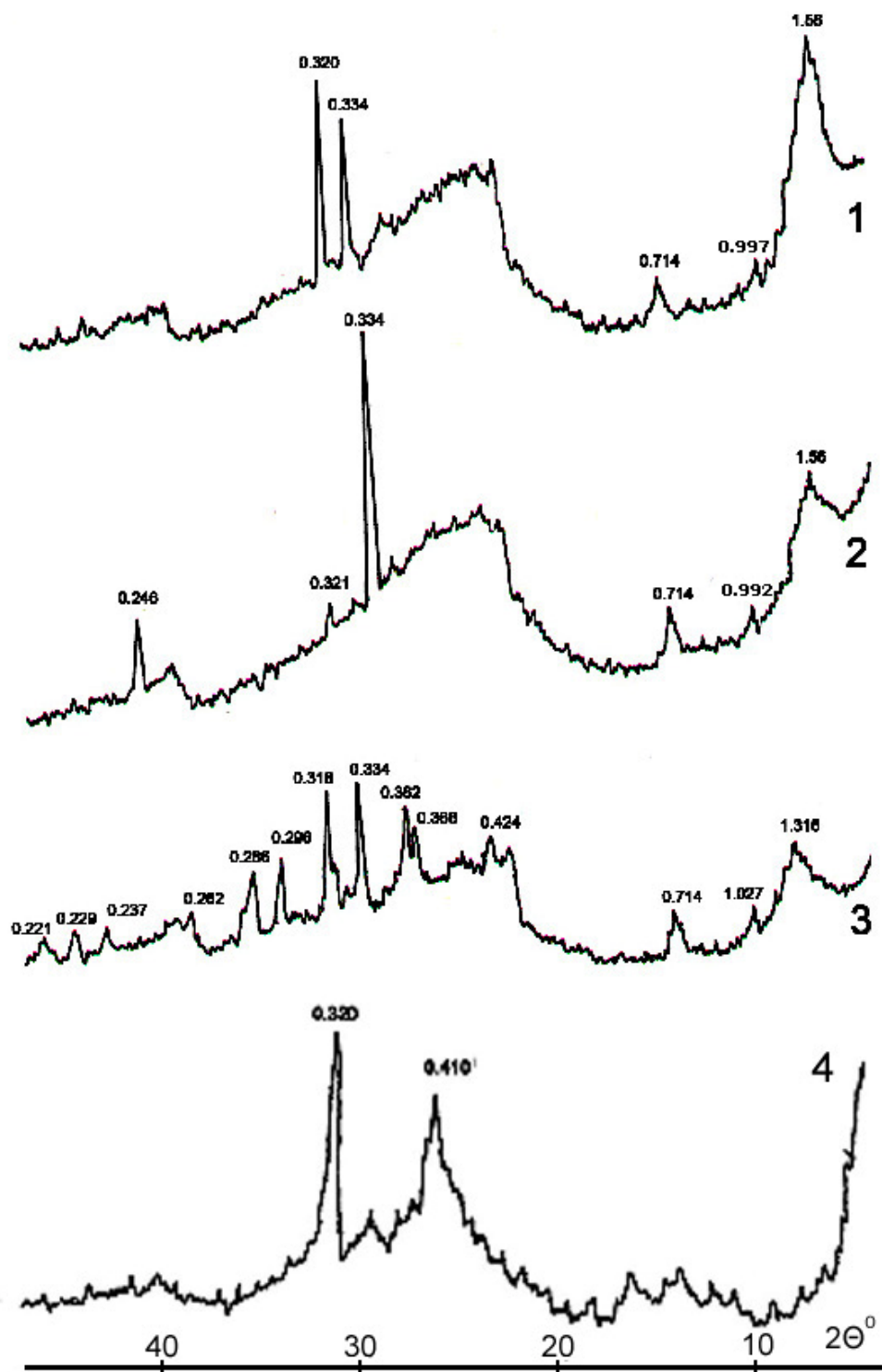


Fig.1. Derivatogramele probelor de diatomit:
1 – natural, 2 – prelucrat cu HCl, 3 – prelucrat cu NaOH, 4 – calcinat la 900° C.

Difractograma diatomitului prelucrat cu bază alcalină prezintă un tablou complex (fig.1, c). Reflexul montmorilonitului se micșorează în intensitate, iar maximum lui, aflat inițial la 1.58 nm, se deplasează la 1.32 nm, posibil, din cauza schimbului de ioni (Ca^{2+} , Mg^{2+}) interstratari înlocuiți de ioni Na^+ din soluție) și gradului diferit de hidratare a lor. Reflexele ilitului și caolinitului (1.027 și 0.71 nm) rămân practic neschimbate, intensitatea reflexului fazei amorfe scade. Apare un șir de reflexe, aparținând, respectiv, cuarțului (0.42, 0.33, 0.32, 0.23 nm), montmorilonitului (0.45, 0.26) și altor minerale. Ele au apărut în rezultatul dizolvării unor componente ai fazei amorfe, haloul careia anterior le “acoperea”.

Pe difractograma diatomitului calcinat (fig.1, d) se observă doar faza amorfă cu un maximum (0.41 nm) și cuarțul cu reflex la 0.33 nm. Celelalte reflexe, prezente pe difractograma probei inițiale, dispar ca urmare a proceselor de deshidratare și dehidroxilare și transformărilor fazelor cristaline la încălzirea avansată a diatomitului.

Spectroscopia infraroșie

Spectrele infraroșii ale formelor studiate de diatomit sunt prezentate în fig.2. În intervalul de spectru cuprins între 3200 – 3800 cm^{-1} a diatomitului natural se observă benzile de absorbție ale oscilațiilor de valență $\nu(\text{OH})$, cu maxime la 3662 și 3380 cm^{-1} , aparținând grupelor Si-OH, Al-OH, apei de adsorbție (fig.2, a). Astfel de benzi sunt caracteristice pentru montmorilonit și caolinit [11, 12]. Benzile cu maximum la 2988, 2972 și 2901 cm^{-1} pot fi ale oscilațiilor de valență ale grupelor Si-OH. Benzi cu valori de undă apropiate (2944, 2215 cm^{-1}) se întâlnesc la α – diaspor, atribuite oscilațiilor OH din grupele Al OOH (p.201-203, [12]). Banda de la 1635 cm^{-1} aparține oscilațiilor de deformare $\delta(\text{H}_2\text{O})$ și este des utilizată pentru identificarea apei de adsorbție sub formă moleculară, atunci, când alte metode sunt în acest scop inutile [11]. Grupa de benzi amplasată în intervalul 1300-1400 cm^{-1} pot aparține, probabil, unor oscilații de tip Me-O, și sunt întâlnite în spectrul caolinitului (p.18, [13]). Flexiunea de la 1200 cm^{-1} poate fi a oscilațiilor asimetrice de valență ale grupelor Si-O-Si, unghiul dintre legăturile cărora este aproape de 180° (p.174, [13]), sau ale grupelor Al(VI)-O-Si din caolinit (p.57, [11]).

Banda lată, intensă, cu maximum la 1066 cm^{-1} aparține oscilațiilor asimetrice de valență ν_{as} ale grupelor Si – O – Si, Si – OH și se întâlnesc la cuarț, talc (p.84,162 [12]).

După prelucrarea diatomitului cu soluție de acid clorhidric în spectrul produsului obținut nu se observă schimbări esențiale (fig.2, b). În schimb, la tratarea diatomitului cu soluție alcalină, în spectrul probei (fig.2, c) apar benzi cu o intensitate comparativ mai mare, cu maxime la 3692 și 3396 cm^{-1} , aparținând oscilațiilor de valență ale grupelor OH, caracteristice caolinitului și montmorilonitului. Se intensifică banda oscilațiilor de deformare $\delta(\text{OH})$ la 1630 cm^{-1} , aparținând, cel mai probabil, apei de adsorbție a montmorilonitului din componența probei de diatomit [11]. Suferă schimbări și conturul spectrului în regiunea 1400 cm^{-1} , apar noi benzi la 914, 779 și 693 cm^{-1} , ele însemnând, respectiv, apariția grupelor funcționale O-Si-O^- , ca rezultat al interacțiunii bazei alcaline cu dioxidul de siliciu formând silicați, (p.85,151 [12]), precum și alți compuși neidentificați.

În spectrul diatomitului calcinat (fig.2, d) dispar benzile oscilațiilor de valență și a celor de deformare ale apei de adsorbție și grupelor hidroxile, rămân doar benzile oscilațiilor de valență $\nu(\text{Si – O})$ de la 1070 – 1060 și 795 cm^{-1} [12], posibil și $\nu(\text{Me - O})$.

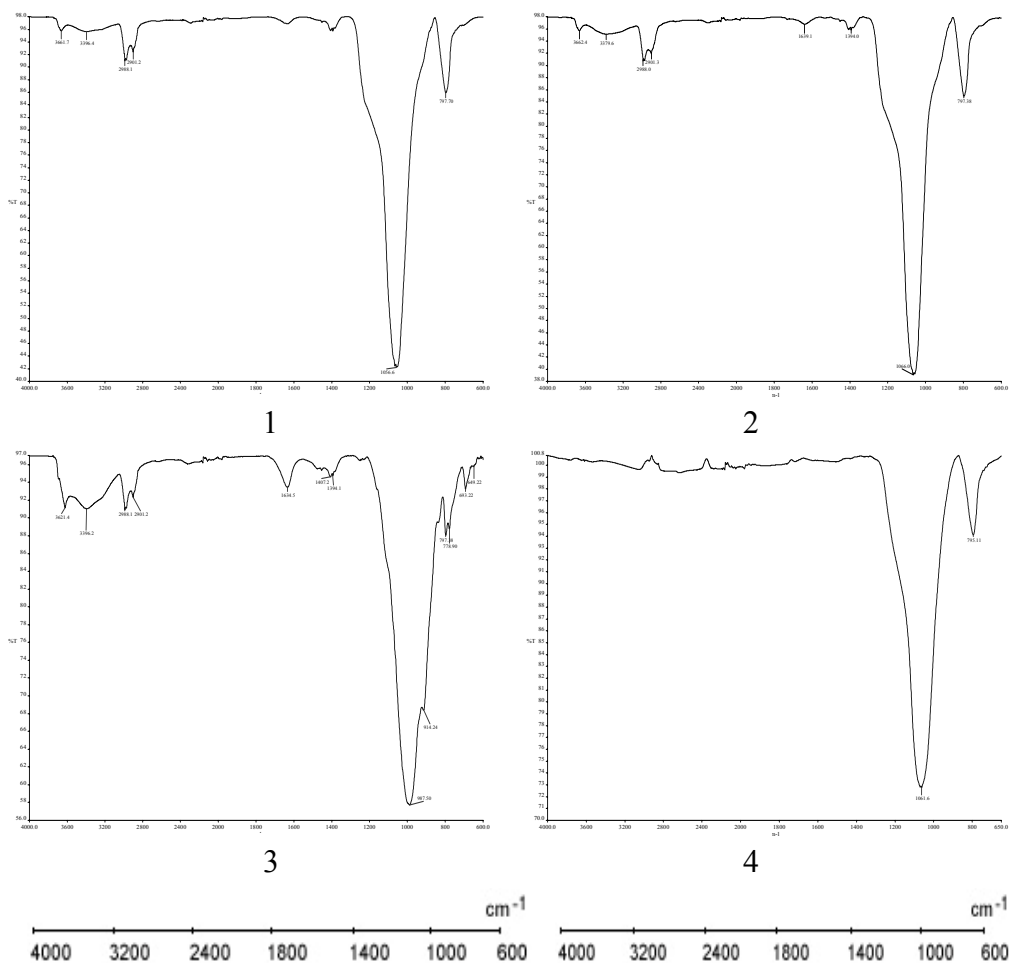


Fig.2 Spectrele IR ale probelor de diatomit:

1 - natural, 2 – prelucrat cu HCl, 3 – prelucrat cu NaOH, 4 – calcinat la 900° C

Analiza termică

Derivatogramele obținute la studierea comportării termice ale probelor de diatomit sunt prezentate în fig.3. Forma naturală a diatomitului se caracterizează prin prezența pe curba DTA de pe derivatograma respectivă (fig.3, a) a unui endoeffect cu maximum la 125 °C, cauzat de eliminarea apei de adsorbție. O pondere însemnată în acest efect, precum și în pierderea de masă corespunzătoare lui, poate reveni apei montmorilonitului – parte componentă a probei de diatomit. Cantitativ, pe acest sector, pierderea de masă constituie circa 9.5 %. Pierderea totală a masei probei atinge 13 % din cea inițială.

Derivatograma diatomitului prelucrat cu acid clorhidric se caracterizează prin deplasarea endoeffectului aflat în proba inițială la 125 °C spre o temperatură mai joasă (110 °C). Pierderile de masă a apei de adsorbție reprezintă 12 %, pierderea totală de masă - circa 17 % (fig.3, b). Forma de diatomit tratată cu soluție de NaOH conține pe curba DTA (fig.3, c) trei endoeffecte cu maxime la 110, 135 și 180 °C. Ele corespund, în opinia noastră, eliminării apei de adsorbție a unor noi forme cationice de montmorilonit și

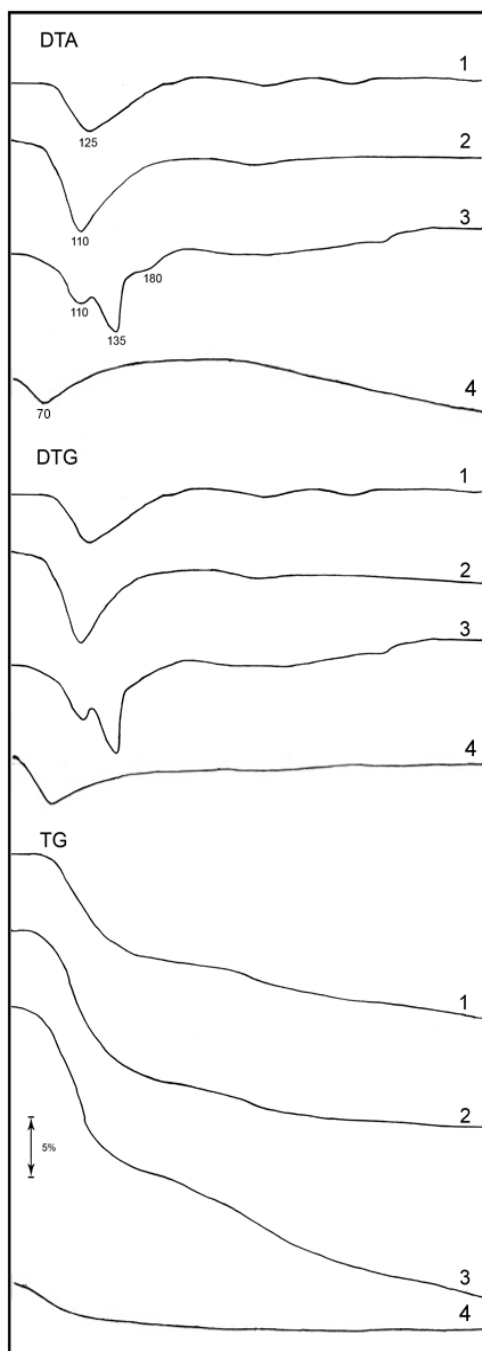


Fig.3 Derivatogramele probelor de diatomit:

- 1 – natural,
- 2 – prelucrat cu HCl,
- 3 – prelucrat cu NaOH,
- 4 – calcinat la 900° C

alte minerale, obținute în urma distrugerii unor componente minerali, cationii eliberați din structura cărora (Al^{3+} , Fe^{3+}) substitue cationii interlaminari (Na^+ , Ca^{2+}). Acești cationi conțin un înveliș din molecule de apă, 1-2 straturi, numărul cărora depinde de natura ionului respectiv [12]. Corespunzător efectelor termice pe curba TG sunt înregistrate segmente, care indică pierderile de masă (4.5, 5.5 și 1.5 %). Pierderea totală de masă alcătuiește 12.5 %.

Pe curba DTA a derivatogramei diatomitului calcinat (fig.3, d) se observă un endoeffect mic cu maximum la 70 °C, cauzat de eliminarea apei adsorbite, și un efect exotermic extins pe un interval mare de temperatură (160 - 600 °C), fără schimbări de masă, apărut, probabil, ca rezultat al unor transformări de fază. Pierderea de masă corespunzătoare endoeffectului constituie circa 2.5 %, pierderea totală de masă - 4%.

Adsorbția azotului

Rezultatele experimentale obținute la studierea proprietăților adsorbitive ale formelor studiate de diatomit față de azot sunt prezentate în tab.1. După cum se observă din tabel, forma naturală de diatomit se caracterizează prin suprafața specifică de circa 31.4 m², volumul sorbtiv 0.19 cm³/g și valoarea razei porilor de circa 2.5 nm. Tratarea diatomitului cu acid clorhidric are ca efect o mărire esențială a suprafeței specifice, mai puțin a volumului sorbtiv, cu o relativă micșorare a razei porilor, ca urmare a distrugerii parțiale a structurii inițiale a sorbantului.

Utilizarea bazei alcaline la modificarea diatomitului duce la o mărire multiplă a valorii suprafeței specifice cu

schimbări neesențiale a volumului sorbtiv și a razei efective a porilor. Datele obținute ne permit a conchide, că, în rezultatul tratării diatomitului cu reagenți chimici, are loc o distrugere parțială a structurii, însoțită de o dezvoltare efectivă a sistemului de pori spre interiorul particulelor lui.

Tratarea termică a diatomitului duce la micșorarea suprafeței specifice de adsorbție, la fel și a volumului sorbtiv. Acest rezultat poate fi o urmare a distrugerii termice a includerilor argiloase din diatomit, precum și a deshidratării grupelor hidroxile, responsabile în condiții obișnuite de păstrarea unei structuri poroase în adsorbant.

Tab.1

Caracteristicile adsorbantilor

Diatomit Ghiderim	S, m^2	$V_s, cm^3/g$	R_{ef}, A°
Natural	31.42	0.19	25.4
Prelucrat cu HCl	94.50	0.25	18.9
Prelucrat cu NaOH	124.40	0.16	25.4
Calcinat la 900° C	11.80	0.04	24.4

Din cele expuse, se pot face următoarele concluzii:

Diatomitul din Ghiderim prezintă un material silicios complex, alcătuit din dioxid de siliciu sub formă de fosile de diatomee, însoțit de montmorilonit, ilit și materiale amorfe, care pot fi identificate cu metode fizico-chimice de cercetare.

La prelucrarea diatomitului cu reagenți chimici, precum și la calcinare, are loc eliminarea unor componente minerali însoțitori, distrugerea parțială a structurii lui, datorită cărui fapt, se schimbă caracteristicile lui fizico-chimice. Utilizarea în complex a metodelor fizico-chimice de cercetare permit a depista schimbările calitative/cantitative ce au loc în compoziția mineralogică, chimică și fizică a diatomitului, iar prin aceasta se pot controla și dirija procesele de modificare a lui.

Bibliografie

1. Горная энциклопедия, т.2, М: Советская энциклопедия, 1986, с. 223.
2. Кердиваренко М.А. Молдавские природные адсорбенты и технология их применения.- Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1975, - 191 с.
3. Rusu V., Vrînceanu Aliona, Polevoi I. Compozition of mineral phases of the Ghidirim diatomite. – Chemistry Journal of Moldova, 2(2007)63.
4. <http://www.amazon.com/Diatomite-Ukraine-Gobi-International/dp/8000UMVYK>.
5. Stoermer E.F., Smol J.P. The diatoms: applications for the environmental and earth sciences.- Science, (2001),482.
6. <http://ediafilt.hu/en/teruletek.htm>. Ediafilt, 2009.
7. Lazutkina O.R., Kazak A.K., Temereva A.A. et al. Prospects of using diatomite material from the Sverdlovsk region in enameling production.- Glass and Ceramics, 63(2006)28 (eng., russ.).
8. Yu Wang, Yungshuai Shang, Jiang Zhu et al. Synthesis of magadid using a natural diatomite material.- J.Chem.Technol. and Biotechnol, 84(2009)1894.

9. Huttenloch P., Roehl K.E., Czurda K. Sorption of Nonpolar Aromatic Contaminant by Chlorosilane Surface Modified Natural Minerals.- Environ. Sci. Technol., 35(2001)4260.
10. Yuxin Jia, Wei Han, Guaxing Xiong et al. A method for diatomite zeolitization through steam-assisted crystallization with in-situ seeding.- Materials Letters, 62(2008)2400.
11. Тарасевич Ю. И. Строение и химия поверхности слоистых силикатов.- Киев: Наукова думка, 1988, - 248 с.
12. Лазарев А. Н. Колебательные спектры и строение силикатов. Л: Наука, 1968, - 374 с.
13. Тарасевич Ю. И., Овчаренко Ф. Д. Адсорбция на глинистых минералах.- Киев: Наукова думка, 1975, - 351 с.

УДК 550.343

Алказ В.Г., Павлов П.П.

Метод экспертных оценок для определения сейсмического риска

Abstract

The method of seismic risk assessment based on expert assessments is proposed. The algorithm is tested on a representative basis of seismological data for a district of Chisinau city.

Резюме

Предложена методика оценки сейсмического риска на основе экспертных оценок. Алгоритм опробован на представительной базе сейсмологических данных для отдельного микрорайона Кишинёва.

1. Основные факторы сейсмического риска

Сейсмический риск городской застройки чаще всего определяют как интенсивность вероятного сильного землетрясения, помноженную на уязвимость зданий и сооружений на заданной территории [1]. Первый множитель, как правило, известен из многолетних данных о сейсмических событиях соответствующего региона [2]. Для оценки второго множителя, уязвимости объектов данной территории, в частности, можно использовать метод экспертных оценок, заключающийся в том, что всем геофизическим и строительным параметрам, существенно влияющим на уязвимость сооружений, присваивается определённый балл F , задающий его вклад в ослабление сейсмоустойчивости зданий, а также различный вес W – в зависимости от степени подверженности каждого класса зданий данному ослабляющему фактору.

Потенциал уязвимости D конкретного объекта складывается из оценки каждого фактора уязвимости, взятой с весом, соответствующим данному типу зданий:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{F_i * W_i}{n}$$

F_i – экспертная оценка i -го фактора, по 3-балльной шкале;

W_i – вес i -го фактора, по 2-балльной шкале;

n – число факторов.

Набор основных факторов, определяющих потенциал уязвимости сооружений, может быть весьма многочисленным (до нескольких десятков) и различным для разных территорий, очагов воздействия и опыта задающих его экспертов.

На основании изучения результатов воздействия Вранчского очага на застройку г. Кишинёва [3] нами выделены следующие основные факторы риска:

- 1) возраст здания (или количество перенесённых землетрясений);
- 2) сейсмический резонанс;

- 3) дефицит сейсмостойкости;
- 4) степень повреждения зданий, перенёвших сильные землетрясения;
- 5) потеря жёсткости, выявленная по результатам инструментальных динамических измерений;
- 6) просадочность грунта;
- 7) строительный тип здания (материал стен);
- 8) конструктивная схема (строительная серия).

Некоторые другие факторы (например, сейсмические свойства грунтов) косвенным образом входят в вышеперечисленный набор.

2. Баллы и веса факторов риска

База данных о строениях г. Кишинева, составленная сотрудниками ИСГ АН РМ [3], включает сведения о 25 тысячах зданий. Для иллюстрации методики в данной работе рассмотрена застройка только одного микрорайона города - Ботаники (около 4 тысяч зданий). Каждому объекту присвоен определённый тип сейсмостойкости, в соответствии со шкалой сейсмической интенсивности MMSK-86.

Застройка этого сектора сравнительно новая, возраст половины всех зданий, охваченных обследованием, как видно из таблицы 1 и рис. 1, составляет 30 – 50 лет. Это здания, перенесшие 1 или 2 сильных землетрясения.

Таблица 1.

Возрастная градация современной застройки сектора Ботаника.

