

УДК 550.343

Павлов П.П.

Применение метода анализа иерархий для оценки уязвимости городских строений

Abstract

The research focuses on the assessment of the vulnerability of buildings in relation to the seismic impact. Even though the main features of the vulnerability of buildings are sufficiently defined, quantifying them remains a complex issue. The main difficulty is the determination of the weight fractions which define the influence of each factor during the integral evaluation of the vulnerability of the object. To solve this problem the analytic hierarchy process was applied. The method is widely used to solve a variety of problems that require a quantitative assessment of qualitative characteristics, also for summarizing heterogeneous independent factors. The advantages and disadvantages of the method have been evaluated. The method was used for the initial analysis of the expert assessments. The main issue of the technique has been identified - the technology of the acquisition of the base information.

Rezumat

Această lucrare este dedicată evaluării vulnerabilității clădirilor în privința impactului seismic. Cu toate că principalele caracteristici ale vulnerabilității clădirilor sunt deja suficient definite, cuantificarea lor rămâne o problemă complexă. Principala dificultate este ponderarea factorilor individuali pentru calcularea evaluării integrale a vulnerabilității obiectului. Metoda de analiză a ierarhiilor a fost folosită pentru rezolvarea acestei probleme. Această metodă este des utilizată în cazurile