Год постройки	до 1940	1940-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-2000	после 2000
Количество зданий	110	394	1090	1078	432	469	252

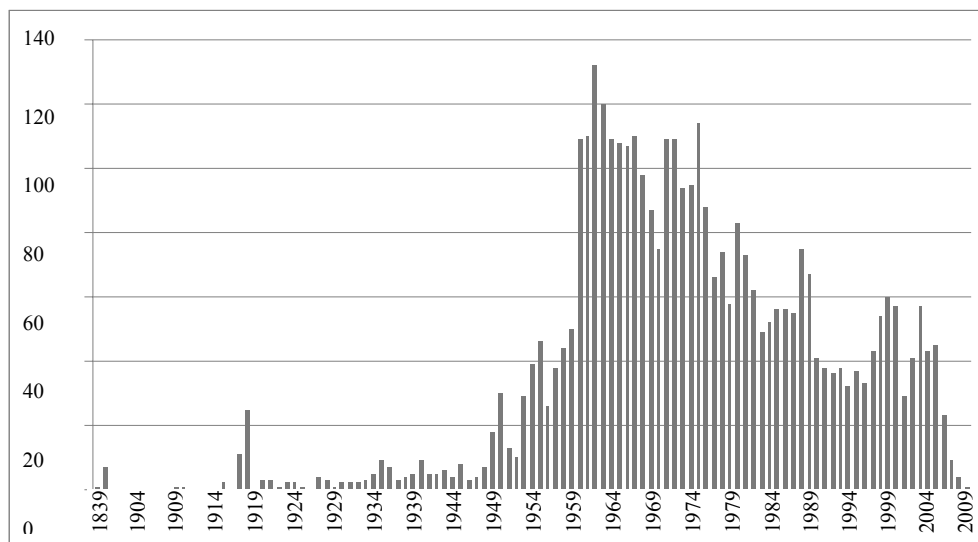


Рис. 1. Распределение застройки сектора Ботаника по годам строительства.

Балльность «возрастного» фактора FI задана нами пропорционально числу перенесённых землетрясений. Естественно, на уязвимость несейсмостойких домов (типы $A1$, $A2$, B) сильные землетрясения повлияли в большей мере, чем на

сейсмостойкие (*C7*, *C8*), поэтому первой группе поставлен в соответствие вдвое больший вес.

Таблица 2.

Баллы и веса фактора *F1* - количество перенесённых землетрясений

тип сейсмостойкости	класс уязвимости			вес
	1 землетрясение	2 землетрясения	3 землетрясения.	
<i>A1</i>	1	2	3	2
<i>A2</i>	1	2	3	2
<i>B</i>	1	2	3	2
<i>C7</i>	1	2	3	1
<i>C8</i>	1	2	3	1

Второй фактор, близость резонансных частот грунта и здания, в большей степени влияет на высотные дома, относящиеся к типам *C7* и *C8*, поэтому им должен соответствовать больший вес.

Таблица 3

Баллы и веса фактора *F2* - сейсмический резонанс

тип сейсмостойкости	класс уязвимости			вес
	более 50%	в пределах 50%	в пределах 20%	
<i>A1</i>	1	2	3	1
<i>A2</i>	1	2	3	1
<i>B</i>	1	2	3	1
<i>C7</i>	1	2	3	2
<i>C8</i>	1	2	3	2

Всего зданий, чувствительных к этому фактору уязвимости (входящих в 50% диапазон близости периодов) насчитывается 147. Из них только 2 относятся к типу *B*, все остальные – *C7* или *C8*.

Дефицит сейсмостойкости зданий вызван, в основном, недочётами ранних строительных норм, обусловленными несовершенством теории сейсмического воздействия. Внесли свой вклад и случаи некачественного (в особенности, монолитного) строительства, а также несанкционированных перепланировок жилья. В то же время, опыт сильных землетрясений показывает, что здания несейсмостойкой категории более чувствительны к дефициту сейсмостойкости. Поэтому типам зданий *C7* и *C8* присвоены веса 1,5 и 1 соответственно, в то время как для несейсмостойких зданий вес этого фактора задан равным 2 (табл. 4).

Таблица 4

Баллы и веса фактора *F3* - дефицит сейсмостойкости

тип сейсмостойкости	класс уязвимости			вес
	0 баллов	1 балл	2 балла	
<i>A1</i>	1	2	3	2
<i>A2</i>	1	2	3	2
<i>B</i>	1	2	3	2
<i>C7</i>	1	2	3	1,5
<i>C8</i>	1	2	3	1

Максимальный класс уязвимости (3) по фактору $F3$ получили 18 высотных зданий типа $C7$, крупнопанельных или монолитных.

Сильные землетрясения, наряду с «возрастной» деградацией зданий, ощутимо ослабляют прочность строительных конструкций. Это напрямую проявляется в степени повреждений (d), обнаруживаемых после серьезных землетрясений (7 баллов и выше).

Тяжёлые повреждения, фиксируемые после сильного землетрясения, представляют одинаковую опасность для зданий всех типов, поэтому вес этого фактора принят равным 2 для обеих категорий зданий – сейсмостойких и несейсмостойких.

Таблица 5

Баллы и веса фактора $F4$ - степень повреждения зданий, перенёсших сильные землетрясения

тип сейсмостойкости	класс уязвимости			вес
	$d=0$ или 1	$d=2$	$d=3$ и более	
$A1$	1	2	3	2
$A2$	1	2	3	2
B	1	2	3	2
$C7$	1	2	3	2
$C8$	1	2	3	2

Фактор $F4$ дал самую малочисленную группу максимальной уязвимости - всего 6 малоэтажных зданий.

Динамические параметры (частота собственных колебаний и декремент затухания) несут объективную информацию о физических свойствах сооружения; следует ожидать также, что на них накладывается информация об изменении состояния объекта в результате его старения, воздействия на него вибраций от промышленных установок, транспортных средств и, в особенности, после очередного землетрясения. Локальная потеря жёсткости вызывает снижение частот собственных колебаний зданий и сооружений.

Накопленные нами, пока немногочисленные, данные говорят о том, что существенные изменения состояния несущих конструкций сопровождаются отклонением собственных колебаний от первоначальных на 20 и более процентов [4]. Румынские сейсмологи отмечают [5], что при землетрясении 4.03.77, в случае незначительных повреждений зданий, их собственные периоды менялись не более чем на 25%; в случае серьезных разрушений, рост собственных периодов зданий превысил 50%.

Представляется, что предельно допустимое значение потери жёсткости должно быть разным для разного типа конструкций и будет определено в результате обобщения большого количества данных, полученных после обследования достаточного числа зданий. Пока же, исходя из общих соображений о том, что потеря жёсткости более опасна для несейсмостойких, нежели сейсмостойких зданий, веса этого фактора заданы равными 2 и 1,5, соответственно. Три класса уязвимости определены выраженной в процентах величиной изменения собственного периода здания, по сравнению с его исходным значением (табл. 6).

Таблица 6

Баллы и веса фактора $F5$ - потеря жёсткости, определяемая по степени изменения собственного периода здания

тип сейсмостойкости	класс уязвимости			вес
	до 5%	6-14%	15% и более	
<i>A1</i>	1	2	3	2
<i>A2</i>	1	2	3	2
<i>B</i>	1	2	3	2
<i>C7</i>	1	2	3	1,5
<i>C8</i>	1	2	3	1,5

Весовые коэффициенты для фактора $F6$ подобраны на основе приведённых в работе [6] данных, свидетельствующих о большем влиянии просадочности грунта на повреждаемость несейсмостойких зданий, по сравнению с сейсмостойкими.

Таблица 7

Баллы и веса фактора $F6$ - просадочность грунта

тип сейсмостойкости	класс уязвимости			вес
	непросадочный грунт	1-й тип просадочности	2-й тип просадочности	
<i>A1</i>	1	2	3	2
<i>A2</i>	1	2	3	2
<i>B</i>	1	2	3	2
<i>C7</i>	1	2	3	1,5
<i>C8</i>	1	2	3	1,5

Что касается классификации зданий по материалу кладки стен, имеющиеся на сегодняшний день данные не позволяют различить влияние этого фактора на разные по типу сейсмостойкости здания, ввиду чего веса заданы одинаковыми.

Таблица 8

Баллы и веса фактора $F7$ - строительный тип здания

тип сейсмостойкости	класс уязвимости			вес
	крупнопанельные, переставная опалубка ($d=1-1,5$)	каркасные ($d=1,5-2$)	каменные, саманные, скользящая опалубка ($d=2-2,5$)	
<i>A1</i>	1	2	3	2
<i>A2</i>	1	2	3	2
<i>B</i>	1	2	3	2
<i>C7</i>	1	2	3	2
<i>C8</i>	1	2	3	2

В имеющейся в нашем распоряжении базе данных по сектору Ботаника в достаточной полноте отражены следующие факторы риска: $F1$, $F2$, $F3$, $F4$ и $F7$. По этим 5 параметрам проведены расчёты потенциала уязвимости D для 3646 зданий городского сектора.

Расчитанные по предлагаемой методике значения потенциала D варьируются в пределах от 1,4 до 4,6.

Таблица 9

Распределение зданий сектора Ботаника по величине потенциала уязвимости.

значение потенциала	$D < 1,5$	$1,5 \leq D < 2,0$	$2,0 \leq D < 2,5$	$2,5 \leq D < 3,0$	$3,0 \leq D < 3,5$	$3,5 \leq D < 4,0$	$4,0 \leq D$
количество зданий	24	71	1025	395	1980	138	13

По этим результатам здания микрорайона условно разделены на 3 группы риска:

- группа пониженного риска ($D < 2,5$), включающая 1120 зданий;
- группа умеренного риска ($2,5 \leq D < 3,5$), в которую вошли 2375 зданий;
- группа повышенного риска ($3,5 \leq D$), состоящая из 151 здания.

В группу пониженного риска вошли, как и следовало ожидать, новейшие строения и, кроме того, сейсмостойкие здания «среднего» возраста (30 – 50 лет).

В группу повышенного риска вошли отдельные многоэтажные монолитные здания, построенные методом скользящей опалубки, а также малоэтажные дома старой постройки.

Таблица 10

Представительство возрастных подгрупп и типов зданий в группе повышенного риска

год постройки	до 1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1982	всего
<i>A1</i>	65	0	0	1	0	0	66
<i>A2</i>	34	0	4	2	0	0	40
<i>B</i>	20	0	2	4	1	0	27
<i>C7</i>	0	0	0	1	10	3	14
<i>C8</i>	0	0	0	0	4	0	4
всего за период	119	0	6	8	15	3	151

Заключение

Предложен метод оценки сейсмического риска на основе экспертных оценок уязвимости зданий. Метод опробован на примере застройки сектора Ботаника, включающей около 4 тысяч зданий.

Полученные результаты дают основание подразделить объекты на три группы риска: пониженного, умеренного и повышенного – включающих, соответственно, 1120, 2375 и 151 здание.

Авторы выражают благодарность Е.С. Исичко за помощь в подготовке базовых данных.

Литература

1. Хакимов Ш.А., Нургаев Б.С. Оценка сейсмической опасности и уменьшения риска городов Узбекистана. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2003, №6, с. 9-15.
2. Степаненко Н.Я., Друмя А.В., Симонова Н.А. Сильнейшие землетрясения Карпатского региона в XVIII – XX веке. Buletinul Institutului de Geofizica și Geologie al AȘM, N 2, 2006, pp. 37-64.
3. Studiul de Fezabilitate “Programul complex de prevenire a calamităților naturale în municipiul Chișinău”. Evaluarea riscului seismic în teritoriul or. Chișinău. ИГС АН РМ. Кишинев, 2009.
4. Алказ В.Г., Илиеш И.И. Мониторинг вариаций динамических параметров зданий и сооружений г. Кишинёва. Материалы международной конференции, Ялта, 2007.
5. Cutremurul de pământ din România de la 4 martie 1977. București, 1982, p.516.
6. Алказ В.Г. Основы прогноза сейсмической опасности и сейсмического риска территории Республики Молдова, Кишинёв, 2007, 229 стр.

УДК:551.73(478.9)

Няга В.И.

О возрасте теригенно-континентальных образований Предобруджского прогиба

Abstract

Sedimentary and magmatic rock formation, which were discovered by deep drilling (1960-1980), are very important from geochronological point of view in the south – west part of Moldova and in the west of Odessa region (Ukraine). According to substantial composition and sedimentary conditions we divide the magmatic sedimentary complex in three series as lower, middle and upper. Lower series reunify detritic particoloured rocks and rarely brown rocks presented by gravellite and sandstone sandwiched by claystone aleurit. Middle series consists from totally magmatic rocks namely effusive with acid and middle chemical composition and as well tuff. From lithological point of view Upper series are more diverse and contain terigene rocks (sandstone, aleurit, clay), hemogen rocks (anhydrite, dolomite, limestone) and volcanic ones (tuff, tuff – aleurit, tuff – clay and rarely lava horizons). Opinion about the age of lower formation is expressed on the lithological, petrographic and micro-paleontological data and regional correlation of this series, which were discovered in many boreholes in the Predobrogian depression.

Rezumat

În partea de sud-vest a Republicii Moldova și cea vestică a regiunii Odesa (Ucraina), ori mai precis, în sudul Basarabiei, un loc deosebit de important din punct de vedere geocronologic îl ocupă formațiunile sedimentare și magmatogene descoperite de numeroase sonde adânci săpate în a.a.1960-1980 al secolului trecut. Conform componenței substanțiale și condițiilor de sedimentare, complexul magmatogen sedimentar noi îl divizăm în trei serii – inferioară, medie și superioară. Seria inferioară reunește rocile detritice grosiere pestrițe la culoare și mai rar cele de culoare cenușie reprezentate prin gravelite și gresii cu intercalații de argilite și aleurolite. Seria mediană este constituită totalmente din roci magmatogene – pânze și curgeri de roci efuzive cu componența chimică acidă și medie, precum și tufurile lor. Seria superioară din punct de vedere litologic este mai diversată și încadrează roci terigene (gresii, aleurolite, argilite), roci hemogene (anhidrite, dolomite, calcare) și roci vulcanice (tufite, tufoaleurolite, tufoargilite și, mai rar, pânze de lave acidice). În lucrarea prezentată se expune opinia privind vârsta formațiunii inferioare bazată pe cercetările litologice, petrografice micropaleontologice și corelarea regională a acestei serii descoperită de multiple sond situate în depresiunea Predobrogeană.

На территории южной части Днестровско-Прутского междуречья широко развит мощный комплекс осадочных красноцветных, сероцветных лагунно-континентальных и магматических образований, венчающих разрезы верхнего палеозоя. По вещественному составу и условиям образования весь этот комплекс подразделяется на три серии.

Нижняя серия объединяет грубообломочные красноцветные и значительно реже сероцветные породы, гравелиты и песчаники с подчиненными прослоями аргиллитов и алевролитов. По вещественному составу все эти породы

полимиктовые и в соответствии с классификацией В.Д.Шутова (1972) должны быть отнесены к грауваккам.

Средняя серия представлена исключительно вулканогенными породами. Это, главным образом, потоки и покровы лав основного, кислого и среднего состава, а также их туфы.

Верхняя серия более разнообразна по составу и объединяет терригенные (песчаники, алевролиты, аргиллиты), хемогенные (ангидриты, доломиты, известняки), а также очень часто вулканиды (туффиты, туфоаргиллиты, туфоалевролиты и отдельные потоки лав, главным образом кислого состава). Формирование отложений верхней серии происходило в мелководных, осолоненных бассейнах лагунного типа в условиях аридного климата, при участии продуктов наземного и подводного вулканизма. Отсутствие грубообломочного материала в терригенных породах этой серии свидетельствует о слабо расчлененном рельефе прилегающей суши во время осадконакопления.

По данным определений споро-пыльцевых комплексов, обнаруженных в аргиллитах и алевролитах, все породы верхней вулканогенно-хемогенно-терригенной серии по возрасту отнесены к перми.

Проблемой, посвященной изучению красноцветных и сероцветных осадочных и вулканогенно-осадочных образований верхнего палеозоя, занимались многие исследователи [2, 4, 5, 7, 8]. Тем не менее, очень важные вопросы, связанные с расчленением, корреляцией, стратиграфическим положением и возрастом этих отложений, так и остались не решенными. Особенно много споров вызывает вопрос о положении в разрезе и возрасте красноцветных грубообломочных пород континентального происхождения нижней серии, относимых к грауваккам.

Согласно имеющемуся фактическому материалу породы граувакковой серии выполняют узкие, глубокие, разобщенные грабенообразные впадины, ограниченные глубинными разломами. Эти разобщенные структуры более мелкого ранга являются частями крупного авлакогена, палеорифта [2] субширотного простирания, ограниченного с севера глубинным разломом, имеющего простирание с северо-запада на юго-восток по направлению г.Леово – Сарата – Аккерман (ныне Белгород-Днестровский). Данный разлом одновременно является юго-западной и западной границей Восточно-Европейской платформы.

Южная граница Преддобруджского прогиба также имеет тектонический характер и трассируется также с северо-запада на юго-восток по направлению село Валены – южнее г.Измаил и далее по рукаву Святого Георгия реки Дунай.

К западу, на территорию Румынии, в сторону меридиональных Карпат, описанный разлом соединяется с глубинным разломом Тротуш, составляя одно целое, поэтому предлагается назвать его разлом Тротуш-Святой Георгий. На территории юга Днестровско-Прутского междуречья за этим разломом располагаются складчатые структуры Северной Добруджи (рис.1).

В западной части региона располагается Алуатский грабен (рис.1), который простирается далее на запад в пределах территории СРР. Со всех сторон Алуатский грабен ограничен субширотными и субмеридиональными разломами, амплитуда которых составляет по данным бурения не менее 2,0 км. Кристаллическое основание данной структуры не вскрыто, однако, судя по разрезам скважин, вскрывших палеозойские отложения (8-Р с.Каег, 106-Р с.Софиевка, 101-Р, 102-Р с.Алуат, 25-Р с.Киселия, 27-Р с.Готешты, 30-34-Р с.Баурчи и др.), а также

материалам геофизики (КМПВ) можно предполагать, что поверхность байкальского фундамента имеет сложную морфологию и залегает на глубинах 9,0 км и более. Мощность же пород граувакковой серии в Алуатском грабене вероятно превышает 1500 м (скв.102-Р).

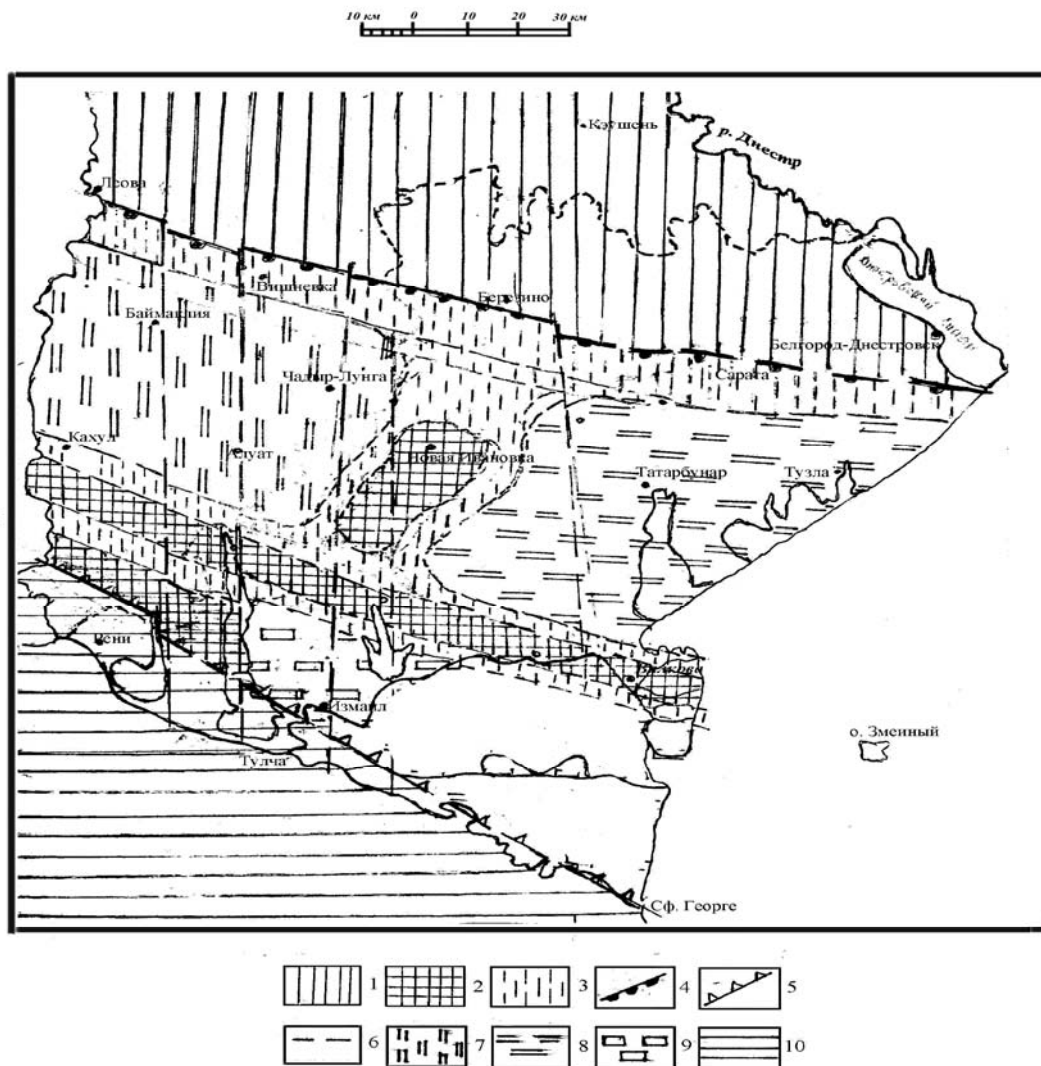


Рис.1 Схема тектонического районирования в домезозойское время.

Структурно-тектонические эпохи:

- 1 – Карельской консолидации;
- 2 – ассинтской (байкальской консолидации);
- 3 – Каледонской консолидации.

Глубинные разломы:

- 4 – Леова-Белгород-Днестровский – северная граница Преддобруджского прогиба;
- 5 – Тротуш – Сфынтул Георге – северная граница Преддобруджского прогиба;
- 6 – другие тектонические нарушения;
- 7 – Алуатский грабен; 8 – Сарато-Тузловский грабен;
- 9 – Нижне-Дунайский грабен (северо-западное окончание);
- 10 – складчатые сооружения Северной Добруджи.

В восточной, Приднестровской части междуречья материалами глубокого бурения и геофизики о контуре Саратско-Тузловская грабенообразная впадина, которая по своим размерам больше Алуатского грабена. Кроме того, в Саратско-Тузловском грабене несколькими скважинами (1-Р с.Плахтеевка, 3-Р с.Новая Ивановка, 4-Р с.Суворово, 6-Р с.Колесное, 1-Р с.Лиманское и 1-Р с.Широкое) вскрыты породы байкальского фундамента, который перекрывается вендскими и более молодыми отложениями. Имеющийся фактический материал показывает, что наиболее прогнутый участок Саратско-Тузловского грабена расположен в его западной части в районе сел Виноградовка (скв.381, 382), Татарбунары (скв.1-Р) и Фурмановка (скв.1-Р).

Описанные грабены отделяются друг от друга поперечным Ореховско-Суворовским горстом, сложенным дислоцированными слабометаморфизованными образованиями венда [3, 6].

Как в Алуатском, так и в Саратско-Тузловском грабенах, породы граувакковой серии трансгрессивно залегают на различных стратиграфических горизонтах карбонатного комплекса среднего и верхнего девона, а также нижнего карбона. Максимальные мощности рассматриваемых образований наблюдаются в осевых частях вышеуказанных впадин (более 1500 м к западу и до 700-1000 м к юго-востоку и востоку от Ореховско-Суворовского горста). Характерно резкое сокращение мощностей пород граувакковой серии по направлению к периферийным участкам этих впадин.

В литологическом отношении отложения граувакковой серии как в Алуатском так и в Саратско-Тузловском грабенах почти однотипны. Они представлены исключительно терригенными породами: конгломератами, гравелитами, песчаниками, аргиллитами и алевролитами (рис. 2,3).

Конгломераты и гравелиты чаще всего встречаются в нижних, а песчаники, аргиллиты и алевролиты – в верхних частях разрезов рассматриваемой серии. Следует отметить, что конгломераты, развитые в Саратско-Тузловском грабене, отличаются большим количеством и большими размерами обломков карбонатных пород раннекаменноугольного и девонского возраста (известняков и доломитов). В Алуатском грабене крупные обломки этих пород наблюдаются также в низах разрезов, но лишь на ограниченных участках. Таков, например, участок, расположенный в южной части грабена в окрестностях населенных пунктов Алуат и Кирилловка.

Окраска пород граувакковой серии самая разнообразная – красновато-бурая, обусловленная, главным образом, присутствием достаточно большого количества окислов и гидроокислов железа, серая со слабым розовато-буроватым оттенком, голубовато-розовато- и зеленовато-серая. Разновидности пород серого и темно-серого цвета встречаются сравнительно редко. Окраска их обусловлена присутствием углефицированных растительных остатков, а изредка и тонкорассеянного пирита. В некоторых песчаниках и алевролитах, распространенных в Саратско-Тузловском грабене, отмечается большая примесь листочков зеленовато-черного биотита. Содержание последнего местами настолько велико, что такие породы можно было бы называть микалитами. Следует отметить, что аргиллиты и алевролиты в составе граувакковой серии имеют подчиненное значение и, как правило, чаще всего встречаются в верхних частях ее. Все породы граувакковой серии массивные или слоистые с различными типами горизонтальной, косой и косо волнистой слоистости.

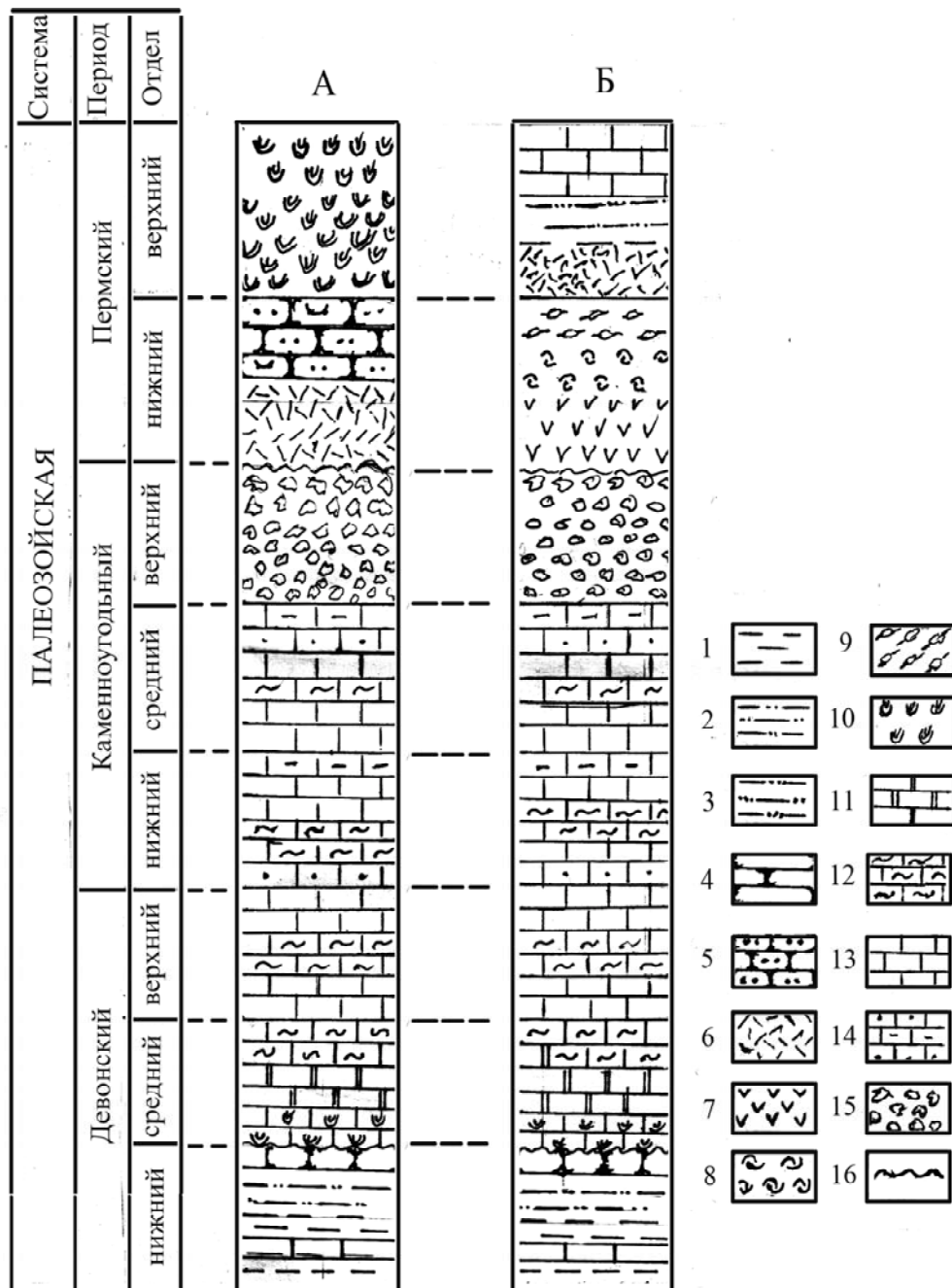


Рис. 2. Сводный геологический разрез Алуатского (А) и Сарато-Тузловского (Б) грабенов

1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – туфоалевролиты; 4 – песчаники; 5 – туфопесчаники; 6 – туффиты; 7 – базальты; 8 – андезиты; 9 – дациты; 10 – ангидриты; 11 – доломиты; 12 – доломитизированные известняки; 13 – известняки; 14 – известняки с примесью терригенного материала; 15 – грауваки; 16 – перерыв в осадконакоплении.

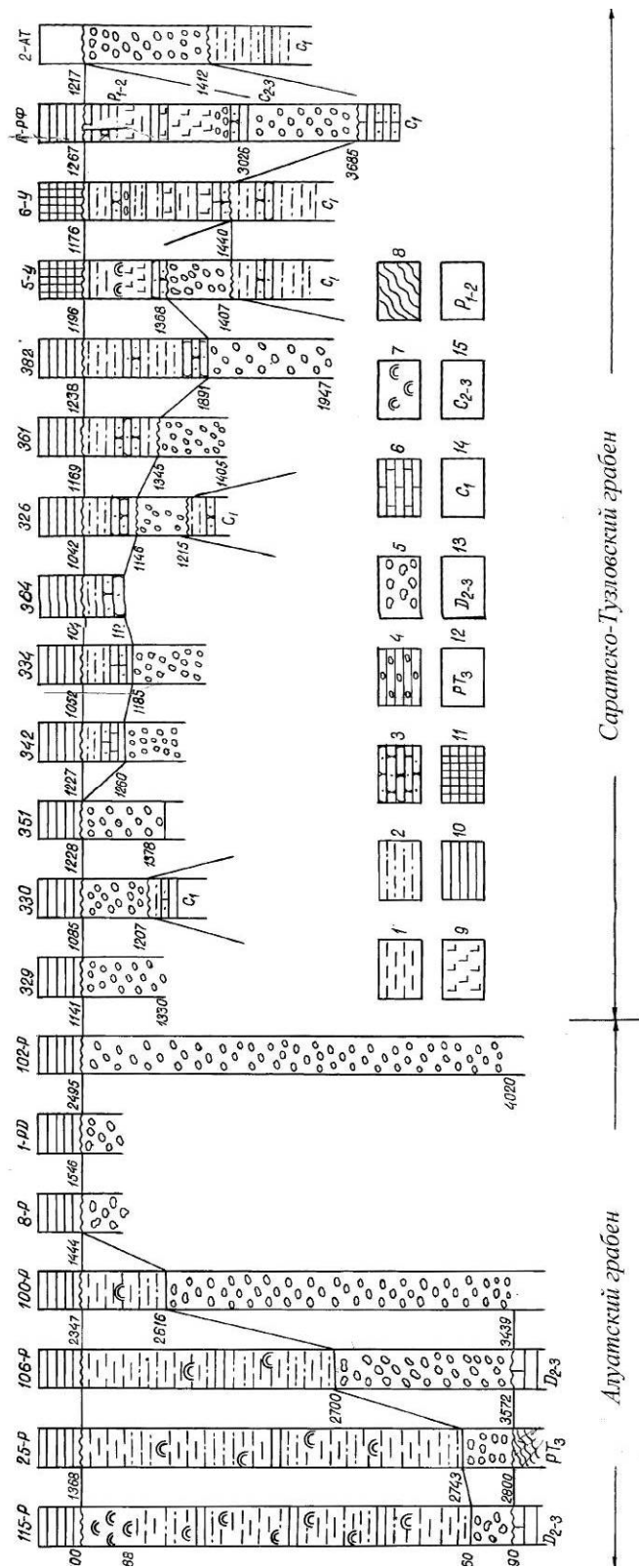


Рис.3 скважины вскрывшие нижнюю граувакковую серию.
 1-аргиллиты; 2-алевролиты; 3-песчаники разнозернистые; 4-песчаники разнозернистые; 5-граувакки; 6-известняки;
 7-ангидриты; 8-аргиллиты слюдистые; 9-эффузивные породы; 10-перекрывающие образования юрского возраста;
 11-перекрывающие образования мелового возраста; 12-верхний девон-карбонатный; 13-девон средний, верхний;
 14-карбон нижний; 15-карбон средний, верхний; 16-пермский.

Обломки пород в конгломератах и гравелитах чаще всего достаточно хорошо окатаны, но некоторые из них имеют и квадратную форму. Размеры обломков колеблются в широких пределах: от долей миллиметров до 1-2 и даже до 5-10 см в поперечнике. Среди них по вещественному составу различаются: обломки карбонатных, кремнистых и эффузивных пород, кварцитовидных песчаников, красноцветных аргиллитов, алевролитов и песчаников, а также зерна кварца, полевых шпатов, листочки слюд.

Обломки карбонатных пород представлены серовато-желтыми, желтовато-бурыми, серыми, темно-серыми известняками и доломитами, обладающими различными текстурно-структурными особенностями.

Под микроскопом, по нашим наблюдениям и по данным В.М.Бобринского [5] среди обломков известняков наблюдаются разновидности органогенно-детритовые, пелитоморфные и оолитовые.

Органогенно-детритовые известняки сложены фрагментами и целыми мелкими раковинами фораминифер и остракод, сцементированными пелитоморфным кальцитом. Цементирующая масса представлена мельчайшими кристаллическими индивидами кальцита размером до 0,01 мм и затронута процессами перекристаллизации. Вследствие этого в ней появляются участки неправильной формы, в которых отдельные лапчатые кристаллы кальцита отличаются значительно более крупными размерами (до 0,5-1,0 мм в поперечнике). Обломки оолитовых известняков встречаются значительно реже и сложены мелкими 0,1-0,2 мм оолитами с радиально-лучистым и концентрическим строением, среди которых присутствуют мелкие комочки пелитоморфного карбоната размером до 0,1-0,5 мм в поперечнике. Также как и в коренном залегании обломки известняков подвергнуты интенсивным процессам окремнения. Этим, в частности, и объясняется присутствие большого количества обломков известняков, почти нацело замощенных вторичным халцедоном и микрокристаллическим кварцем. Следует, однако предполагать, что по крайней мере небольшая часть таких обломков может представлять окремненные эффузивные породы кислого состава.

Обломки доломитов обладают желтовато-серой окраской и встречаются значительно реже обломков известняков. Под микроскопом они состоят из мелких до 0,1-0,2 мм хорошо огранных ромбоэдров доломита, промежутки между которыми выполнены либо тонкочешуйчатыми агрегатами глинистых минералов, либо пелитоморфной карбонатной массой. Появление обломков доломитов в подавляющем большинстве случаев следует связывать с размывом пород средне и верхнедевонского возраста.

Обломки кремнистых пород характеризуются красновато-желтой, темно-серой, зеленовато-серой, серовато-желтой и черной окраской. Под микроскопом видно, что они сложены халцедоном, нередко радиально лучистого строения и микрокристаллическим кварцем. Некоторые из них содержат включения пелитоморфного кальцита и обладают реликтовой биогенной структурой. Обломки подобного состава попали в осадок за счет размыва окремненных карбонатных пород, о чем упоминалось выше. Яшмовидные кремнистые образования отличаются буроватым цветом из-за присутствия примесей гематита. Халцедон в них встречается редко, а пороодообразующим компонентом является

крупнокристаллический кварц. Некоторые обломки кремнистых пород по структуре сходны с афировыми фельзитами, но в них отсутствуют полевые шпаты.

Обломки кварцитовидных песчаников размером от 0,8 до 1,5 мм в поперечнике обладают конформными структурами и характеризуются присутствием регенерационного кварцевого цемента. Вероятно такие обломки в граувакковых породах образовались за счет разрушения и размыва красноцветных песчаников раннедевонского возраста, развитых в районе с.с.Валя Пержей, Еникиой и в пределах Нижнего Припутья.

Обломки аргиллитов сложены тонкочешуйчатой низкодвупреломляющей гидрослюдой. Чешуйки этого минерала ориентированы параллельно слоистости.

Обломки красноцветных алевролитов имеют уплощенную форму, сравнительно хорошо окатаны, длина их колеблется от долей мм до 0,1 см, а ширина составляет не более 0,3-0,5 см. Они пронизаны тонкими прожилочками кальцита и сильно обогащены окислами и гидроокислами железа. Под микроскопом видно, что эти породы сложены остроугольными и угловатоокатанными зернами кварца размером 0,03-0,1 мм. Цементированными тонкочешуйчатыми агрегатами гидрослюдисто-хлоритового состава, пропитанными окислами и гидроокислами железа. Наиболее вероятным источником для их образования явились породы раннедевонского возраста.

Обломки эффузивных пород угловатые, размером от 1,5 мм до 10,0 см представлены андезитовыми и андезито-дацитовыми порфиритами с полевыми шпатами, замещенными скорее всего каолинитом. Встречаются обломки эффузивов с разложенными и нацело измененными вкрапленниками биотита и роговой обманки.

Обломочные зерна кварца размером от 0,5 до 1,0 мм обладают хорошей и умеренной степенью окатанности и часто корродируются цементирующей массой. Среди полевых шпатов встречаются щелочные и калиево-натровые разновидности. Калиевые полевые шпаты представлены преимущественно ортоклазом со структурами распада твердых растворов, плагиоклазом – чаще всего альбитом.

Цемент песчаников, гравелитов, конгломератов и алевролитов полимиктовый: первично-осадочный, глинистый с примесью окислов железа и вторичный – кварцево-регенерационный и пойкилитовый карбонатный.

По данным В.М.Бобринского [5] глинистая составляющая в песчаниках и алевролитах граувакковой серии представлена гидрослюдой с примесью каолинита.

Количественные соотношения обломков в составе обломочной составляющей граувакковой серии (в песчаниках, гравелитах и конгломератах) колеблются в следующих пределах: кварц – 8-55%, полевые шпаты – 0-2%, кремнистые породы 12-24%, эффузивы – 1-17%, песчаники и алевролиты – 0-18%, известняки – 0-54%, красноцветные породы – 0-3%. Следует еще раз подчеркнуть, что обломки карбонатных пород (известняки) чаще всего встречаются в низах граувакковой серии.

В обломках известняков из граувакковой серии различными исследователями в разное время были определены многочисленные фораминиферы, а также споро-пыльцевые комплексы, характерные для различных горизонтов турнейского и визейского ярусов Московской синеклизы, Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса.

Так в 1962-1964 гг. Е. Рейтлингер, исследовавшая шлифы пород, вскрытых скважиной 8-Р (с.Кает), расположенной в пределах Алуатского грабена, в интервалах 1705-1708 и 1710-1713 м определила следующий комплекс фораминифер: *Hyperammina vulgaris* Raus. et Reitl., *H.vulgaris* var. *Minor* Raus. et Reitl., *Plectogyra similis* Raus. et Reitl., *Pl. prisca* Raus. et Reitl., *Pl. exilis* Raus., *Ammodiscus pricus* Raus., *Am. cf. diadema* Brash., *Globoendothyra* sp., *Gl. Paula* Viss., *Endothira* cf. *paraparva* Gan., *Modiocris* sp., *Eostaffella* sp., *Pseudoendothyra* sp., *Archaeodiscus krestovnikovi* var. *pussillus* Raus., *Arch. kavieri* var. *nanus* Raus., *Arch. cf. brazhnicov*: *Parathuramina ex.gr. cushmani* Sul., *Plectogyra ex.gr. tuberculata* Lip., *Plectogyra ex.gr. inflaxa* Lip., *Archaeodiscus cf. fragilis*.

По мнению Е.А.Рейтлингер комплекс фауны позволяет датировать возраст обломков пород, слагающих граувакковую серию от фаменского яруса верхнего девона до визейского и башкирского ярусов нижнего и среднего карбона.

Кроме того, примерно в то же время, Л.П.Гроздилова в обломках известняков рассматриваемой серии в скважине 1-РД (в интервале 1748,3-1749,1 м) определила микрофауну: *Pseudoendothzra* cf. *spectata* Dutkina; *Earlandia ex.gr. vulgaris* Raus. et Reitl., *Earlandia Endothzranopsis* cf. *crasus* var. *substratica* Dutkina; *Endothzranopsis* sp., которая по ее мнению свидетельствует о визейском возрасте известняков, подвергшихся размыву.

Позже, в скважине 100-Р, пробуренной в окрестностях с.Алуат, в интервалах 2793-2795 м и 2911-2913 м В.А.Погребняк, в обломках органогенно-детритовых известняков, обнаружила редкие фораминиферы: *Glomospira* sp., *Earlandia* sp., *Palaesnobicularis uniserialis* Reitl. *Tuberitina maljavkini* Mikh., широкого вертикального распространения, но не древнее средней части визейского яруса нижнего карбона (бобриковский горизонт унифицированной схемы нижнекаменноугольных отложений Русской платформы или аналогов зоны C_1^{VC} Донбасса).

В 1976 г. Е.А.Рейтлингер в обломках известняков из гравелитов и конгломератов базальной части граувакковой серии, вскрытых скважиной 106-Р в интервале 3247-3248 м определила визейские фораминиферы плохой сохранности: *Tetrataxis* sp., *Archaeodiscus* sp.

В пределах Саратовско-Тузловского грабена, где в граувакковой серии обломки известняков встречаются чаще и отличаются более крупными размерами, также были найдены многочисленные фораминиферы и другие органические остатки. Здесь различными исследователями изучалась микрофауна и споро-пыльцевые комплексы, в результате чего можно судить не только о возрасте отложений, подвергающихся размыву, но и в некоторой степени и о возрасте самой граувакковой серии.

Так в разрезе скважины 323 (окрестности с.Колесное, интервал 1191-1193 м и 1207,7-1208,7 м) М.А.Калмыкова определила обильный комплекс прекрасно сохранившихся визейских фораминифер: *Plectogzra bradui* (Mikh.), *Globoendothira ex.gr.globulus* (Eichv.), *Endothironopsis ex.gr. umbonata gnelina*; *Tubritina collosa* Reitl., *Tetrataxis ex.gr. digna* Grozd. et Leb., *Archaeodiscus karreri* Bradi.

В скважине 361, пробуренной на Татарбунарской площади в интервале 1344-1359 м В.А.Погребняк обнаружила сообщество фораминифер, характерное для верхней части визейского яруса, окского надгоризонта унифицированной схемы нижнекаменноугольных отложений Востчно-Европейской платформы, а

именно михайловского горизонта, или аналогов подзоны C_1^{VF} Донбасса. Оно представлено следующими видами: *Pseudoendothyra* sp. с четкой диафанотской в структуре стенки *Modiocris* Viss., *M. brovicula* Can., *Eostaffella* ex.gr. *proiconsis* Raus., *Eost.* ex.gr. *mosquensis* Viss., *Endostaffella* ex.gr. *parva* (Moel.), *Archaediscus* ex.gr. *intiharius* Schlyk., *Archaesphaera* sp., *Earlandia* cg. *vulgaris* (Raus.), *Tubritina maljavkina* Mich.

На Саратовской площади в конгломератах граувакковой серии, вскрытых скважиной 351 в интервалах 1261-1269 м и 1277-1289 м и содержащих крупные обломки перекристаллизованных известняков с остатками остракод, криноидей и брахиопод, определен богатый комплекс фораминифер: *Mediocris mediocris* Viss., *Eostaffella* ex.gr. *mosquensis* Viss., *Endothyranopsis staffelliformis* (Thern.), *Endothyra pucala* Brazhn. et Pot., *Endothyronopsis compressa* Raus et Reitl., *Earlandia vulgaris* (Raus.), *Lituotubella* sp., *Ammodiscus* sp., *Archaesphaera* sp., *Tubritina maljavkini* Mich., *Tetrataxis regularis* Brazhn., *Archaediscus itinerarius* Schlyk., *Arch.krestovnikovi* Saus., *Arch. Volgurensis* Grozd et Leb., *Planarchaediscus* cf. *spirillinoides* Raus., *Archaesphaera grandis* Lip., *Calcisphaera* sp., *Paraturamina suleimanovi* Lip., *Earlandia minima* (Bir.), *Chernyshinella glomiformis* Lip., который по мнению В.А.Погребняк характерен для верхней части турнейского яруса (чернышинский горизонт) раннекаменноугольных отложений Восточно-Европейской платформы и соответственно для зон C_1^{tc} и C_1^{td} Донбасса, а также для отложений визейского возраста (Яснополянский горизонт той же платформы) и для зон C_1^{VC} – C_1^{ve} Донбасса.

Позже в 1972 г. на этой же площади в гальке известняков из конгломератов, вскрытых скважинами 329, 330, 342 и 344 М.В.Вдовенко установила ассоциацию фораминифер *Paleospiroplectamina tchernyshinensis* Lip., *Chernyshinella* sp., *Vaftuganella* sp., по возрасту сходную с черепетским комплексом Восточно-Европейской платформы.

Средне-поздневизейская ассоциация фораминифер обнаружена в обломках известняков из толщи конгломератов, вскрытых скважинами 330 и 334: *Earlandia vulgaris minor* (Raus.), *Brunsia irregularis* (Moell.), *Omphalotis* ex.gr. *omphalota minima* (Raus. et Reitl.), *Endothyranopsis* ex.gr. *compressa* (Raus. et Reitl.), *Globoendothyra* ex.gr. *globulus* (Eichv.), *Endostaffella* sp., *Planoarchaediscus spirillinoides* (Raus.), *Archaediscus* ex.gr. *itinerarius* Schlyk., *Pseudoendothyra* sp., *Eoparastoffella* sp.

В западной части Саратовско-Тузловского грабена конгломераты с обломками известняков прослежены скважиной 382 в интервале 1923-1934 м. Здесь Е.А.Рейтлингер (1976) в шлифах определила фораминиферы хорошей сохранности, представленные формами: *Earlandia vulgaris* Raus. et Reitl., *Eoparastaffella* ex.gr. *simplex* Vdov., *Endothronopsis convexus regularis* Raus., *Endothronopsis paraconvexa* Brash. et Rost., *Brunsia irregularis* (Moell.) *Archaediscus* cf. *krestovnikovi* Raus. Возраст обломков известняков по Е.А.Рейтлингер-визе, вероятно средняя часть (C_1^{vd} Донбасса) может быть частично тульский (Т1) горизонт.

Приведенные выше данные датируют лишь возраст обломков карбонатных пород, слагающих граувакковую серию, а время формирования самой этой серии до сих пор остается невыясненным. Этим объясняется тот факт, что одни исследователи относили ее в начале к триасу-лейасу (Бобринский, Иванчук, 1960), верхней перми – нижнему триасу [5], другие к пермо-карбону [7], третьи к среднему карбону [9].

Триас-лейасовый и позднепермский-раннетриасовый возраст граувакковой серии, развитой в пределах Припрутского грабена, должен быть отвергнут хотя бы потому, что в разрезах глубоких скважин (106-Р с.Софиевка, 25-Р с.Киселия и 115-Р с.Дойна) породы граувакковой серии явно несогласно перекрываются сульфатно-терригенными и вулканогенно-осадочными отложениями заведомо пермского возраста (рис.3). Здесь же рассматриваемая серия с резким стратиграфическим несогласием подстилается карбонатным комплексом среднего и верхнего девона, обломки пород которого участвуют в ее строении.

Восточнее Ореховско-Суворовского горста породы грауваккового состава встречены скважинами структурного бурения 381 и 382. В базальной части граувакковой серии помимо обломков известняков с визейской фауной найдена ископаемая флора *Mezocalamites cistiformis* (Stur.) likm; *Sphenophzllzm temortimum* (Eff) stur., *Asterocalamites scorbiculatus* (Schb) Zel. Эти данные позволили Г.А.Ищенко относить граувакковую серию к раннему карбону. Однако, учитывая то, что в скважине 2-Р (с.Тузлы) и 5-У аналогичные конгломераты с перерывом залегают на фаунистически доказанных терригенных породах намюрского яруса нижнего карбона, возраст самой граувакковой серии несомненно моложе и соответствует среднему и позднему карбону. Средне-позднекаменноугольный возраст граувакковой серии подтверждается и тем, что как и в Алуатском грабене, так и в Саратовско-Тузовском (скважины 5-У и 1-Р с.Фурмановка) она перекрывается терригенными, вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями также пермского возраста. Эта точка зрения не противоречит взглядам М.С.Шаповалова, который впервые отнес породы граувакковой серии к среднему карбону [9].

Таким образом, граувакковая серия, которой ранее присваивался широкий стратиграфический диапазон (карбон-пермь, пермь-нижняя юра) после проведенных исследований уверенно относится нами к среднему и верхнему карбону. Стратиграфические аналоги ее широко развиты в пределах Мизийской платформы, западнее г.Бухареста, а также на территории северо-восточной Болгарии и полностью отсутствуют на соседней Северной Добруджи.

Литература

1. Шутов В.Д. Граувакки. Труды ГИН АН СССР, вып.238. М. Наука, 1972, 345 с.
2. Друмя А.В., Макареску В.С., Няга В.И. Новые представления о тектонике юго-западной части Восточно-Европейской платформы. ДАН СССР, 1981, т.260, № 5, с. 1200-1204.
3. Аксенов Е.М., Букатчук П.Д., Друмя А.В., Няга В.И., Солонцов Л.Ф. О вендских отложениях Преддобруджского прогиба. ДАН СССР, 1974, 218, № 1, с. 163-166.
4. Бобринский В.М., Иванчук П.К. О возрасте толщи песчаников, представляющей юрские отложения. Изв.Мол.фил.АН СССР № 5 (71), 1960 с.
5. Бобринский В.М. Литостратиграфия пермо-триасовых отложений юга Молдавии. В кн.: Геолого-литологические исследования в Молдавской ССР. Кишинев. Штиинца. 1972, с. 53-107.
6. Няга В.И. Литолого-минералогическая характеристика разреза древних образований параметрической скважины 4Р и их стратиграфическое

- положение. В кн.: Геолого-литологические исследования в Молдавской ССР. Кишинев. Штиинца, 1972, с. 37-53.
7. Слюсарь Б.С., Няга В.И. О распространении и вероятном возрасте красноцветной серии Преддобруджского прогиба. Изв. АН МССР сер. физ. тех. и мат. наук, 1970, № 3, с. 70-75.
 8. Буш В.А., Гарецкий Р.Г., Иванов Ю.А., Кирюхин Л.Г. Структурно-формационные зоны нижнепермских образований северо-западной Европы, Геотектоника, № 1, 1973, с. 18-28.
 9. Шаповалов М.С. О возрасте красноцветных конгломератов западного Причерноморья. Изв. АН СССР, сер. геологии, 1967, № 12, с.121-123.

УДК 551.435.8 С27

Морару К.Е., Ботнару В.Б., Матвеева Е.Н.

**Геохимия четвертичных и неогеновых пород
северо-западной окраины Молдовы
(на примере разрезов гипсового карьера с. Крива)**

Rezumat

În baza datelor noi geologice și geochemice a fost caracterizată geochemia rocilor neogene din partea de nord – vest a Republicii Moldova, studiu realizat în baza secțiunilor din cariera de gips Criva. Metodologia cercetărilor științifice cuprinde prelucrarea materialelor retrospective din arhivele geologice, lucrări complexe pe teren și analize chimice în condiții de laborator. În carieră au fost selectate un șir de secțiuni geologice verticale și reprezentative. În total s-au colectat 12 probe de roci din trei nivele ale carierei și 22 probe din 5 profile verticale. Spectrul de elemente chimice determinate în roci include Sr (stronțiu, fotometrie în flacără), Fe total (fier, fotocolometrie), Cr (crom, absorbție atomică), Mn (mangan, absorbție atomică), Ni (nichel, absorbție atomică), Pb (plumb, absorbție atomică), Cd (cadmiu, absorbție atomică).

În carieră sunt descrise detaliat rocile neogene (miocen superior, sarmațianul superior și badenianul (torton)) și cuaternare. În unele locuri la baza carierei, se deschid rocile cretacului superior. Din punct de vedere stratigrafic și mineralogic, rocile dezvelite în carieră, au următoarele particularități. Cuaternarul este compus dintr-o varietate de strate mici de nisip, prundiș și sol argilo-nisipos, preponderent constituite din cuarț, feldspat cu impurități carbonatice.

Neogenul (de sus în jos) este constituit din argile, calcar și gips. Argilele sunt diverse atât după culoare cât și după compoziția mineralogică. Cele de culoare albastră închisă conțin fragmente de calcită, cuarț și plagioclaz. Alt tip de argile conțin litotamni (până la 70 - 90 % din masa totală), fiind asemănătoare cu calcarele argiloase. În unele locuri se întâlnesc strate de argile compuse din bentonită vulcanogenă. Calcarele homogene sînt preponderent carbonatice cu incluziuni de curț, plagioclază, pirită și celestină. Următorul este stratul de gips cristalin cu fragmente microscopice (până la 1 %) de cuarț, feldspat, opal, sticlă vulcanică și alte minerale. Gipsul constituie de la 82,84 până la 99,99 %.

Rezultatele analizelor chimice a rocilor cuaternar – neogene arată, că Fe se conține în concentrații de la 0,1 pînă la 161,7 g/kg, Mn 14,20 – 3230,0 mg/kg, Ni 3,6 – 31,50 mg/kg, Cr 2,96-31,50, Sr 57,0 – 7145,0 mg/kg, Cd 0,45 – 1,13 mg/kg și Pb 10,90 – 49,0 mg/kg. În rezultatul studiilor s-a depistat, că concentrațiile metalelor grele nu depășesc limita admisibilă din normativele sanitaro – igienice în vigoare în afară de stronțiu.

În partea superioară a stratului de gips este situată o fișie de calcare, care conține concentrații mari de Sr. Datele noastre arată, că Sr în aceste calcare variază de la 172,5 mg/kg pîna la 2746,0 mg/kg. Valoarea medie a Sr constituie 971,59 mg/kg cu deviația standard de 551,02 mg/kg. Pretutindeni concentrația de Sr crește funcțional în stratul de calcar în dependență de distanța de la stratul de gips. În gips conținutul de Sr este minimal.

Din punct de vedere a normativelor sanitaro – igienice concentrațiile metalelor grele nu sunt mai mari decît normativele admisibile în vigoare. Stronțiul formează anomalii geochemice, care au un caracter dispersiv și nu prezintă interes economic. Pentru minimizarea influenței stronțiului asupra mediului ambiant, calcarele ce conțin stronțiu sînt depozitate în straturi speciale din halde.

Резюме

На примере Кривского карьера опробована методика изучения геохимии неогеновых пород, которую можно интерполировать для изучения геохимии неогеновых пород не только Молдовы, но и сопредельных территорий Румынии и Украины.

В работе приводится подробная методика исследований, проводившихся в три этапа: 1) обобщение имеющихся опубликованных и архивных материалов по исследуемой территории; 2) полевые работы и 3) химико-аналитические определения.

Дана полная общая минералогическая характеристика разрезов карьера, приведена подробная геохимия тяжелых металлов (Fe, Mn, Ni, Cr, Cd, Pb, Sr). Отдельно тщательно изучен стронциевый карбонатный горизонт и его влияние на окружающую среду.

В работе также рассматриваются содержания тяжелых металлов в породах карьера с экологической точки зрения.

Введение

Геохимия пород неогенового возраста Молдовы изучена недостаточно и фрагментарно. Связано это с тем, что до недавнего времени детально изучались только породы более глубокого залегания в программе поисков нефти и газа. Многие годы тщательно исследовался минералогический состав и геохимические особенности пород мезозоя и палеозоя. Вместе с тем, в породах неогена заключены основные запасы питьевых подземных вод, и геохимические свойства водоносных горизонтов находятся в прямой связи с качеством воды.

На северо-западе территории Молдовы расположен крупнейший гипсовый карьер, который эксплуатируется с 1948 г. В этом карьере в природном состоянии отслеживается геологический разрез пород от современных отложений до нижнего сармата. Выбор нескольких вертикальных профилей для отбора геохимических проб был сделан с учетом их репрезентативности для всей территории северо-западной окраины Молдовы, а также прилегающих территорий Украины и Румынии.

Методика исследований

Работы по заданной тематике проводились в несколько этапов: 1) изучение опубликованной и фондовой литературы по проблеме и ее обобщение; 2) на территории Кривского гипсового карьера лабораторией гидрогеологии и инженерной геологии АН РМ проведены натурные полевые исследования по изучению литологического состава неогеновых пород, которые обнажаются несколькими уступами в самой карьере; 3) отбор проб воды и образцов горных пород, которые подверглись тщательному изучению в лабораторных условиях различными химико-аналитическими методами; 4) отдельно изучался «стронциевый» карбонатный горизонт на наличие повышенных содержаний стронция и его влияние на окружающую среду.

1) Обобщение данных из архивов

С целью обобщения имеющихся материалов по исследуемой территории и сбора новых данных изучались опубликованные и неопубликованные архивные источники, касающиеся вопросов геологии и геохимии северо-западной части Молдовы и гипсовых залежей Крива – Дрепкэуць (это единый геологический массив).

По данному вопросу обобщены практически все имеющиеся материалы из государственного геологического архива АГеоМ, фонда лаборатории гидрогеологии и

инженерной геологии Института геологии и сейсмологии АН РМ, Государственного Университета Молдовы и др.

Существенный вклад по вопросу геологии и гидрогеологии карстовой зоны Крива - Дрепкэуць внесли производственные отчеты АГеоМ. Эти работы, хотя и не лишены недостатков, содержат первичные данные о пробуренных скважинах, различные карты и разрезы, геологическое описание и много еще полезной профессиональной информации.

2) Полевые работы

Полевые работы проводились специализированными отрядами, состоящими в основном из сотрудников Института геологии и сейсмологии АН РМ. В связи с особенностями и спецификой каждого вида работ, учитывались методические последовательности и приемы.

Во время полевых работ на заданной территории проводился отбор образцов горных пород по уступам карьера для химико-аналитических определений. Пробы породы были отобраны в матерчатых и в полиэтиленовых мешочках и маркированы согласно общепринятым методикам.

В процессе полевых работ было отобрано: 12 проб породы на трех уступах карьера, а также из отвалов пород, для определения тяжелых металлов и 22 пробы породы по 5 профилям для изучения распределения стронция.

3) Химико-аналитические определения

Собранный материал в лабораторных условиях был доведен до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре, измельчен и пропущен через капроновое сито с отверстиями диаметром 1 - 2 мм. Пробу на анализ отбирали пластмассовым шпателем, предварительно перемешав почву на всю глубину пакета, высыпали на ровную поверхность, тщательно перемешивали и распределяли слоем толщиной не более 1 см. Проба на анализ отбиралась не менее чем из пяти мест. Из отобранных образцов почв и пород готовились кислотные вытяжки (азотной кислотой) [2], в которых в дальнейшем проводились определения химических элементов: стронция, железа, цинка, меди, марганца, никеля, хрома, кадмия и свинца.

Сведения о химико-аналитических работах обобщены в таблице 1.

Таблица 1.

Общая характеристика лабораторных химических определений

Определяющий компонент	Предел обнаружения, [мг/дм ³]	Метод определения
1. Стронций (Sr)	0,5	ГОСТ 23950-88, пламенная фотометрия
2. Железо (Fe)	0,05	ГОСТ 4011-72, п. 2, фотоколориметрия
3. Хром (Cr)		Унифицированные методы исследования качества вод, М., 1987, т. 2, стр. 118, атомно-абсорбционная спектроскопия
4. Марганец (Mn)	0,005	Унифицированные методы исследования качества вод, М., 1987, т. 2, стр. 73, атомно-абсорбционная спектроскопия
5. Никель (Ni)	0,02	Унифицированные методы исследования качества вод, М., 1987, т. 2, стр. 94, атомно-абсорбционная спектроскопия
6. Свинец (Pb)	0,001	Унифицированные методы исследования качества вод, М., 1987, т. 2, стр. 106, атомно-абсорбционная спектроскопия
7. Кадмий (Cd)	0,001	Унифицированные методы исследования качества вод, М., 1987, т. 2, стр. 57, атомно-абсорбционная спектроскопия

Общая минералогическая характеристика разрезов карьера

Геохимия и минералогия пород Кривского карьера (рис. 1) тесно связана с геологическим строением горной разработки и стратиграфией пород.

Меловые отложения в карьере не вскрыты горными работами. Они встречаются в скважинах, пробуренных в долине руч. Гипсовый, на глубине 29,0 – 33,7 м. В 1976 г. на дне карьера были пробурены 2 скважины. Меловые породы были обнаружены на глубине 4,6 – 5,4 м. Во всех случаях породы представлены зеленовато-серыми мелкозернистыми песчаниками, переслаивающимися с глауконитовыми песчаниками, литотамниевыми известняками, конгломератами, мергелями с кремнистыми конкрециями. В этой литологической смеси преобладают песчаники. В нашем случае пески мелкозернистые и сцементированы глинистым материалом (зеленоватого цвета) с примесями известняка (серый цвет).



Рис. 1. Естественный геологический разрез гипсового карьера с. Крива.

Из-за отсутствия проб песчаника, отобранных непосредственно с территории карьера, их химический анализ не проводился. Тем не менее, с большой вероятностью можно констатировать, что преобладающими элементами являются кремний (Si) и кальций (Ca).

В незначительных количествах (в виде примесей) могут присутствовать железо и сера, за счет рассеянного пирита. В породе обнаружены сгустковый известняк, кварц, обломки кварц-халцедоновых образований и глауконит. Отмечаются прослои карбонатных глинистых сланцев тонкослоистого строения и раковины фораминифер.

Неогеновые отложения в карьере представлены Баденским (Тортонским) ярусом. Этот ярус сложен переслаиванием осадочных пород. Авторы [3] рассматривая каждую литологическую разновидность отдельно, установили, что мощности их широко варьируют. Так синие аргиллитоподобные глины имеют мощность от 2,0 до 11,9 м. Минералогический состав этих пород - это тонкопелитовая масса, сложенная точечными зернами кальцита и мельчайшими чешуйками глинистых минералов. Отмечаются зерна сульфидов, кварца, плагиоклаза и обломки спикул губок. Рентген-дифрактометрическим методом установлено, что пелитовый материал этих пород сложен гидрослюдой на 30 - 55%, монтмориллонитом на 10 - 30%, хлоритом на 5%, кварцем до 25% и кальцитом до 38%. Проведенные термические исследования этих пород позволяют сделать вывод, что эти породы значительно насыщены карбонатами и по своему составу приближаются к мергелям. В глинах иногда отмечаются прослои до 30,0 см чистого мергеля. Химическим анализом в этих глинах установлено содержание: SiO₂ - от 37,88 до 69,25%, CaO - от 3,92 до 21,58%, Al₂O₃ - от 10,72 до 12,24% и до 3% щелочей. В незначительных количествах присутствуют: окись магния (до 2,44%), трехокись железа (до 4,64%), до 2,89% серного ангидрида и незначительное количество титана и фосфора [3].

Глины с обломками литотамний имеют мощность от 1,4 до 8,8 м. Количество обломков в этих породах широко варьирует, иногда достигая до 70 - 90%. В этих случаях порода напоминает известковистый конгломерат или глинистый известняк. Также встречаются прослои глин, мощностью от 1,0 до 2,3 м, которые представляет собой вулканогенный бентонит темно-серого цвета. В породе содержатся до 60 - 70% монтмориллонита, до 15 - 20% кальцита, остальные 15 - 20% приходятся на долю кварца и гидрослюды [3].

Хемотропный известняк имеет переменную мощность от 0,2 до 4,25 м. Порода сложена пелитоморфным, иногда сгустковым карбонатом. Из включений встречаются кварц, плагиоклаз средний, пирит и мелкие кристаллики целестина. Спектральным анализом в известняках установлено высокое содержание стронция от 0,08 до 10% [3].

Гипсовая пластообразная залежь имеет мощность от 14,5 до 25,8 м. Верхняя часть залежи, как правило, представлена крупнокристаллическим гипсом. Мощность этой части от 0,5 до 10,5 м. Нижняя часть представлена тонкокристаллическим гипсом. Обычно у самой подошвы (1,0 - 1,5 м.) гипс тонко переслаивается с глиной. Микроскопически в гипсах устанавливается до 1% кальцита, отмечается присутствие кварца, целестина, халцедона и доломита.

При изучении нерастворимых осадков гипсов обнаружены: кварц, полевой шпат, рудный минерал, глобулярный опал, вулканическое стекло, изредка карбонат.

Отмечаются единичные зерна базальтической роговой обманки, циркона, монацита, эпидот-цоизита, граната, силлиманита, турмалина и возможно ортита.

Химическим анализом в породе установлено наличие гипса от 82,84 до 99,99%. Окись магния присутствует в количестве от 0,0 до 0,43%. Полуторные окислы практически отсутствуют.

Четвертичные отложения присутствуют по всему периметру карьера. Наиболее полный разрез этих отложений в карьере представляет следующее чередование слоев (снизу вверх):

1. *Песок разнотернистый с редкой (5 - 10%) галькой.* В нижней части слоя количество гальки увеличивается до 20 - 30%. Порода сильно обожжена. Галька мелкая (1 - 4 см), хорошо окатана. Мощность слоя 3,0 м;
2. *Галечник с песком.* Количество гальки достигает 40%. Мощность слоя 0,7 м;
3. *Песок серый, мелкозернистый.* Мощность 0,3 м;
4. *Галечник с песком.* Количество гальки до 50%. В основном галька мелкая (2-3 см), отдельные образцы достигают 5 - 7 см. Песок мелкозернистый, светло-желтого цвета. Мощность слоя 1,5 м.

Общая мощность песчано-гравийного горизонта 5,5 м. Иногда песчано-гравийные отложения представлены маломощными, часто переслаивающимися, прослоями песка и галечника с песком. Количество таких прослоев различно (максимально достигает 9).

Мощность аллювиальных отложений на участке месторождения весьма изменчива и колеблется в широких пределах (от 0,3 до 7,4 м).

Согласно данным авторов работы [3] четвертичные отложения характеризуются следующими особенностями. По гранулометрическому составу пески относятся к мелким, с модулем крупности 1,5. Пылеватые и глинистые частицы составляют около 5%. Основным недостатком этих песков является наличие в них комовой глины от 2,5 до 23,5%. По составу они принадлежат к кварц-полевошпатовым с карбонатными примесями.

Гравий месторождения представлен, в основном, фракциями 5 - 20 мм. Пески песчано-гравийных смесей относятся к крупнозернистым (модуль крупности 2,56 и полный остаток на сите – 0,63 – 43,7%). Как и в первом случае, песчано-гравийная смесь содержит комовую глину. Галька по составу кремневая, песчаниковая, яшмовая, реже известняковая и сланцевая. Обычно галька покрыта корочкой железистых окислов и имеет бурый цвет.

Песчано-гравийные породы перекрываются светло-желтыми, желтыми, темно-желтыми и буровато-желтыми или бурыми глинами. Иногда глины имеют зеленоватый оттенок и пятна гидроокислов железа. Породы обычно плотные, пластичные. Характерной особенностью четвертичных глин является наличие в них известковых конкреций. Особенно большое количество их обычно приурочено к нижним частям горизонта. Размер конкреций (дутиков) достигает 3 - 5 см.

Поверхность залегания глин неровная, волнистая. На определенных этапах развития глины подвергались размыву и мощность их, на некоторых участках, составляет не более 1,0 м, а в некоторых скважинах они вообще не встречены. Максимальная мощность глин составляет 19,2 – 20,5 м.

Минералогический состав глин изучался по пробам, отобранным из карьера. Глины обладают алевропелитовой структурой. Количество псаммитовых частиц

составляет 5 - 10%, до 10% алевритовых частиц, из них 2 – 3% кальцита и до 5% агрегатов гидроокислов железа. Иногда порода содержит тонкозернистый и конкреционно-пелитоморфный кальцит (20 - 25%), алеврит (20 - 25%) и пелит (50 - 60%). При микроскопическом описании порода определена как суглинок лессовидный, однако гранулометрический состав говорит о том, что эти бурые породы больше тяготеют к глинам. Возможно, что верхняя часть слоя просто загрязнена более крупным материалом.

Данные химического анализа представлены в таблице 2 [4].

Таблица 2.

Минералогический состав глин

SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	R ₂ O
63,58	3,82	1,73	11,02	4,65	0,61	0,04	0,07	3,01
68,63	4,41	1,90	13,04	4,31	0,65	0,05	0,13	3,58

Разрез четвертичных отложений венчают лессовидные суглинки светло-желтого, желтого и буроватого цветов. Это породы пористые, рыхловатые. Они почти всегда содержат остатки растительного детрита в виде небольших гнезд и нитевидных образований. В породе часто наблюдаются известковистые образования, представленные в виде стяжений белой рыхлой массы или мелких известковистых конкреций. Мощность суглинков на участке месторождения от 0,4 до 15,5 м, средние мощности - 4 - 9 м.

Растительный слой представлен черноземными малогумусными почвами средне- и тяжелосуглинистого типа. Мощность их колеблется от 0,3 до 1,3 м, средние мощности – 0,5 – 0,6 м. Максимальная мощность четвертичных отложений составляет 29,9 м.

Минералогический состав суглинков аналогичен составу вышеописанных глин. Здесь также установлено присутствие гидрослюда от 25 до 55%, монтмориллонита от 10 - 15 до 20 - 40%, хлорита до 5%, кварца до 20%, кальцита до 5 - 25%. Химический состав суглинков отличается от нижележащих глин несколько меньшим содержанием окиси магния (до 1,5%), трехокси алюминия (9,5%) и трехокси железа (3,5%).

Геохимия тяжелых металлов разрезов карьера

Комплекс пород баденского яруса и четвертичного возраста в пределах карьера был специально опробован для химического определения содержания тяжелых металлов. Результаты химических анализов представлены в таблице 3. Статистические параметры тяжелых металлов обобщены в таблице 4.

Анализ данных таб. 3 и 4 указывает на следующие геохимические особенности. Содержания металлов в породах варьируют в широких пределах (см. таб. 4 - значения *Минимум* и *Максимум*). В связи с этим, значения среднего для железа, марганца и стронция статистически являются ненадежными. Об этом свидетельствуют значения стандартного отклонения и коэффициента вариации. Также содержания этих элементов распределены не по нормальному закону, имея ассиметричную кривую распределения в области максимальных содержаний. Геохимический смысл, в таком случае, заключается в том, что накопление железа, марганца и стронция происходило в различных геологических условиях.

Таблица 3.

Результаты химического определения тяжелых металлов в породах Кривского карьера

Шифр пробы	Уступ	Расстояние от поверхности, м	Fe, г/кг	Mn, мг/кг	Ni, мг/кг	Cr, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг	Sr, мг/кг	Примечание
1G	1	2	11,20	351,00	22,20	17,00	0,68	20,00	128,50	суглинок
2G	1	5	17,90	601,00	28,20	30,00	0,56	20,00	214,50	суглинок глинистый
3G	2	3	23,50	601,00	37,80	31,50	0,45	29,00	212,50	слой песка
4G	2	7	13,10	3230,00	106,20	11,50	0,45	10,90	57,00	марганцевый песок
5G	2	6,5	19,60	479,00	82,60	14,40	1,02	29,00	1095,00	глина темно-серая
6G	3	4	161,70	520,00	125,00	2,96	0,90	27,20	214,00	песок с темными прослоями
7G	3	6	3,85	1248,00	27,10	11,50	1,13	23,60	329,00	стронциевые известняки
8G	3	6	5,00	582,00	96,80	14,40	0,68	36,40	636,00	стронциевые известняки
9G	3	0,5	36,00	329,00	61,40	15,50	1,13	49,00	7145,00	стронциевые известняки
10G	-	-	0,10	14,20	3,60	4,07	0,56	10,90	449,00	порошок гипса
11G	-	-	11,50	1061,00	57,40	15,50	0,68	27,20	415,00	породы отвала
12G	-	-	9,62	578,00	37,60	14,40	0,56	21,80	600,00	известняк из отвала

Таблица 4.

Статистические параметры тяжелых металлов

Параметр	Fe, г/кг	Mn, мг/кг	Ni, мг/кг	Cr, мг/кг	Sr, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг
Среднее	26,09	799,52	57,16	15,23	957,96	0,73	25,42
Ошибка среднего	12,64	239,51	10,95	2,45	568,37	0,07	3,02
Медиана	12,30	580,00	47,60	14,40	372,00	0,68	25,40
Мода	12,70	601,00	47,00	14,40	400,00	0,68	20,00
Стандартное отклонение	43,79	829,68	37,94	8,48	1968,87	0,25	10,47
Дисперсия	1917,60	688372,44	1439,48	71,92	3876466,07	0,06	109,58
Экцесс	10,51	7,75	-0,89	0,73	11,36	-1,07	1,41
Ассиметрия	3,17	2,62	0,49	0,75	3,34	0,64	0,77
Ширина интервала	161,60	3215,80	121,40	28,54	7088,00	0,68	38,10
Минимум	0,10	14,20	3,60	2,96	57,00	0,45	10,90
Максимум	161,70	3230,00	125,00	31,50	7145,00	1,13	49,00
Доверительный интервал (95.0%)	27,82	527,16	24,11	5,39	1250,96	0,16	6,65
Кoeff. вариации	0,60	0,96	1,50	1,79	0,48	2,92	2,42

Другие химические элементы (таб. 4), а именно никель, хром и свинец распределены близко к нормальному закону (небольшие значения эксцесса и асимметрии). В связи с этим фактом, значения среднего статистически надежны (коэфф. вариации больше 1,0). Эти данные позволяют предположить, что геохимические условия образования и накопления содержаний никеля, хрома, свинца одинаковы.

Существование различных геохимических механизмов накопления тяжелых металлов в породах карьера отражается на степени корреляционных связей между этими элементами (таб. 5). Если принять, что при $r < 0,5$ корреляция слабая, $0,5 < r < 0,75$ – средняя и $r > 0,75$ – высокая, то в нашем случае только между парами Fe – Ni, Cd – Pb, Cd – Sr и Pb – Sr существует средняя линейная корреляция.

Таблица 5.

Значения линейных коэффициентов корреляции (r)

Параметр	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Sr</i>
Fe	1						
Mn	-0,12	1					
Ni	0,59	0,40	1				
Cr	-0,34	-0,06	-0,32	1			
Cd	0,26	-0,24	0,17	-0,33	1		
Pb	0,19	-0,37	0,28	0,17	0,58	1	
Sr	0,04	-0,23	0,05	-0,01	0,55	0,75	1

Положительный знак корреляции указывает на тенденцию взаимовлияния этих элементов между собой по принципу прямой линейной зависимости (т.е. при увеличении концентрации одного элемента, соответственно растет содержание другого). Необходимо отметить, что это всего лишь линейная тенденция, т.к. в общем случае корреляция средняя. Например, если переводить средние коэффициенты корреляции (r) 0,55 – 0,75 (см. таб.5) в индекс корреляции (r^2), то значения (r^2) составляют интервал 0,3 – 0,56 или соответственно 30 – 56% из общего количества проб подчиняющихся линейной взаимосвязи. При (r^2) $< 0,5$ или $< 50\%$ в геохимии признаки линейной связи считаются случайными. Поэтому, в распределении тяжелых токсичных металлов в породах карьера нет четкой геохимической зависимости, кроме пары Pb – Sr.

С экологической точки зрения, содержания тяжелых металлов имеют следующие особенности (рис. 2). Для токсикологической и санитарно-гигиенической оценки содержания металлов в породах карьера использованы предельно-допустимые концентрации (ПДК) в почвах. Такая аппроксимация допустима при условии, что влияние горных пород на человека и среду происходит аналогично влиянию почвенного покрова (выветривание, формирование пыли и т.д.). Более того, породы, извлеченные из карьера, в результате переноса в отвал, превращаются в техногенные грунты.

Железо не имеет ограничения по величине ПДК. Как видно из рис. 2, содержание этого металла в пробах варьирует в пределах 0,0 – 40,0 мг/кг. Только проба 6G имеет аномальное содержание железа. Эта проба относится к тонким прослоям темного или ожелезненного песка. Такое явление в карьере имеет редкое распространение и не представляет экологической опасности.

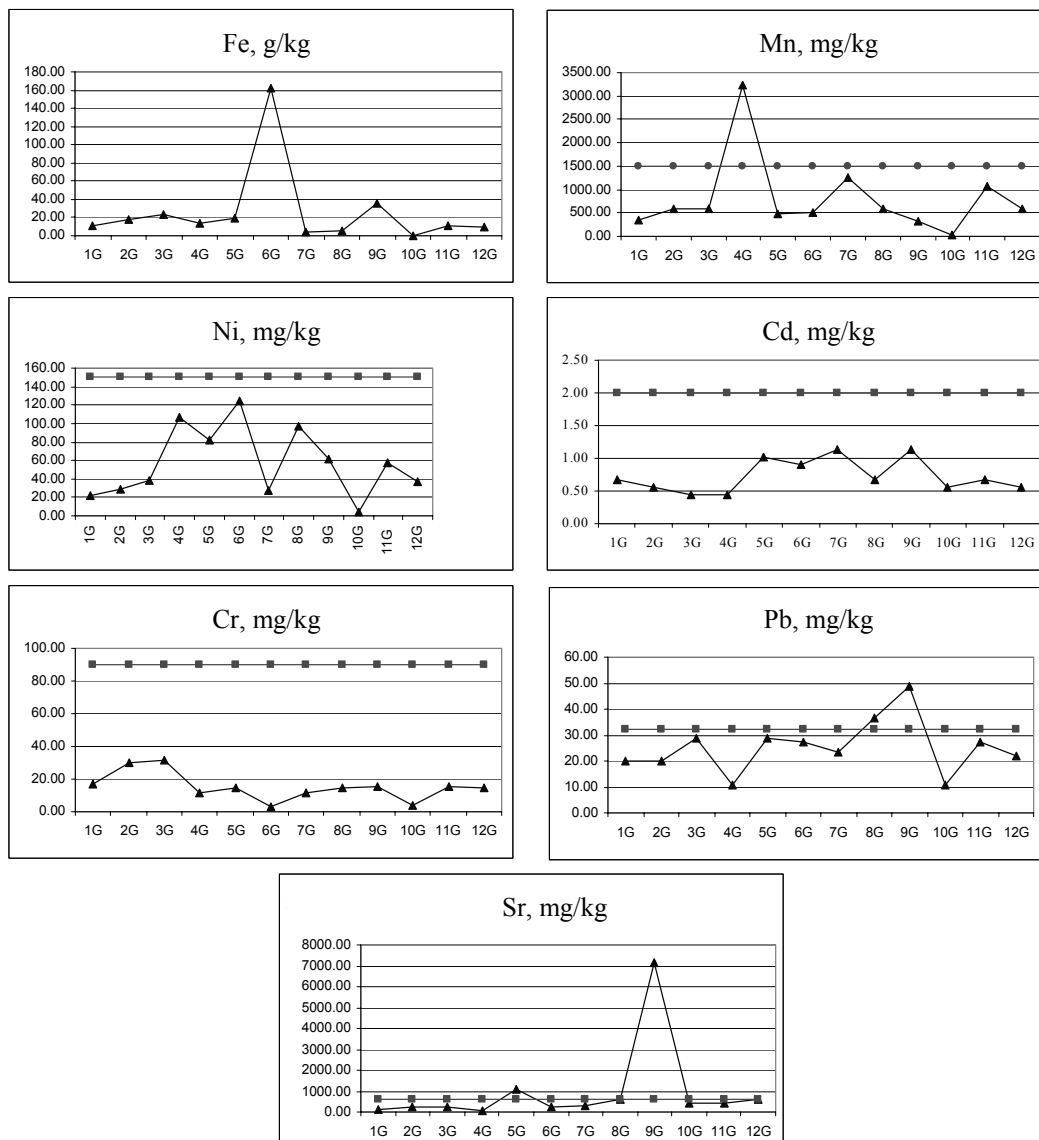


Рис. 2. Совмещенные графики содержания тяжелых металлов в породах карьера и предельно-допустимых концентраций (ПДК)

▲ — содержание металлов;
 ■ — ПДК.

ПДК марганца составляет 1500 мг/кг. Основные содержания этого элемента находятся ниже ПДК, за исключением пробы 4G, которая представляет марганцевый песок и в карьере последний залегают в виде редких «карманов» в основном пласте песка. Явление имеет редкое распространение и не представляет экологической опасности.

Содержания никеля, кадмия и хрома находятся ниже значений ПДК. Вариации этих металлов имеют только геохимический научный интерес.

Концентрации свинца изменяются в широком пределе и находятся близко к значениям ПДК. Две пробы 8G и 9G содержат свинца больше ПДК. Эти пробы отобраны из пласта стронциевых известняков, которые в карьере извлекаются и складываются по специальной технологии. В дальнейшем необходимы дополнительные, более детальные исследования геохимии свинца в этих породах.

Стронций в породах карьера распространен в рассеянном состоянии. В горизонте известняков («стронциевые»), залегающем непосредственно на промышленном массиве гипса, содержания этого элемента превышают ПДК во много раз. Этот пласт известняка, как было отмечено выше, по нормативам работы карьера складывается в отвалах по специальной технологии.

Стронциевый карбонатный горизонт

Карбонатные породы вскрыши представляют собой смесь хемогенных известняков, известняков глинистых и карбонатных глин. Они залегают непосредственно на массиве гипсовых пород (см. рис. 1). Мощность карбонатных пород изменчива и колеблется от 0,8 до 4,6 м. Карбонатные породы примечательны тем, что содержат высокие содержания стронция (Sr).

История исследования этого неоднозначного вопроса имеет следующие особенности. В 1975 г. для доразведки гипсового месторождения было пробурено 16 скважин с отбором керн из горизонта хемогенных известняков. Соответственно были проанализированы на стронций 16 проб. В большинстве анализов содержание стронция составляло 0,03 – 0,05% или 300 – 500 мг/кг. В трех скважинах (№ 222, 225 и 241) были обнаружены аномальные содержания стронция, соответственно в первой скважине 7 - 10% или 70 – 100 г/кг (на мощность 1,1 м), во второй – 2,5% или 25 г/кг (1,1 м) и в третьей – 1,5% или 15 г/кг (на 0,8 м) [3]. Отсутствуют сведения о методе аналитического определения стронция. Тем не менее, с большой вероятностью предполагается, что были использованы полуколичественные методы анализа. Это означает, что результаты определения стронция имеют вероятностный характер с большим размахом доверительных интервалов.

Рентген-структурный анализ установил в хемогенных известняках наличие целестина [3]. Химическая формула этого минерала – SrSO₄. Химический состав включает SrO до 56,4% и SO₃ до 43,6%. Иногда содержатся Ca и Ba в значительных количествах [1]. Целестин присутствует в толще хемогенных карбонатов в виде желваков и гнезд, т.е. не имеет сплошного распространения. Другой минерал, содержащий стронций – стронцианит (SrCO₃) встречается редко и рассеянно.

В 1990 г. вопрос о содержании стронция в хемогенных известняках был снова изучен [4]. Результаты спектрального анализа представлены в таблице 6.

Таблица 6.

Результаты спектрального определения стронция в известняках карьера

№	Дата проведения анализа	№ пробы	Sr, %	Sr, мг/кг
1	12.06.1990	1	0,0329	329,0
2	12.06.1990	2	0,0265	265,0
3	12.06.1990	3	0,0454	454,0
4	12.06.1990	4	0,0316	316,0

Среднее содержание стронция по данным таб. 3-5 составляет 341,0 мг/кг.

В рамках настоящих исследований были проведены специализированные геохимические исследования с целью выявления современного состояния распространения стронция в хемогенных известняках вскрыши карьера. Для этого были отобраны 22 репрезентативные пробы с юго-восточной действующей части карьера (таб. 7). Пробы объединены в 5-ти вертикальных профилях и 2-х отдельных точках опробования. Каждый профиль тщательно выбирался в полевых условиях. Как правило, карбонатные породы были недавно вскрыты карьерными работами, и процесс их выветривания практически исключен.

Химические анализы проводились по методике определения глобального содержания стронция в породах. Контрольные анализы и методика извлечения стронция из пород позволяют отметить, что в среднем из общего теоретически 100%-содержания стронция в породе, в раствор перешло около 85 - 90% химического стронция. Это хороший результат и соответствует мировым требованиям аналитических определений.

Таблица 7.

Результаты химических определений стронция в исследуемых горизонтах карьера

Шифр	Sr, мг/кг	Глубина отбора, м	Порода	Примечание
Sr 1	784,5	3,00	глина над карбонатным слоем	профиль 1
Sr 2	784,5	3,15	карбонатный слой	профиль 1
Sr 3	784,5	3,20	карбонатный слой	профиль 1
Sr 4	549,0	4,55	карбонатный слой	профиль 1
Sr 5	1962,0	4,95	карбонатный слой	профиль 1
Sr 6	2746,0	6,10	карбонатный слой над гипсами	профиль 1
Sr 7	863,0	6,20	гипс	профиль 1
Sr 8	784,5	0,30	карбонатный слой	профиль 2
Sr 9	980,5	0,40	контакт гипс-известняк	профиль 2
Sr 10	94,0	0,40	глина	профиль 3
Sr 11	26,9	2,50	песок	профиль 3
Sr 12	172,5	2,00	глина	профиль 4
Sr 13	588,5	2,30	карбонатный слой	профиль 4
Sr 14	980,5	3,40	карбонатный слой	профиль 4
Sr 15	588,5	6,00	карбонатный слой + гипс	профиль 4
Sr 16	1177,0	3,75	карбонатный слой над гипсами	отдельная точка
Sr 17	706,0	1,50	карбонатный слой	отдельная точка
Sr 18	782,5	0,20	глина	профиль 5
Sr 19	979,8	0,60	карбонатный слой	профиль 5
Sr 20	746,0	1,50	карбонатный слой	профиль 5
Sr 21	1373,0	3,00	карбонатный слой над гипсами	профиль 5
Sr 22	1099,0	3,10	карбонатный слой + гипс	профиль 5

Статистика содержания стронция представлена в таблице 8 и на рис. 3. Статистические показатели стронция в карбонатных породах показывают следующее. Среднее содержание статистически надежное, т.к. коэффициент вариации составляет 1,76; данные распределены не по нормальному закону, но близко к нему. Наиболее частые содержания стронция находятся в

интервале 500 – 1000 мг/кг. Значения стронция больше 1500 мг/кг являются геохимически аномальными. В экологическом отношении, выявленные содержания стронция больше ПДК (600 мг/кг) и фактически более 90% проб находятся за пределами ПДК. Превышение ПДК составляет 1,0 – 4,5 раза.

Повсеместно содержание стронция имеет хорошую тенденцию роста с приближением к гипсовому слою (рис. 4). На указанных графиках увеличение глубины отбора проб обозначает максимальное приближение к гипсовому слою или непосредственный контакт с ним. Примечательно, что непосредственно на контакте карбонаты – гипс содержание стронция резко убывает. Это видно из таб. 7: профиль 1 - проба Sr 7; профиль 4 - проба Sr 15 и профиль 5 - проба Sr 22.

В других карбонатных разностях слоя (глина, песок) содержание стронция на порядок меньше (см. таб. 7, пробы Sr-10, -11, -12). Видимо, это связано с геохимическими процессами образования целестина и его накопления. В глинах и песках целестин редко формирует отдельные скопления и чаще находиться в рассеянном состоянии.

Таблица 8.

Статистические параметры стронция в исследуемых породах карьера

Параметр	Значение (мг/кг)
Среднее	971,59
Ошибка среднего	123,21
Медиана	784,50
Мода	784,50
Стандартное отклонение	551,02
Дисперсия	303623,95
Эксцесс	5,39
Асимметрия	2,05
Интервал	2573,50
Минимум	172,50
Максимум	2746,00

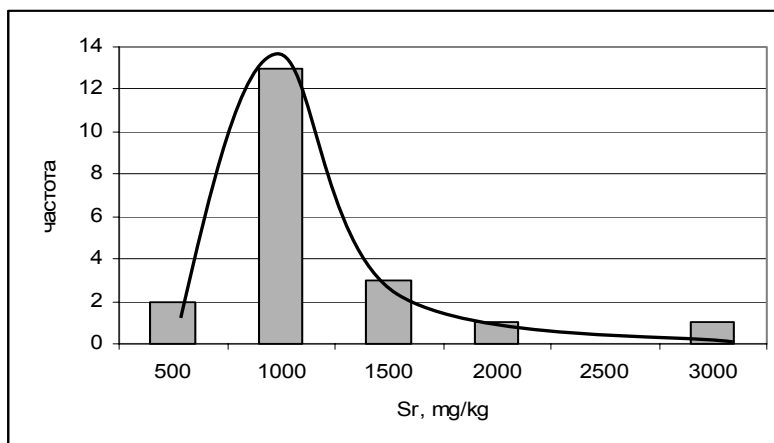


Рис. 3. Гистограмма и кривая распределения содержания стронция.

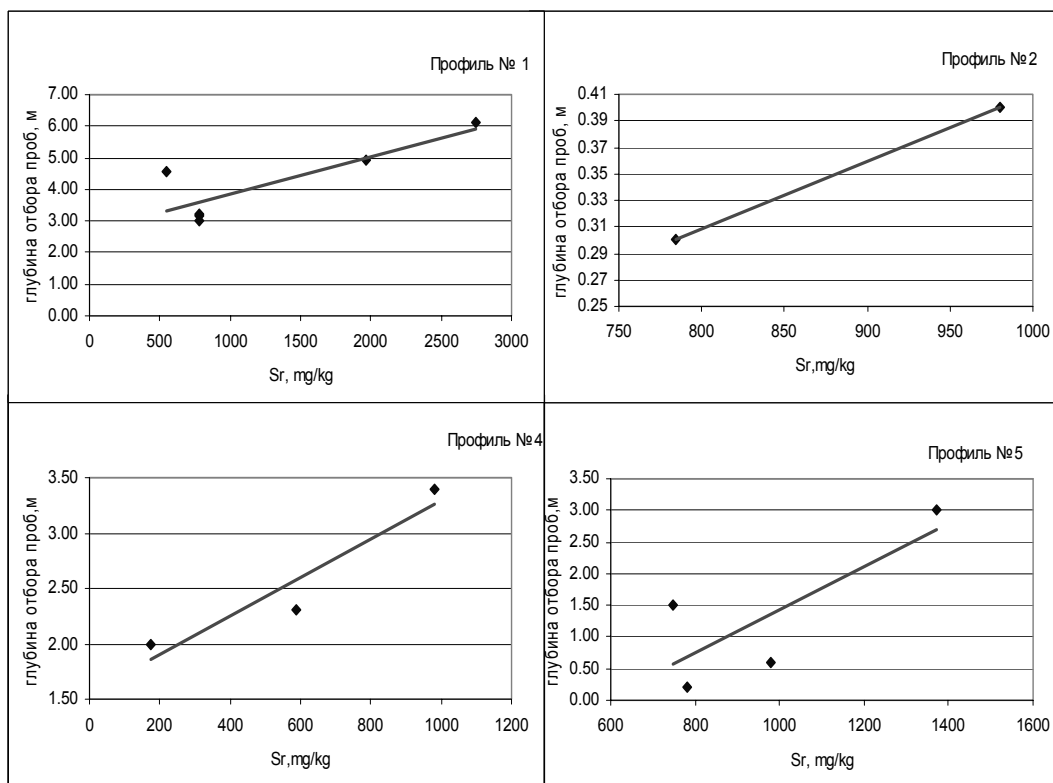


Рис. 4. Зависимость содержания стронция от глубины отбора проб в карьере

Новые данные о распределении стронция в карбонатных породах карьера отличны от предыдущих исследований и по нашему мнению являются наиболее объективными. Тем не менее, нами не отрицается факт существования отдельных «ураганных концентраций», но, скорее всего, их существование следует рассматривать как редкое явление. В целом, выявленные концентрации стронция промышленного значения не имеют. С экологической точки зрения, необходимо строго соблюдать технологию отдельного изъятия карбонатных пород и специального переотложения их в отвалах.

Обсуждение и выводы

Изучение геохимии пород карьера выявило, что из макрокомпонентов только сульфаты превышают существующие нормативы и это естественно, так как полезным ископаемым является гипс. С экологической точки зрения, содержания тяжелых металлов, в основном, не превышают ПДК. Железо не имеет ограничения по величине ПДК. Содержание этого металла в пробах варьирует в пределах 0,0 - 40,0 мг/кг. Только проба 6G имеет аномальное содержание железа. Эта проба относится к тонким прослоям темного или ожелезненного песка. Такое явление в карьере имеет редкое распространение и не представляет экологической опасности.

ПДК марганца составляет 1500 мг/кг. Основные содержания этого элемента ниже ПДК, за исключением пробы 4G, которая представляет марганцевый песок,

обнаруженный в карьере в виде редких «карманов» в основном пласте песка. Это явление имеет редкое распространение и не представляет экологической опасности.

Содержания никеля, кадмия и хрома находятся ниже значений ПДК. Вариации этих металлов имеют только геохимический научный интерес.

Концентрации свинца изменяются в широком пределе и находятся близко к значениям ПДК. Две пробы 8G и 9G содержат свинца больше ПДК. Эти пробы отобраны из пласта стронциевых известняков, которые в карьере извлекаются и складываются по специальной технологии. В дальнейшем необходимы дополнительные, более детальные исследования геохимии свинца в этих породах.

Стронций в породах карьера распространен в рассеянном состоянии. В горизонте известняков («стронциевые»), залегающем непосредственно на промышленном массиве гипса, содержания этого элемента превышают ПДК во много раз. Этот пласт известняка, как было отмечено выше, по нормативам работы карьера складывается в отвалах по специальной технологии.

В связи с тем, что геологические разрезы гипсового карьера с. Крива являются репрезентативными для четвертичных и неогеновых пород всей северо-западной части Молдовы, то выявленные особенности геохимии этих пород закономерно можно применить на всю территорию распространения последних на северо-западе Молдовы, а также на прилегающие района сопредельных Украины и Румынии.

Литература

1. Бетехтин А.Г. «Курс минералогии». - М., 1961.
2. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. - М., 1992.
3. Отчет о доразведке Кривского месторождения гипса. - Министерство строительства МССР, Комплексная геологоразведочная партия «Молдгеолстром» - Фонды АГеоМ, Молдова, Кишинэу, 1991.
4. Ткаченко В.Ф., Майбоженко Н.И., Мартьянова В.И. Отчет о гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях на Кривском месторождении гипса Бричанского района Молдавской ССР. – Фонды АГеоМ, Молдова, Кишинэу, 1976.

УДК 666.9.022.3:681.3

Болотин О.А., Самохвалов Н.И.

Возможность получения теплоизоляционного материала из плиоценовых глин Молдовы

Abstract

Both mineralogical and physicochemical properties have been examined for bentonites as raw for building materials. Clay swelling capacity at different burning temperatures has been explored. It has been found that chemical content of clay has impact on swelling capacity. Technological process diagram has been developed regarding expanded clay gravel production using Moldavian mineral raw.

Rezumatul

În articolul sunt examinate proprietățile mineralogice și fizico-chimice ale bentonitelor pentru utilizarea lor în producerea materialelor de construcție. Este cercetată capacitatea de expandare ale bentonitelor la diferite temperaturi de calcinare. Este notată influența al conținutului de bentonite asupra capacitatea de expandare. Este elaborată schema tehnologică de producere al prundiș de ceramzit din materie primă minerală din Moldova.

Резюме

Рассматриваются минералогические и физико-химические основы применения бентонитов для изготовления строительных материалов. Показано влияние вещественного состава глин на процесс их вспучивания при различных температурах обжига. Предложена технологическая схема получения керамзитового гравия на основе минерального сырья Молдовы.

Введение

Керамзит представляет собой искусственно полученный строительный материал, используемый главным образом для утепления полов, стен, крыш и других элементов постройки.

Качественный керамзит не всегда удается получить в производственных условиях из-за несоответствия физико-химической природы вспучивания сырья и технологии его обжига.

Сырьем для производства керамзита служат легкоплавкие глинистые породы, вспучивающиеся при обжиге. Керамзит представляет собой пористый гравиеподобный наполнитель, наиболее широко используемый в промышленности. Его зернам размером 5-40 мм характерны округлая форма, шероховатая поверхность, равномерное распределение закрытых пор в стекловатой массе. Размер пор не превышает 1-5 мкм. По сравнению с аглопоритом и термозитом обладает значительно более высокой конструктивной эффективностью, а также меньшим расходом цемента при получении керамзитобетона. Глинистые породы (глины, глинистые сланцы, аргиллиты), пригодные для производства керамзита, имеют монтмориллонитовый, бейделлитовый и гидрослюдистый состав и способны вспучиваться в природных условиях; их оптимальный химический состав (%):

SiO₂ — 50-65; Al₂O₃ — 16-25; Fe₂O₃ — 4-5; FeO — 1-2; CaO < 3; MgO < 3; K₂O 3; Na₂O — 0,5-2,1; C_{орг}—1-2; п.п.п.—7-10. По размерам частиц в них преобладают коллоидная (более 50%), пылеватая (25-50%) и алевролитовая (до 25%) фракции; допустимо присутствие частиц песчаной фракции (не более 5%). Химический и гранулометрический состав глинистой породы должен быть выдержан во всем объеме промышленной залежи [1,2]. Желательным компонентом в керамзитовом сырье является тонкодисперсное органическое вещество в количестве 1-2%. Вредными примесями в керамзитовом сырье считаются известняк, гипс и известковый мергель [2].

Глины, используемые для керамзитового гравия, из различных месторождений обладают различной вспучиваемостью.

Процесс вспучивания обусловлен согласованным взаимодействием кинетики газовыделения и изменением пиропластического состояния породы глин. При несовпадении этих двух процессов глины не вспучиваются [3].

Глинистые породы условно делятся на слабо, средне и хорошо вспучивающиеся с коэффициентом вспучивания соответственно до 2,5 от 2,5 до 4,5, свыше 4,5. В производстве редко получают керамзит с коэффициентом вспучивания больше 5, хотя сырье позволяет получить керамзитовый гравий с большей вспучиваемостью. Это можно объяснить тем, что большинство керамзитовых заводов, работающих на бентонитовых глинах, были построены без учета свойств местных бентонитов и подготовительные отделения их недостаточно оснащены перерабатывающим оборудованием.

Технологическая схема заводов должна разрабатываться с учетом физико-химических и физико-механических свойств месторождений бентонитовых глин. Так, для бентонитовых глин достаточно одинарной переработки, а для бентонитоподобных глин требуется двойная-тройная переработка для улучшения качества керамзита.

Экономическая целесообразность в применении керамзита в строительстве очевидна. Себестоимость однослойной керамзитобетонной панели для наружных стен по сравнению с многослойной панелью с тяжелым наполнителем гораздо ниже. Применение керамзитобетона позволяет снизить вес зданий, сократить трудоемкость их возведения, уменьшить транспортные расходы, сэкономить большое количество цемента и арматурной стали, повысить себестоимость сооружений.

Объекты и методы

С целью выявления пригодности бентонитовых глин для получения керамзитового гравия мы исследовали образцы, отобранные из различных месторождений Молдовы.

При обжиге глины происходит размягчение материала и выделение газов и паров воды. Последние вспучивают частично расплавленную массу, образуя в ней поры. Спекание материала с образованием закрытых пор заканчивается в момент интенсивного газовыделения. Производство керамзита осуществляется по трем технологическим схемам. При наличии плотных камнеподобных глин, хорошо вспучивающихся, обжиг ведут по сухому способу без формования, сразу после дробления сырья. При полусухом способе можно применять слабовспучивающиеся глины. В этом случае глину подвергают дроблению, сушке, помолу и вводят

органические добавки, затем смесь тщательно перемешивают и гранулируют в виде шаров. Пластический способ применяют при неоднородном влажном, хорошо намокающем сырье.

Нами опробовались влажные и подвяленные гранулы (с влажностью на 2-4% ниже формовочной). Перед формованием гранул в пробы сырья вводили 1,5% мазута. Приготовленные гранулы Ø 16x16 мм обжигали в лабораторной печи при температурах от 1050 до 1200⁰С с интервалом в 25⁰С с выдержкой 7-1 мин.

Объемная масса и коэффициент вспучивания керамзитового гравия определялся для каждой вспученной гранулы отдельно. Оптимальные условия вспучивания определялись по минимальной объемной массе керамзитового гравия. При этом гранулы не должны быть деформированы под воздействием собственного веса, а поверхность их не должна быть оплавлена [2].

За интервал вспучивания принималась разница между оптимальной температурой обжига и температурой, которой соответствует керамзитовый гравий с объемной массой 1,0 г/см³. Для сырья хорошего качества интервал вспучивания должен быть не менее 50⁰С.

Результаты и обсуждение

До настоящего времени на заводах Молдовы керамзитовый гравий изготавливают из вендских аргиллитов и сарматских глин, характеризующихся относительно низким коэффициентом пластичности и повышенным содержанием кварца и карбоната кальция. Это отрицательно сказывается на технологии производства и качества керамзита. В результате получается керамзитовый гравий низкой марки 600-800 кг/м³

Были проведены исследования керамзитового сырья с целью улучшения их качества путем добавки глин других месторождений. Из механической смеси глинистых минералов уч. Рошу и бентонитов уч.Ларгуца в различных соотношениях от 90:10 до 60:40 (% массы) были приготовлены гранулы шарообразной формы диаметром 1,5 см с добавкой 1,5% мазута. Обжиг гранул (табл.1) показал, что:

- a) Технология подачи сырых гранул в печь без применения сушильного барабана для данных проб непригодна (гранулы растрескиваются и рассыпаются);
- b) Только тщательное перемешивание механической смеси указанных глин, дает положительный результат при испытании на керамзит;
- c) Добавка 30-40% бентонитов уч.Ларгуца к основной массе глин уч. Рошу достаточна для улучшения качества керамзита (объемный вес в пределах 0,48-0,43).

Итак, путем лабораторных испытаний установлено, что добавки бентонитовых глин Ларгуцкого месторождения 30-40% достаточно, чтобы получить марку керамзита от 400 до 450 кг/м³.

Исследовались также образцы глинистого сырья проявления уч. Чуфлешты, предварительно испытанные на дилатометре. Изучение проводилось на спрессованном под давлением 5 т образце бентонита цилиндрической формы длиной 9 мм, диаметром 10 мм [5,6].

Таблица 1

Результаты физико-механических испытаний плиоценовых глин на керамзит

Участок	Добавки	Влажность, %		Температура обжига, °С		Объем, вес обожженого образца		Коэффициент вспучивания		Описание обожженных образцов		Интервал обжига, °С	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Л 100%	1,5%	73,38	66,71	1200	1200	0,50	0,23	3,46	7,52	опл	опл	25	20
				1175	1175	0,52	0,36	3,33	4,81	опл			
				1150	1150	0,70	0,77	2,47	2,25	Ч.опл	опл		
				1125	1125	1,00	1,01	1,73	1,71				
Р 100%		30,43	24,05	1200	1200	1,09	0,88	1,72	2,13	Пл.всп	опл	нет	нет
				1175	1175	1,12	1,07	1,67	1,75				
				1150	1150	1,26	1,28	1,48	1,46				
				1125	1125	1,28	1,63	1,46	1,15				
Р+10% Л			14,81	1200			0,65		3,11		Ч.опл.		70
				1175			0,73		2,77				
				1150			0,80		2,52				
				1125			1,01		2,00				
Р+20% Л			22,85	1200			0,53		5,28		Ч.опл.		120
				1175			0,56		3,46				
				1150			0,72		2,69				
				1125			0,74		2,62				
				1100			0,85		2,54				
				1075			1,03		1,88				
Р+30% Л	1,5%		26,19	1200			0,48		4,08		Ч.опл.		150
				1175			0,54		3,63				
				1150			0,56		3,50				
				1125			0,74		2,65				
				1100			0,78		2,51				
				1075			0,90		2,18				
Р+40% Л			33,73	1200			0,43		4,60		Ч.опл.		145
				1175			0,40		4,95				
				1150			0,49		4,04				
				1125			0,52		3,81				
				1100			0,66		3,00				
				1075			0,81		2,44				
Ч обн.	1,5 маз	41,88	37,00	1200	1200	0,19	0,15	9,84	12,47	Опл.	Опл.		
				1175	1175	0,21	0,16	8,90	11,69			110	110
				1150	1150	0,26	0,18	7,19	10,39				
				1125	1125	0,26	0,19	7,19	9,84				
				1100	1100	0,26	0,20	7,19	9,35				
				1075	1075	0,31	0,24	6,03	7,79	Ч.опл.	Ч.опл.		
				1050	1050	0,50	0,28	3,74	6,68				
				1025	1025	0,65	0,48	2,88	3,89				
ТС	1,5 маз	24,40	21,19	1200	1200	0,71	0,76	3,66	2,49	Опл.	Опл.		
				1175	1175	0,77	0,81	2,45	2,33				
				1150	1150	0,83	0,89	2,28	2,12				
				1125	1125	0,84	0,94	2,25	2,01		Опл.	нет	нет
				1100	1100	1,12	1,05	1,69	1,80				

Примечание: А – для влажных образцов; В – для подвяленных образцов.

Р – Рошу; Л – Ларгуца; Ч – Чуфлешты; ТС – Тараклия де Салче.

Было показано, что увеличение линейных размеров, исходя из кривой термодилатации, имеет тенденцию к дальнейшему росту при температуре $> 1000^{\circ}\text{C}$. При добавлении небольшого количества (1%) солярового масла, наблюдается резкое увеличение линейных размеров образца бентонитовой глины (более чем 2 раза по сравнению с образцом без добавки). Характерным является и то, что начало и максимум увеличения линейных размеров при этом смещается в область более низких температур. Максимум наблюдается при 900°C в момент перестройки решетки монтмориллонита, когда линейные размеры образца увеличиваются на 52%. Это говорит о том, что при введении различных добавок органики в описанные образцы бентонитов, они могут служить прекрасным материалом для производства керамзита.

Как видно из вышеизложенного, комплексный термический анализ (дилатометрия) является хорошим подспорьем при определении пригодности тех или иных глинистых минералов в производстве керамзита.

Испытания бентонитовых глин, отобранных из обнажения уч. Чуфлешты с добавкой 1,5% мазута показывают хорошие результаты (табл.1) при обжиге. Керамзитовые гранулы, полученные в лабораторных условиях, характеризуются объемной массой $0,15-1,07 \text{ г/см}^3$ и коэффициентом вспучивания (K_v)=2-12,0. По технологическим свойствам образцы Чуфлештских бентонитовых глин относятся к высоковспучивающимся при относительно низкой температуре обжига (1075°C). В таблице 1 также представлены результаты испытания глин участка Тараклия де Салче, которые в отличие от Чуфлештских глин не показывают хороших результатов по физико-химическим свойствам, в силу наличия в них вредных примесей известняка и гипса [7].

Результаты лабораторных исследований проб дают основания на проведение дальнейших геологоразведочных работ и проведение технико-экономического обоснования использования минерального сырья в промышленности строительных материалов.

Выводы

Таким образом, в результате экспериментов установлено, что вещественный состав глинистых пород оказывает существенное влияние на вспучиваемость. Это хорошо видно на примере обжига бентонитовых глин участков Ларгуцы, Чуфлешты, Тараклии де Салче, Рошу.

Итак, учитывая экономику, свойства глин, результаты проведенных лабораторных исследований, мы предлагаем следующую технологическую схему получения керамзита на основе минерального сырья Молдовы.

К низкокачественным щелочноземельным бентонитоподобным глинам добавлять 30-40% бентонитовой глины Ларгуцкого месторождения, тщательно перемешивать и формовать гранулы. Перед подачей в печь пропустить их через сушильный барабан. В результате улучшается качество керамзита (объемный вес $400-450 \text{ кг/м}^3$) и увеличивается срок эксплуатации месторождений, на которых работают керамзитовые заводы Молдовы.

Литература

1. Еремин Н.И. Сырье для получения легких заполнителей бетонов (глины, шунгиты, перлиты, кремнистые породы, гидрослюды). Неметаллические полезные ископаемые. Изд-во Московского Университета, 2004, гл.20.
2. Препятов А.Н., Якшаров Л.Я. Нетес. Сырьевая база бентонитов СССР и их использование в народном хозяйстве. М., Изд-во «Недра», 1972, с. 247-251.
3. Указание по испытанию глинистого сырья для производства керамзитового гравия. Куйбышев, 1972, 20 с.
4. Шустер Р.Л. Керамзитовые глинистые породы Казахстана. Алма-Ата, 1972, 180 с.
5. Paulic F., Paulic J., Erdey L. Microchim. Acta, 1966, p. 894-902.
6. Болотин О.А., 2005. Отчет о НИИ: «Изучить влияние древней и современной тектоники на динамику опасных геологических процессов, образование и сохранение природного геологического потенциала Молдовы» (приложение: «Прикладные аспекты рационального использования минерально-сырьевых ресурсов Республики Молдова»).
7. Жеру М.И. Глинистые образования Молдавии. Кишинев, Изд.-во «Штиинца», 1978, 231 с.

УДК 556.56 (478.9)

Мельничук О.Н.*, Арнаут Н.А, Швец В.П.†, Кищук А.Н.*

Анализ причин и характеристик катастрофических наводнений в бассейнах рек Днестр и Прут

Abstract

Positioning of rivers Prut and Dniestr basins in the Carpat Mountains and particularities of atmospheric precipitations are the main driving factors of flooding on these rivers. In this region frequent heavy showers and intense density of river network leads to catastrophic flooding. It was analyzed chronological frequency of flooding and their relationships with sun activity consider that such anomaly phenomena are dependent from moisture atmospheric circulation and sun activity. We disclosed that frequency of catastrophic flooding approximately is 2 time higher in the period of elevation of sun activity. Years with such flooding coincides with 11 years sun activity cycles.

Comparative analysis of flooding during the last 28 years shows that most intensive was flooding from July – August 2008. Appearance of this flooding was generated by heavy showers from the first (100 – 240 mm) and second (100-390 mm) periods of July, which moisten the upper part of rivers in the mountain part. As a result on the rivers Prut and Dniestr catastrophic flooding waves were formed with range of fluctuation 7 – 8 m. The maximum debit of the Dniestr lake was 5680 m³/s and the volume of discharge riches 2,58 km³ (in the period from July 24 till August 4).

Present study of the affluent regime and discharge of flooding water from Dnestrovsk and Dubosari reservoirs shows that passing of maximum flooding wave was regulated by technical devices of reservoirs. This is permit to avoid the catastrophic flooding lower of reservoirs, e.g. location from Dnestrovsk reservoir to river Dniestr entry.

If a regime of discharge from Dnestrovsk reservoir was accepted with debit 2600 m³/s during 110 hours final volume of discharge was 1030 mln. m³ and the volume of affluent 1594 mln. m³. Thus forced volume represents 564 mln. m³, which is lower on 36 mln. m³ compared with projected one.

Such regime of exploitation and management of flood debit permit to avoid negative effects of flooding from July - August 2008.

Rezumat

Factorii de bază ce contribuie la formarea inundațiilor pe râurile Nistru și Prut sunt amplasarea bazinelor hidrografice ale acestor râuri în zone muntoase și de deal, și de particularitățile regimurilor de precipitații ce formează scurgerile de apă. Aversele frecvente și rețelele hidrografice dese condiționează formarea inundațiilor catastrofale. Având în vedere că astfel de fenomene anormale depind de intensitatea activității solare și de legitățile circulației atmosferice, în lucrare a fost efectuată o analiză cronologică referitor la repetările de inundații și legătura lor cu activitatea solară, conform datelor din arhivă și observațiilor instrumentale. S-a constatat, că în faza de creștere a activității solare, frecvența inundațiilor catastrofale observate este de două ori mai mare decât la faza de descreștere. De menționat, că anii cu astfel de inundații, în cea mai mare parte coincid cu faza minimă, din ciclurile a câte 11 ani ale activității solare.

Analiza comparativă a caracteristicilor inundațiilor din ultimii 28 de ani a demonstrat, că cea mai puternică inundație a avut loc în iulie-august 2008. Formarea acestor inundații a fost condiționată în primul rând de factorii ce au dus la creșterea umidității rețelelor hidrografice din zona muntoasă a râurilor Nistru și Prut, așa ca precipitațiile atmosferice din primele decade ale

* Институт Экологии и Географии Республики Молдова

† “АСВАпроiect”, Республика Молдова

lunii iunie (100 - 240 mm), cât și în perioada de la 22 la 27 iulie (100-390 mm). În rezultatul acestor circumstanțe pe râurile Nistru și Prut s-a format viituri catastrofale cu amplituda de până la 7-8 m.

Debitul de apă maximal din bazinul de acumulare Dnestrovsc din acea perioadă a constituit $5680 \text{ m}^3/\text{s}$ și a fost constatat la 27 iulie între orele 16-20, dar volumul curgerii după viitură (de la 24 iulie la 4 august) a atins $2,58 \text{ km}^3$.

Conform cerințelor de evacuare a apei din bazinul de acumulare Dnestrovsc, volumul maxim de apă evacuat nu trebuia să depășească $2600 \text{ m}^3/\text{s}$, în caz contrar acest lucru poate provoca inundarea localităților din amonte. Însă datele grafice ale curgerilor arată, că debitul de apă din bazinul de acumulare Dnestrovsc, pe parcursul unei perioade îndelungate, depășea volumul de apă evacuat conform prevederilor normativelor de exploatare a bazinului de acumulare. Astfel debitul de ($2800 - 3500 \text{ m}^3/\text{s}$), evacuat din bazin a continuat pe parcursul a 88 de ore. Durata evacuării curgerii de viitură a constituit 328 de ore sau 13,5 zile și nopți. În acest răstimp volumul de apă a constituit $2,24 \text{ km}^3$, ceea ce practic corespunde cu volumul de curgere de viitură în bazinul de acumulare Dnestrovsc ($2,58 \text{ km}^3$).

Alegerea regimului de reglare și scurgere a volumului de apă de viitură indicat mai sus prin bazinul de acumulare Dubăsari, a fost condiționat de riscul de depășire a nivelului maxim admisibil (NMA), ce constituia 30,0 m. Valoarea maximă a debitului apei evacuate a constituit $2850 \text{ m}^3/\text{s}$, la cota de nivel a apei de 29,14 m și acest debit s-a păstrat pe parcursul a șapte zile. Totodată, acest debit al apei evacuate n-a fost suficient pentru golirea bazinului de acumulare și volumul de curgere în bazin ($3000 - 3200 \text{ m}^3/\text{s}$, punctul s. Grușca) depășea debitul de evacuare din bazin pe parcursul a 78 de ore, fapt ce a condiționat inundarea unor teritorii mari în aval.

Analiza efectuată a regimurilor aflurilor și a scurgerilor de apă de viituri din bazinul de acumulare Dnestrovsc și Dubăsari a demonstrat, ca la scurgerile masive de apă de viitură prin bazinele menționate au fost rezerve la reglarea acestui proces și a preîntâmpinării inundațiilor catastrofale din aval, de la bazinul de acumulare Dnestrovsc și până la gura r. Nistru.

Dacă ar fi fost acceptat regimul de scurgere din bazinul de acumulare Dnestrovsc cu un debit de $2600 \text{ m}^3/\text{s}$ și o durată de 110 ore, atunci volumul de scurgere ar fi fost de 1030 mln. m^3 , dar volumul de curgere pentru această perioadă ar fi constituit 1594 mln. m^3 . Astfel, volumul forțat ar fi constituit 564 mln. m^3 , ceea ce constituie cu 36 mln. m^3 mai puțin față de proiect. Respectând astfel de regim de exploatare și reglare a curgerilor de viitură, pot fi evitate urmările negative, ca cele ce au avut loc în iulie-august 2008.

Резюме

На основе обобщения различных гидрометеорологических и других материалов о наводнении в июле-августе 2008 года, выполнен анализ условий формирования, динамики и режимов сброса катастрофического наводка каскадом Днестровских водохранилищ. Приведены количественные параметры наводка и выполнены расчеты возможного альтернативного режима сброса наводочных вод из Днестровского водохранилища, в случае реализации которого можно было избежать негативных последствий наводнения.

Введение

Наводнения на реках Днестр и Прут обусловлены особенностями расположения водосборных бассейнов этих рек и режима выпадения осадков, формирующих сток воды. Главными областями формирования стока являются горный и предгорный районы Карпат с развитой гидрографической сетью. Эти районы занимают примерно 30% от общей площади водосборов, где формируется почти 70% годового стока рек. Особенностью внутригодового режима рек является отчетливо выраженное половодье с быстрым подъемом уровней воды и их медленным спадом, а также прохождением большого числа дождевых паводков в

течение всего года. Эти условия формирования стока рек обуславливают высокую вероятность образования катастрофических паводков, к которым относится и паводок, прошедший в июле-августе 2008 года. Несмотря на наличие на этих реках каскада крупных водохранилищ (Новоднестровского, Дубоссарского, Костешты-Стынка), предназначенных для регулирования паводков редкой повторяемости, в результате указанного наводнения значительные площади пойменных и прибрежных территорий этих рек были затоплены, население понесло огромный социально-экономический ущерб.

В связи с этим, научный и практический интерес представляет анализ условий формирования, характеристик и особенностей трансформации указанного катастрофического паводка каскадом Днестровских водохранилищ..

Материалы и методика

Катастрофические паводки и вызванными ими наводнения определяются сложным комплексом гидроклиматических процессов, которые, прежде всего, зависят от характера солнечной активности и закономерностей атмосферной циркуляции. В связи с этим, в работе выполнен хронологический анализ повторяемости наводнений и их связь с солнечной активностью.

Воздействие радиационных и циркуляционных факторов, способствующих формированию значительных ливневых паводков в бассейнах Днестра. и Прута, можно обнаружить путем сопоставления изменчивости показателей солнечной активности с хронологией наводнений (рис.1). За почти трехсотлетний период наблюдений за указанными явлениями можно оценить общую закономерность возникновения наводнений до начала инструментальных гидрологических наблюдений за паводочным стоком воды и после.

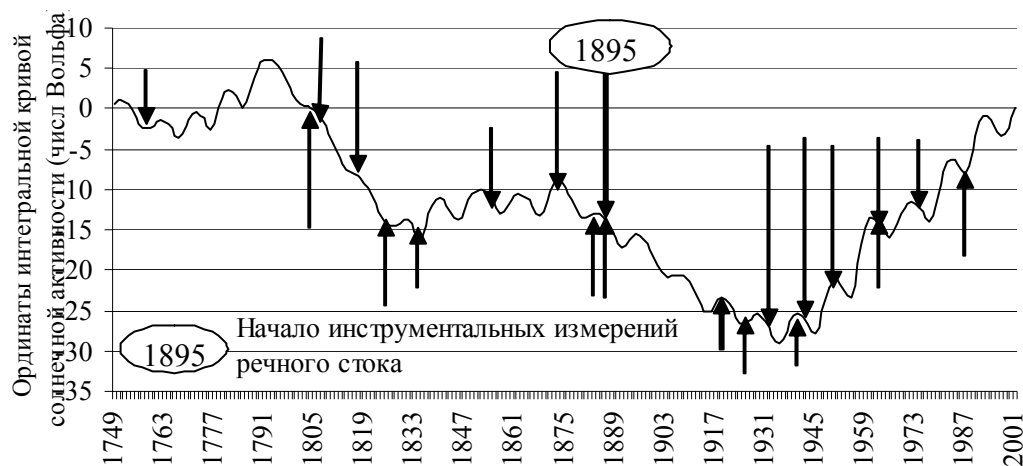


Рис. 1. Хронология наводнений на реках Днестр и Прут на фоне изменения солнечной активности за период с 1749 по 2001 годы.

Совместный анализ хронологического хода солнечной активности и сведений о наводнениях показывает, что на фоне многовековой изменчивости солнечной активности наблюдается сложный характер повторяемости наводнений В фазе спада

солнечной активности, продолжавшийся около 187 лет (до 1936 года) наблюдалось всего 11 выдающихся наводнений, т.е. с повторяемостью один раз в 17 лет. Зато в фазе подъема солнечной активности, наблюдающийся в настоящее время уже в течение 65 лет, частота наводнений резко возросла до 7 случаев (средняя повторяемость 1 раз в 9 лет). Характерно, что годы с катастрофическими наводнениями, в большинстве случаев, приурочены к фазе минимума 11-ти летних циклов солнечной активности. Этот факт требует специального исследования, но его можно учитывать при приближенной оценке вероятности наступления наводнений на реках Днестр и Прут. Кроме того, данные наблюдений показывают, что повторяемость наводнений в XX веке в среднем, в 2-2,5 раза выше, чем XIX веке.

Первое упоминание о самом мощном наводнении на р.Днестр приводится в Ипатьевской летописи 1146 года [5]. Довольно подробно описываются наводнения прошедшие на Днестре в 1230, 1572, 1649, 1668, 1700, 1730, 1757, 1814, 1823, 1864 годы. В церковных и других архивных материалах содержатся сведения о наводнениях на р. Прут, которые наблюдались в августе 1812 г., июне 1825 г., марте 1827 г., марте 1841 г., августе 1843 г. и 1889 г. и в мае 1893 года.

За годы инструментальных наблюдений за паводочным стоком на трансграничных реках Днестр и Прут были зафиксированы значительные паводки, вызвавшие катастрофические наводнения в 1911, 1941, 1955, 1969, 1980, 1989, 1998, 2008 годы [3].

Количественные показатели выдающихся максимальных расходов дождевых паводков на реке Днестр, измеренных на разных постах за последние годы приводятся в табл.1.

Таблица 1

Максимальные расходы дождевых паводков реки Днестр, (м³/с).

Гидрологический пост	июль 1980 г.		май 1989 г.		июнь 1998 г.		июль-август 2008	
	Q _{max}	Дата	Q _{max}	Дата	Q _{max}	Дата	Q _{max}	Дата
Залещики	3910	27.07	2700	11.05	4080	21.06	5600	27.07
Днестровская ГЭС	-		1650	12.05	2150	23.06	3500	27.07
Могилёв-Подольский	3530	28.07	1870	12.05	2400	24.06		
Грушка	3420	29.07	1520	13.05	2270	24.06	3200	29.07
Дубоссарская ГЭС	2630	30.07	1590	13.05	2100	25.06	3180	03.08
Олонешты	870	02.08	489	21.05	1500	03.07	930	05.08

Из данных табл. 1 следует, что за последние 28 лет наиболее выдающимся по величине максимального расхода оказался паводок прошедший в июле-августе 2008 года. Для характеристики его выполнена систематизация режимных наблюдений на гидрологических постах р.Днестр в пределах территории Украины и Республики Молдова. При оценке влияния Днестровского и Дубоссарского водохранилищ на паводок использован метод трансформации паводочной волны регулирующей емкостью водохранилищ.

Результаты и анализ

Многочисленные исследования показывают, что наиболее важным из природных факторов, формирующих наводнения, является атмосферная циркуляция. С ней связано возникновение особых синоптических ситуаций, способствующих выпадению очень сильных дождевых осадков. Для анализа была использована имеющаяся наиболее полная гидрометеорологическая информация о причинах и характеристиках наводнений, прошедших в июле-августе 2008 года в бассейнах рек Днестра и Прута [1,2,4].

Прежде всего отметим, что согласно данным Гидрометеорологического центра Украины формированию выдающегося паводка способствовали предшествующие условия увлажнения речных водосборов в горной зоне бассейнов Днестра и Прута. Так в период первой и второй декад июля на этой территории выпало 100-180 мм, а на ряде метеорологических станциях 240 мм осадков. Это обусловило формирование достаточно высокого предшествующего увлажнения в метровом слое почво-грунтов на территории бассейна реки, которое одновременно вызвало увеличение речного стока. Эти факторы предопределили условия формирования катастрофического паводка.

Особую усиливающую роль сыграли также сильные и достаточно продолжительные ливневые дожди, выпавшие на территории Украинских Карпат за период с 22 по 27 июля. Они были вызваны формированием малоподвижного, мощного циклона над Балканами и прохождением системы его атмосферных фронтов. За период 22 – 27 июля на горную зону бассейнов рек Днестра и Прута выпало от 100 мм до 390 мм осадков. Более 300 мм осадков наблюдалось на станциях: Сколе, Гута, Яремча. Наглядную картину пространственного распределения выпавших осадков дает схема (рис.2), составленная Гидрометцентром Украины [1]

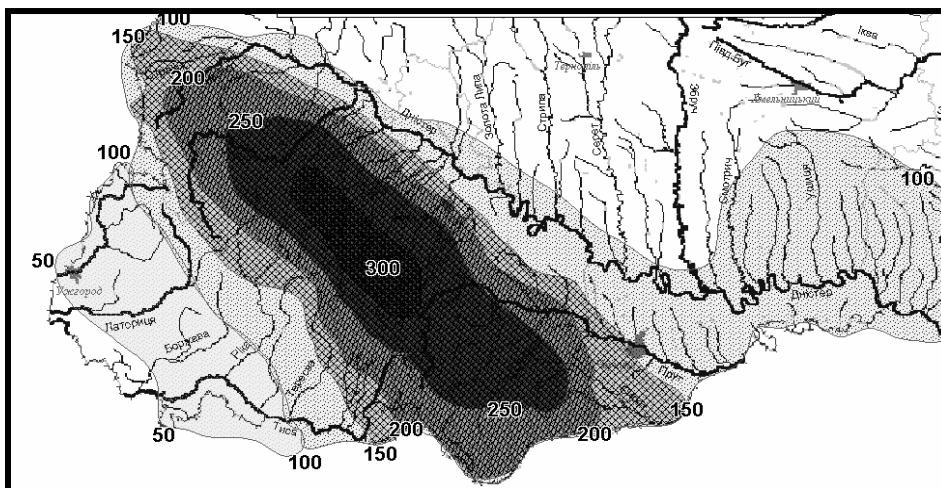


Рис. 2. Схема распределения паводкообразующих осадков, выпавших с 22 по 27 июля 2008 года.

Зона распространения, выпавших в июле осадков охватила территории Молдовы, что наглядно демонстрирует картосхема (рис.3), составленная лабораторией климатологии Института экологии и географии АН Молдовы.

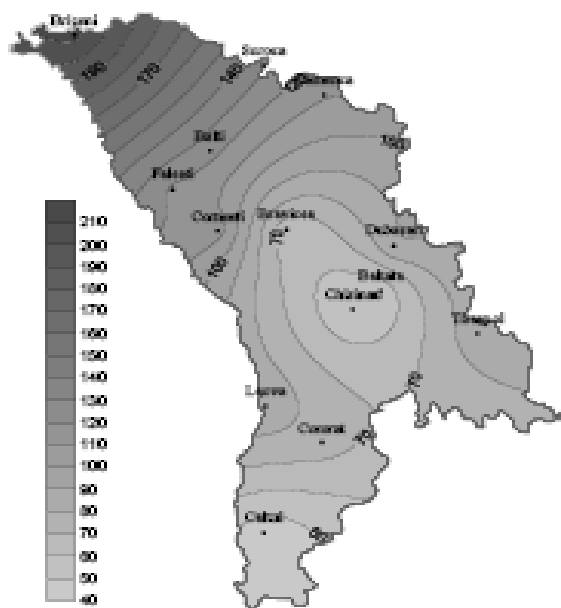


Рис. 3. Карта изогийт ливневых осадков за июль месяц 2008 года, мм.

Таким образом, аномальные по своей величине дожди способствовали формированию паводка, вызвавшего катастрофическое наводнение на изучаемых реках. Оно сопровождалось прохождением паводочных волн, амплитуда которых достигала 7-8 м, а суточная интенсивность роста уровней воды составляла 1-3 м. Наглядное представление о временном изменении уровней воды в реке Днестр на участке от истока до поста г. Залещики дают данные, приведенные на рис. 4.

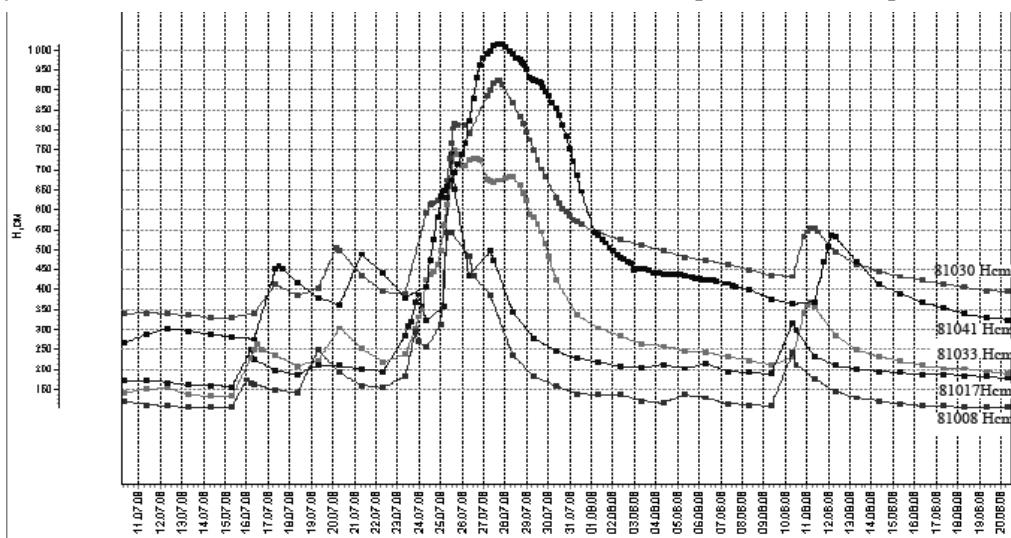


Рис. 4. Графики колебания уровней воды в реке Днестр при прохождении дождевого паводка в июле-августе 2008 года.

Согласно данным Гидрометцентра Украины [1] максимальный расход притока вод в Днестровское водохранилище в период прохождения паводка составил $5680\text{ м}^3/\text{с}$ и наступил 27 июля в 16-20 часов, а объем стока за паводок (с 24 июля по 4 августа) достиг $2,58\text{ км}^3$. При таком объеме притока водохранилище наполнилось до отметки 122,53 м (БС). Эта величина превышает значение нормального подпорного уровня (НПУ) на 1,58 м и меньше форсированного подпорного уровня (ФПУ) на 2,42 м.

Основная паводочная волна (гидрограф) имеет четко выраженную одновершинную форму с относительно симметричным периодом подъема и спада (рис.5.) Общие ординаты гидрографа паводка получены путем суммирования ординат руслового и бокового притока. Гидрограф сбросных расходов устанавливался путем учета имеющейся резервной емкости форсирования и требований регламента сброса вод из Днестровского водохранилища. Эти требования содержат жесткие условия относительно графика сбросных расходов в период формирования катастрофических паводков. Согласно им максимальный сбросной расход воды не должен превышать $2600\text{ м}^3/\text{с}$, в противном случае это приводит к затоплению населенных пунктов и перелива через защитные сооружения.

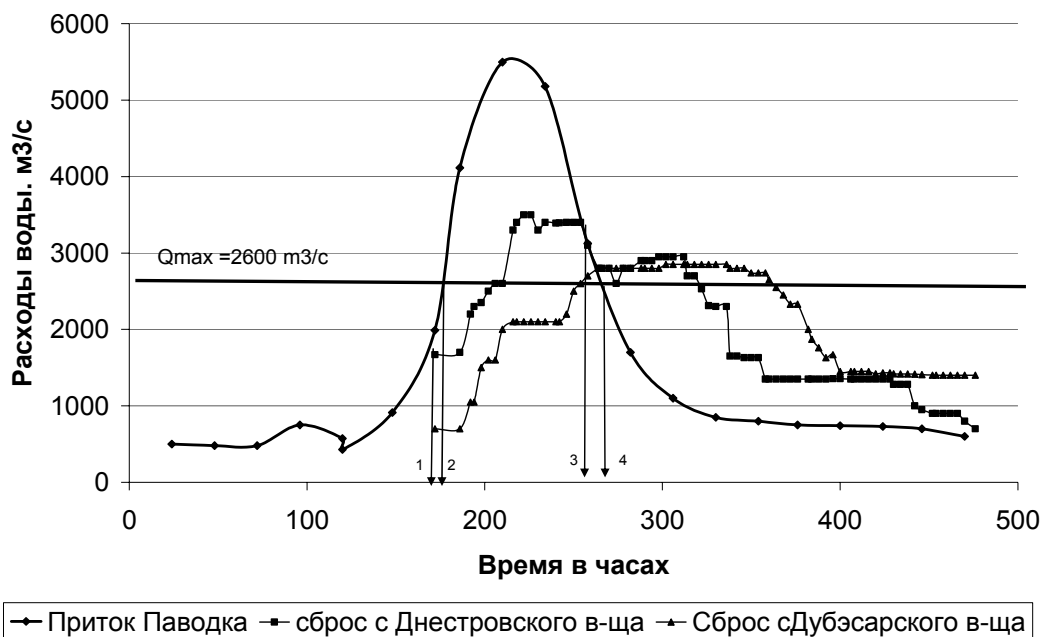


Рис.5. Наблюдаемые гидрографы притока и сброса по каскаду Днестровских водохранилищ.

Сопоставление графиков сбросных расходов по каскаду Днестровских водохранилищ позволяет в настоящее время установить причины, обусловившие затопление русло-пойменных участков р.Днестр в период формирования паводка.

Из графиков, приведенных на рис. 5 следует, что сбросные расходы Днестровского гидроузла превышали сбросы, предусмотренные правилами эксплуатации водохранилища (сбросной расход не должен превышать $2600\text{ м}^3/\text{с}$).

Сброс из Днестровского водохранилища начался в 20 часов 25.07 и расход составлял 1670 м³/с. Через 30 часов сбросной расход достиг своего максимального значения, равного 3400-3500 м³/с и продолжался еще 32 часа. Затем через 8 часов резко уменьшился до 2800 м³/с и при таком значении поддерживался еще 48 часов. После чего, график сброса постепенно снижался до значения 1300 м³/с, которое наступило после 184 часов от начала сброса. Такой режим сброса паводочных вод поддерживался до 20 часов 5 августа, т.е. до 280-го часа от начала сброса. В дальнейшем сброс вод из водохранилища резко снизился до величины 460 м³/с. Общая продолжительность сброса паводочного стока составила 328 часов или 13,5 суток. За это время объем сбросных расходов достиг 2,24 км³, что, практически, соответствует объему притока паводочных вод в Днестровское водохранилище (2,58 км³).

Опорожнение Дубоссарского водохранилища для регулирования притока воды из Днестровского водохранилища было начато 25 июля в 20 часов и сбросной расход составлял 700 м³/с, а уже 27 июля в 6 утра сбросной расход достиг 2100 м³/с. В дальнейшем сбросные расходы из Дубоссарского водохранилища увеличились до 2850 м³/с, при отметке воды 29,14 м и такой расход сохранялся на протяжении семи суток. Однако увеличение сбросного расхода оказалось недостаточным для опорожнения ёмкости водохранилища, и поступающий в водохранилище расход (3000-3200 м³/с, пост с. Грушка) превышал сбросной расход из водохранилища в течение 78 часов (с 06 часов 29.07 до 12 часов 01.08.) Вынужденный сброс значительных расходов был обусловлен возникшим потенциальным риском превышения уровня воды отметки ФПУ, равной 30,0 м.

В дальнейшем, начиная со 2 августа значения сбросных расходов снижались, и к 20 часам 7 августа их значение составляли 830 м³/с. Общая продолжительность сброса паводочных вод, как и из Днестровского водохранилища, составила 13,5 суток или 308 часов. Величина общего объема пропуска паводочного стока была равна 2,43 км³, что эквивалентно притоку паводочных вод, поступивших в Днестровское водохранилище. Результаты оценок объемов притока и сбросных расходов по основным фазам графиков притока и сброса приводятся в табл.2.

Таблица 2.

Параметры гидрографов притока и сбросных расходов каскада Днестровских водохранилищ при пропуске дождевого паводка июле –августе 2008 года

Водохранилища	Продолжительность фазы форсирования сброса, часы	Объем, млн. м ³	Продолжительность фазы спада притока и сброса, часы	Объем, млн. м ³
Днестровское водохранилище, приток	82	1172	216	959
Днестровское водохранилище, сброс	82	859	237	1494
Форсированный объем в Днестровском водохранилище		313		540
Дубоссарское водохранилище, сброс	92	628	236	1809
Форсированный объем в Дубоссарском водохранилище		231		315

Заключение

Выполненный анализ режимов притока и сброса паводковых вод из Днестровского и Дубоссарского водохранилищ показал, что при пропуске выдающейся паводочной волны через указанные гидроузлы имелись определенные резервы в регулировании этого процесса и предотвращения катастрофического наводнения на участках нижних бьефов, т.е. от створа плотины Днестровского водохранилища до устья реки Днестр. Эти возможности заключаются в следующем. Согласно проектным данным форсированный объем Днестровского водохранилища составляет 600 млн. м³. Сопоставление графиков притока и сброса из водохранилища показывает, что время наступления равенства этих расходов наступило через 254 часа после начала притока (точка 3 на оси времени, рис.5) при значении расхода 3400 м³/с. Объем притока за этот период составил 1172 млн. м³. Сброс из водохранилища начался после 172 часа от начала притока (точка 1 на оси времени, рис.5) и объем воды составил 859 млн. м³ (табл.2). Следовательно объем аккумуляции или реальный форсированный объем составил 313 млн. м³, что почти в 2 раза меньше проектного форсированного объема.

Если принять режим сброса с попуском расхода 2600 м³/с и продолжительностью 110 часов (точка 4, рис.5), то объем сброса достигнет 1030 млн. м³, а объем притока за этот период составит 1594 млн. м³. Таким образом, фактический, форсированный объем достигнет значения 564 млн. м³, что на 36 млн. м³ меньше проектного. При таком режиме эксплуатации и управлении паводочным стоком, негативных последствий наводнения, прошедшего в июле-августе 2008 года можно было избежать. Наиболее важным вопросом при предотвращения таких катастрофических последствий наводнений, как на Украинской части р. Днестр, так и на территории Республики Молдова является заблаговременный прогноз притока паводочных вод в Днестровское водохранилище, а режим формирования паводочной волны является научно-технологической проблемой. Совместные исследования в этой области предстоит реализовать в ближайшем будущем.

Литература

1. Бойко В.М. Липневий паводок 2008 року на річках Карпат: причини, розвиток, прогнозування, наслідки. Міжнародний семінар «Генетическіе і вероятностніе методи в гідрології:проблеми, розвитку і взаємосв'язи». Одеса 26-28 марта 2009 г. Стендовий доповідь.
2. Chișciuc Ana Резултати аналізу катастрофічних наводнень на реках Днестр і Прут в июле-августе 2008 года в Молдове. Міжнародний семінар «Генетическіе і вероятностніе методи в гідрології:проблеми, розвитку і взаємосв'язи». Одеса 26-28 марта 2009 г. Стендовий доповідь.
3. Melniciuc, O., Lalikin, N., Bejenaru, Gh., Probleme de studiu a inundațiilor în republica Moldova. European associated centre on flood problems of the republic of Moldova, 2003. 109 P.
4. Melniciuc O., Cojocar I. Inundațiile din iulie-parte a catastrofelor de proporții din lume. „Moldova Suverană” 12 august 2008; N 126(519).
5. Швец Г.И. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР.- Л. Гидрометеиздат, 1972

УДК 699.86(075)

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

**Элювиальный процесс и баланс масс породообразующих
силикатных минералов в покровных отложениях водоразделов
Молдовы**

Abstract

The article continues a series of publications on hypergenic processes in quaternary deposits of watersheds of Moldova. As a result of investigations, for the first time in Moldova and probably for Eurasian steppe and forest-steppe area in the whole, there was derived mass balance of primary, clay minerals, and total mass balance of rock-forming minerals of blanket deposits. For the first time there were found volumes of eluvial losses of silicate material masses from quaternary deposits under action of pedogenesis. The obtained data extend to separate minerals and groups of minerals. As a witness of hypergenic changes in soils quartz was used as a material resistant to weathering.

Investigations were implemented in zones with hydrothermal coefficients (humidification coefficients by Visotsky-Ivanov) 0,50-0,55, 0,60-0,65, 0,65-0,70, 0,70-0,80. There was found that eluvial losses of carcass minerals in chernozems came to 36-111 t/ha, layered minerals - 65-346 t/ha, i.e. layered minerals are exposed to more intensive destruction. Among clay minerals the largest eluvial losses are in smectite. They came to from 165-234 t/ha in ordinary chernozems of southern Moldova to 651-1044 t/ha in typical and leached chernozems of the country's northern part. Illite exposed positive balance within 220-271 t/ha. Losses of primary silicates in blanket deposits under action of chernozem pedogenesis flow irreversibly. Mineralogical composition of their clay fraction transforms according to more complicate scheme – it changes losing smectite and chlorite, and relative enrichment with illite.

Total losses of primary minerals by chernozem subtypes constituted from 400 to 900 t/ha, clay minerals - from 30 to 900 t/ha. Sum losses of silicate minerals from covering deposits of watershed areas of Moldova under action of pedogenesis are measured by volumes from 400 to 1800 t/ha. Obtained data represent considerable scientific interest. They form new vision of sizes of hypergenic changes of surface geological deposits of the republic and give possibility to produce reasonable assessment of regional geochemical losses of elements.

Rezumat

Articolul prezent continuă seria de publicații consacrate proceselor hipergene ce evoluează în depozitele cuaternare de pe cumpenele de ape ale Moldovei. În rezultatul cercetărilor efectuate, pentru prima dată în Moldova și, probabil, pentru întregul teritoriu euroasiatic ocupat de stepă și silvostepă a fost stabilit bilanțul de mase al mineralelor primare și argiloase și bilanțul total de mase al mineralelor constituente ale depozitelor de suprafață. De asemenea, pentru prima dată a fost stabilit cuantumul maselor de substanță silicată, exportate din depozitele cuaternare sub influența proceselor eluviale ce evoluează în cadrul

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

pedogenezei. Datele obținute se referă atât la mineralele aparte cât și la grupurile de minerale. Ca martor al modificărilor hipergene ce au loc în sol a fost utilizat cuarțul rezistent la alterare.

Cercetările au fost efectuate în funcție de zona de umiditate cu coeficienții hidrotermici (coeficienții de umiditate după Ivanov-Vâsoșkii) 0,50-0,55; 0,60-0,65; 0,65-0,70 și 0,70-0,80. S-a stabilit, că pierderile pe seama proceselor de eluviere ale mineralelor de carcasă în cernoziomuri au constituit 36-111 t/ha, a mineralelor filiforme – 65-346 t/ha, adică silicații filiformi sunt supuși alterării mai intens. În cadrul mineralelor argiloase pierderile eluviale cel mai puternic au afectat smectitul. Acestea au constituit de la 165-234 t/ha în cernoziomurile obișnuite din Sudul Moldovei până la 651-1044 t/ha în cernoziomurile tipice și levigate din partea de Nord a Republicii. Illitul a manifestat un bilanț pozitiv în limitele 220-271 t/ha. Pierderile silicaților primari în depozitele cuaternare sub influența pedogenezei de tip cernoziomic poartă un caracter ireversibil. Compoziția mineralogică a componentei argiloase în aceste depozite se modifică urmând o schemă mai complexă – transformarea vizează pierderea smectitului și cloritului cu acumularea relativă a illitului.

Pierderile totale de minerale primare în funcție de subtipurile de cernoziom au constituit de la 400 până la 900 t/ha și, respectiv, pentru mineralele argiloase - de la 30 până la 900 t/ha. Pierderile sumare de minerale silicate din depozitele superficiale de pe cumpenele de ape ale Moldovei sub influența pedogenezei se încadrează în limitele de la 400 până la 1800 t/ha. Datele obținute sunt foarte importante din punct de vedere științific. Ele formează o nouă viziune asupra scării modificărilor hipergene ale depozitelor cuaternare ale Republicii și oferă oportunitatea evaluării justificate a exportului geochemic regional al elementelor.

Резюме

На основании материалов исследований зональных черноземов установлен баланс масс первичных, глинистых и общий баланс масс породообразующих минералов покровных отложений водоразделов Молдовы. Впервые в четвертичных породах республики, а, возможно, и в четвертичных породах евразийского степного и лесостепного пространства в целом определены размеры элювиальных потерь масс силикатных минералов под воздействием педогенеза, которые носят закономерный характер и увеличиваются по мере роста увлажненности почв.

Введение

Исследование трансформации четвертичных отложений водораздельных пространств Молдовы под воздействием черноземного педогенеза, концепция которого изложена в [1], показало, что она развивается по элювиальному типу [1-6]. В последнем сообщении [6] приведены результаты определения потерь породообразующих силикатов под влиянием элювиального процесса. Они даны по отдельным группам минералов (первичным тектосиликатам и глинистым) и их суммарным потерям, выраженным в весовых процентах (или то же самое в кг/100 кг) от силикатной части породы. Но эти цифры не дают полного представления об объемах выноса вещества силикатов из пород водоразделов под воздействием гипергенеза. Более впечатляющими размеры этого процесса выглядят на основании потерь масс тех же самых минералов с учетом мощности почвенных горизонтов.

Цель этого сообщения представить данные по балансу масс и элювиальному выносу силикатного вещества по отдельным минералам и группам минералов из

покровных отложений водоразделов под воздействием степного и лесостепного педогенеза. Насколько нам известно, такие сведения впервые публикуются как по Молдове, так и для евразийского степного и лесостепного пространства в целом. Следует также отметить, что полученные результаты имеют немаловажное значение для различных геохимических расчетов.

Объекты и методы

Напомним некоторые существенные моменты методики исследований. Проведены они по четырем зонам увлажнения с гидротермическими коэффициентами (ГТК) 0,50-0,55, 0,60-0,65, 0,65-0,70, 0,70-0,80 (коэффициенты увлажнения по Высоцкому-Иванову). С юга на север Молдовы в каждой зоне на наиболее распространенном в ней подтипе чернозема закладывалось по четыре разреза. В двух первых зонах южной половины республики таковыми выступили черноземы обыкновенные. В третьей - ими стали типичные, в четвертой - выщелоченные черноземы.

С целью исключения влияния на результаты минералогического анализа гранулометрического состава черноземов все исследования проведены на одних и тех же наиболее распространенных в республике тяжелосуглинистых почвах этого типа. Влияние рельефа на минералогию черноземов устранено закладкой разрезов на ровных участках водоразделов и высоких (древних) террас.

На юге Молдовы почвообразующими породами изученных почв явились ниже-верхнечетвертичные делювиально-элювиальные лессовидные отложения, в центральной и северной части - верхнечетвертичные делювиально-элювиальные отложения того же габитуса [7,8,9]. Учитывая принадлежность разрезов к ровным участкам, почвообразующие породы следует считать сугубо элювиальными образованиями.

В связи с тем, что по четырем разрезам были получены сходные для зоны результаты, в новые исследования от каждой зоны был включен только один разрез из четырех, но геоморфологически расположенный наиболее строго, т.е. принадлежащий к платообразному водоразделу. Такой подход позволяет избежать большого объема расчетов, результаты которых трудно было бы представить в сообщении данного формата. Вместе с тем он максимально учитывает местные климатические условия и местный потенциал почвообразования. Описанным требованиям к почвам полностью отвечает серия разрезов предыдущей публикации [6]. Из обыкновенных черноземов юга для дальнейшей работы взят разрез 1 (Тараклийский р-н, плато, абс. выс. 100 м), из обыкновенных черноземов более северного распространения – разрез 30 (Теленештский р-н, плато, абс. выс. 170 м), из типичных черноземов – разрез 50 (Рышканский р-н, плато, абс. выс. 236 м), из выщелоченных – разрез 85 (Единецкий р-н, плато, абс. выс. 256 м).

Детали методики количественного анализа первичных и глинистых минералов можно найти в предыдущих публикациях. Для оценки потерь пороодообразующих силикатов в результате элювиального процесса нами применен метод расчета баланса масс отдельных минералов и их групп. Напомним, что балансовые расчеты предполагают исходную однородность

почвообразующих пород, для установления которой используются разные критерии: морфологические, гранулометрические и минералогические [10]. Подробнее данная проблема рассмотрена в [11]. Заметим, что абсолютно однородных пород в природе, по-видимому, не существует и строгих критериев применимости балансового метода к почвам не разработано. В данном случае критериями относительной однородности исходной породы послужили известные природные свойства лессовидных пород, а также морфологические исследования в поле. Более надежными выступили данные по характеру минералогических профилей почв. На относительную однородность пород, как мы считаем, указывает весьма постепенное и однонаправленное изменение содержания кварца, а также нормальные профили выветривания первичных минералов грубодисперсной части почв [11]. В качестве свидетеля или маркера произошедших изменений использован устойчивый к выветриванию кварц.

В расчетах баланса масс силикатов присутствует вынужденное упрощение. Оно заключается в том, что показатели объемной массы почвенных горизонтов, содержащих карбонаты, были использованы так, как будто эти горизонты карбонатов не содержат. Заметим, что суть полученных выводов по статье от этого не изменилась.

Результаты и обсуждение

Исходными данными для расчетов элювиальных потерь массы силикатов в зональных черноземах послужили мощность генетического горизонта, его плотность (объемная масса), масса и установленные ранее потери в нем минералов, выраженные в весовых процентах (табл. 1-3). В таблицах 1 и 2 особо выделены два вида баланса: профильный и погоризонтный. Первый подводит окончательный баланс минерала по профилю, второй – баланс между минералами одного горизонта. Оба баланса выполняют дополнительную полезную диагностическую функцию, поскольку дают возможность видеть, каков механизм формирования в черноземах профилей первичных и глинистых минералов в зональном аспекте. Конечные результаты обоих балансов сходятся в одной ячейке таблицы, т.е. они совпадают, как и должно быть.

В исследуемом подтиповом ряду черноземов потери масс первичных минералов выразились в следующих показателях (табл.1): плагиоклазов - 36-103 т/га, калиевых полевых шпатов – 57-111, слюд – 65-270, хлорита - 118-229 т/га. Присутствующий в крупном материале глинистый минерал каолинит утратил 92-346 т/га. Первичные минералы представлены двумя типами структур: каркасными (плагиоклазы и калиевые полевые шпаты) и слоистыми (слюды и хлорит). Потери каркасных минералов составили 36-111 т/га, слоистых - 65-346 т/га. Сравнение показывает, что слоистые силикаты подвергаются более интенсивному разрушению. Общий отрицательный баланс первичных минералов (вместе с каолинитом) по подтипам черноземов оказался весьма различным и составил от 445 на юге Молдовы до 903 т/га на ее севере.

Таблица 1.

Баланс масс первичных минералов черноземов

Горизонт	Глубина, см	Мощность, см	Плотность, г/см ³	Масса, т/га	Плагиоклазы		Калишпаты		Слюды		Хлорит		Каолинит		Баланс погоризонтный	
					Потеря/ прибавка		Потеря/ прибавка		Потеря/ прибавка		Потеря/ прибавка		Потеря/ прибавка		Потеря/ прибавка	
					вес. %	т/га	вес. %	т/га	вес. %	т/га	вес. %	т/га	вес. %	т/га	вес. %	т/га
Чернозем обыкновенный, разрез 1, плато, абс. выс. 100 м, (K=0,50-0,55)																
Ап	0-31	31	1,1	3410	-1,0	-34	-0,9	-31	-1,1	-38	-1,8	-61	-1,9	-65	-6,6	-228
А	31-43	12	1,29	1548	-0,5	-8	-0,8	-12	-1,2	-19	-1,5	-23	-0,7	-11	-4,7	-73
Вк	43-70	27	1,37	3699	-0,3	-11	-0,6	-22	-0,5	-18	-1,3	-48	-0,1	-4	-2,7	-104
ВСк	70-90	20	1,54	3080	-0,1	-3	-0,5	-15	0,3	9	-0,6	-18	-0,4	-12	-1,3	-40
Ск	190-200	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-56	-	-81	-	-65	-	-151	-	-92	-	-445
Чернозем обыкновенный, разрез 30, плато, абс. выс. 170 м, (K=0,60-0,65)																
Ап	0-30	30	1,01	3030	-1,3	-39	-1,2	-36	-3,9	-118	-1,7	-52	-1,5	-45	-9,6	-291
А	30-48	18	1,23	2214	-1,2	-27	-1,1	-24	-1,8	-40	-1,2	-27	-1,1	-24	-6,4	-142
В1	48-67	19	1,3	2470	-0,9	-22	-1,1	-27	-1,5	-37	-0,8	-20	-1,2	-30	-5,5	-136
В2	67-88	21	1,4	2940	-0,5	-15	-0,8	-24	-0,5	-15	-0,7	-21	-0,5	-15	-3,0	-88
Ск	190-200	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-103	-	-111	-	-210	-	-118	-	-114	-	-657
Чернозем типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м, (K=0,65-0,70)																
Ап	0-30	30	1,22	3660	-1,2	-44	-1,4	-51	-2,1	-77	-2,6	-95	-2,6	-95	-9,8	-362
А	30-55	25	1,4	3500	-0,6	-21	-0,5	-18	-1,7	-60	-2,2	-77	-2,4	-84	-7,4	-259
В1	55-65	10	1,4	1400	-0,5	-7	-0,4	-6	-2,4	-34	-2,1	-29	-2,3	-32	-7,7	-108
В2	65-80	15	1,4	2100	-0,2	-4	0,3	6	-0,3	-6	-1,3	-27	-0,4	-8	-1,9	-40
С	190-200	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-76	-	-68	-	-176	-	-229	-	-220	-	-769
Чернозем выщелоченный, разрез 85, плато, абс. выс. 256 м, (K=0,70-0,80)																
Ап	0-22	22	1,25	2750	-0,5	-14	-1,1	-30	-3,1	-85	-1,6	-44	-3,1	-85	-9,4	-259
А	22-50	28	1,38	3864	-0,3	-12	-0,4	-15	-3,2	-124	-1,7	-66	-3,0	-116	-8,5	-332
В1	50-68	18	1,46	2628	-0,3	-8	-0,2	-5	-1,6	-42	-1,6	-42	-2,7	-71	-6,5	-168
В2	68-88	20	1,6	3200	-0,1	-3	-0,2	-6	-0,6	-19	-1,3	-42	-2,3	-74	-4,5	-144
Ск	170-180	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-36	-	-57	-	-270	-	-193	-	-346	-	-903

Баланс масс глинистых минералов черноземов

Горизонт	Глубина, см	Мощность, см	Плотность, г/см ³	Масса, т/га	Смектит		Иллит		Хлорит		Каолинит		Баланс погоризонтный	
					Потеря/прибавка		Потеря/прибавка		Потеря/прибавка		Потеря/прибавка		Потеря/прибавка	
					вес. %	т/га	вес. %	т/га	вес. %	т/га	вес. %	т/га	вес. %	т/га
Чернозем обыкновенный, разрез 1, плато, абс. выс. 100 м, (K=0,50-0,55)														
Ап	0-31	31	1,1	3410	-5,6	-191	3,1	106	0,5	17	-0,8	-27	-2,9	-95
А	31-43	12	1,29	1548	-5,4	-84	4,4	68	0,9	14	-0,1	-2	-0,1	-3
Вк	43-70	27	1,37	3699	1,1	41	1,5	55	1,5	55	-1	-37	3,2	115
ВСк	70-90	20	1,54	3080	0	0	0,2	6	0,2	6	-0,1	-3	0,3	9
Ск	190-200	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-234	-	235	-	93	-	-69	-	25
Чернозем обыкновенный, разрез 30, плато, абс. выс. 170 м, (K=0,60-0,65)														
Ап	0-30	30	1,01	3030	-3,0	-91	3,5	106	-0,7	-21	-0,8	-24	-1,1	-30
А	30-48	18	1,23	2214	-1,7	-38	2,4	53	-0,4	-9	-0,3	-7	-0,1	0
В1	48-67	19	1,3	2470	-1,0	-25	1,7	42	-0,3	-7	-0,6	-15	-0,2	-5
В2	67-88	21	1,4	2940	-0,4	-12	1,2	35	-0,3	-9	-0,5	-15	0	0
Ск	190-200	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-165	-	236	-	-46	-	-60	-	-35
Чернозем типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м, (K=0,65-0,70)														
Ап	0-30	30	1,22	3660	-6,8	-249	2,5	92	-0,8	-29	-0,7	-26	-5,8	-212
А	30-55	25	1,4	3500	-7,5	-263	1,9	67	-0,7	-25	-1	-35	-7,3	-256
В1	55-65	10	1,4	1400	-5,3	-74	1,9	27	-0,7	-10	-0,6	-8	-4,7	-66
В2	65-80	15	1,4	2100	-3,1	-65	1,7	36	-0,5	-11	-0,2	-4	-2,1	-44
С	190-200	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-651	-	220	-	-74	-	-73	-	-578
Чернозем выщелоченный, разрез 85, плато, абс. выс. 256 м, (K=0,70-0,80)														
Ап	0-22	22	1,25	2750	-11,3	-311	1	28	-1,5	-41	-0,6	-17	-12,3	-341
А	22-50	28	1,38	3864	-8,5	-328	3,2	124	-1,4	-54	0,4	15	-6,2	-243
В1	50-68	18	1,46	2628	-8,6	-226	2	53	-0,9	-24	-0,2	-5	-7,8	-202
В2	68-88	20	1,6	3200	-5,6	-179	2,1	67	-0,5	-16	-0,1	-3	-4,2	-131
Ск	170-180	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га					-	-1045	-	271	-	-135	-	-10	-	-918

Размеры потерь минералов закономерно увеличиваются вверх по профилю почв, как следствие нарастания в этом направлении педогенного воздействия, но определяются также мощностью генетических горизонтов. В зональном аспекте также прослеживаются закономерности, в которые некоторые нарушения вносит разрез 1 обыкновенного чернозема на юге. Так потери полевых шпатов (плагиоклазов и калиевых) увеличиваются с севера на юг. Возможно, это связано с особым влиянием температурного фактора на выветривание полевых шпатов. Потери слоистых силикатов в целом возрастают в северном направлении. В этом же направлении последовательно увеличиваются общие потери первичных минералов.

В отношении глинистых минералов складывается подобная же картина (табл. 2). Так же как и первичные минералы, глинистые подвергаются разрушению, о чем свидетельствует отрицательный баланс их масс. Наибольшие элювиальные потери затронули минерал смектит. Они составили от 165-234 т/га в обыкновенных черноземах южной Молдовы до 651-1045 т/га в типичном и выщелоченном черноземах ее севера. Вместе с тем в самом южном из обыкновенных черноземов (разрез 1) на глубине 43-70 см (гор. Вк) по смектиту отмечается положительный баланс в 41 т/га, о происхождении которого будет сказано ниже. Поведение иллита существенно отличается от такового других глинистых минералов, что не раз отмечалось в предыдущих публикациях. Во всех подтипах чернозема он проявил положительный баланс, который изменяется в довольно узком пределе (220-271 т/га) с тенденцией увеличения в северном направлении. Явление накопления иллита в верхней части профиля черноземов имеет сложную природу, в которой играют роль несколько факторов: физическая диспергация слюд, устойчивость ди-иллита к выветриванию и его относительное накопление в связи с потерей смектита, а также иллитизация как следствие фиксации биогенного калия определенной категорией смектитовых образований [12]. Хлорит обнаружил положительный баланс в обыкновенном черноземе юга (разрез 1), который составил 93 т/га. Наряду с положительными балансами по смектиту и иллиту, которые в гор. Вк этого разреза суммарно выразились в 115 т/га (табл. 2), склонны накопление этого минерала связывать с остаточным явлением оглинивания понтических черноземов [13]. Вероятно, здесь мы имеем свидетельство прошлого реликтового оглинивания, намного сильнее выраженного (или сохранившегося) в обыкновенных и карбонатных черноземах, размещенных западнее на более высоких абсолютных отметках южного Припутья Молдовы. Уже севернее в том же обыкновенном черноземе (разрез 30) хлорит приобретает небольшой отрицательный баланс (46 т/га), который в типичном и выщелоченном черноземах последовательно увеличивается до 135 т/га. По каолиниту во всех исследуемых черноземах отмечается отрицательный баланс в 10-73 т/га. Из-за неустойчивости показателей содержания этого минерала какую-либо закономерность в изменении его баланса в подтиповом ряду почв выявить не удастся. Следует отметить, что количественная оценка каолинита в присутствии хлорита вызывает затруднения из-за наложения рефлексов и требует совершенствования.

В обыкновенном черноземе, представленном разрезом 1, отрицательный профильный баланс по смектиту (234 т/га) полностью перекрывается положительным профильным балансом по иллиту (235 т/га). Но положительный баланс по хлориту (93 т/га) перекрывается отрицательным балансом по каолиниту

(69 т/га) только частично. В результате получается, что итоговый положительный баланс глины (25 т/га) в этом разрезе определяется хлоритом, причем хлоритом, принадлежащим преимущественно гор. Вк, размещенном на глубине 43-70 см. В других черноземах ситуация меняется. Она начинает определяться интенсивным нарастанием отрицательного баланса смектита (со 165 до 1045 т/га) и хлорита (с 46 до 135 т/га), но главным образом смектита. Причем происходит это в основном за счет самых верхних гор. Ап и А.

Таким образом, минералогический состав глинистой части покровных отложений Молдовы под влиянием черноземного педогенеза с увеличением увлажнения почв трансформируется по пути потери смектита и хлорита и относительного обогащения ее иллитом. К такому выводу мы приходили и на более ранней стадии исследования, но теперь с конкретными цифрами по балансу масс минералов. Полный баланс глинистых минералов из слабо положительного (оглинивание) в самом южном обыкновенном черноземе (25 т/га, разрез 1) в обыкновенном черноземе, расположенном севернее, трансформируется в слабо отрицательный (35 т/га, разрез 30), который в типичном и выщелоченном черноземах резко нарастает до 578 и 918 т/га соответственно (табл. 2).

Таблица 3.

Баланс масс первичных, глинистых и общий баланс масс
породообразующих силикатных минералов черноземов (т/га)

Чернозем	Первичные	Глинистые	Баланс общий
Обыкновенный, разрез 1, плато, абс. выс. 100 м, (K=0,50-0,55)	-445	25	-420
Обыкновенный, разрез 30, плато, абс. выс. 170 м, (K=0,60-0,65)	-657	-35	-692
Типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м, (K=0,65-0,70)	-769	-578	-1347
Выщелоченный, разрез 85, плато, абс. выс. 256 м, (K=0,70-0,80)	-903	-918	-1821

Полный баланс масс породообразующих силикатных минералов в покровных отложениях водоразделов Молдовы представлен в таблице 3. Из него видно, что обе группы минералов, первичные тектосиликаты и глинистые минералы, характеризуются отрицательным балансом, обусловленным воздействием на эти осадочные образования черноземного педогенеза. В обеих группах он увеличивается с юга на север страны и в суммарно выражается показателями в 400-1800 т/га. Динамика нарастания размеров педогенного выноса силикатного вещества пород при движении на север главным образом определяется выносом глинистых минералов. Так, вынос первичных минералов в указанном направлении увеличился вдвое (с 445 до 903 т/га), в то время как вынос глинистых минералов возрос с 35 до 918 т/га, т.е. почти в 30 раз. Это обстоятельство ставит новые вопросы, ответ на которые попытаемся дать в следующих публикациях.

Выводы

В результате проведенных исследований впервые в Молдове и, вероятно, для евразийского степного и лесостепного пространства в целом установлены объемы элювиального выноса масс силикатного вещества из четвертичных отложений водоразделов под воздействием педогенеза. Они носят закономерный характер и увеличиваются по мере роста увлажненности почв. Полученные данные распространяются на отдельные минералы и группы минералов.

Установлено, что элювиальные потери каркасных минералов в черноземах составили 36-111 т/га, слоистых – 65-346 т/га. Эти данные свидетельствуют, что слоистые силикаты подвергаются более интенсивному разрушению. Среди глинистых минералов наибольшие элювиальные потери относятся к смектиту. Они составили от 165-234 т/га в обыкновенных черноземах южной Молдовы до 651-1044 т/га в типичном и выщелоченном черноземах ее севера. Иллит, в отличие от других глинистых минералов, показал положительный баланс в пределах 220-271 т/га. Минералогический состав глинистой части покровных отложений Молдовы под влиянием черноземного педогенеза трансформируется по пути потери смектита и хлорита и относительного обогащения ее иллитом.

Общие потери первичных минералов по подтипам чернозема в результате элювиального процесса составили от 400 до 900 т/га, глинистых – от 30 до 900 т/га. Суммарные потери силикатных минералов из покровных отложений водораздельных пространств Молдовы под воздействием педогенеза определяются объемами от 400 до 1800 т/га.

Полученные данные представляют существенный научный интерес. Они дают совершенно определенное представление о размерах элювиальных преобразований поверхностных отложений Молдовы и создают предпосылки для оценки регионального геохимического выноса элементов, который не может не оказывать влияние на эколого-геохимическую обстановку в республике.

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. 26-36.
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. 31-39.
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. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, и др. Гипергенная зональная трансформация минералогии породообразующих силикатов четвертичных

- отложений Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N2, 2008, p. 62-71.
6. В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, и др. Элювиальный процесс и размеры гипергенных потерь породообразующих силикатных минералов в покровных отложениях водоразделов Молдовы. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, N1, 2009, p. 19-28.
 7. Атлас Молдавской ССР. М., 1978. 131 с.
 8. Почвы Молдавии. Генезис, экология, классификация и систематическое описание почв. Кишинев: Штиинца, 1984, т.1. 352 с.
 9. Почвы Молдавии. География почв, описание почвенных провинций, районов и микрорайонов. Кишинев: Штиинца, 1985, т.2. 239 с.
 10. И.А. Соколов. Почвообразование и экзогенез. М.: 1997. 244 с.
 11. В. Е. Алексеев, А. Н. Бургеля, Е. Б. Варламов. Происхождение и возраст минералогических профилей черноземов Молдавии. Почвоведение, N 4, 2008, с. 454-466.
 12. В.Е. Алексеев. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы. Кишинев, 1999. 241с.
 13. И.А. Крупеников. Черноземы Молдавии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1967. 427 с.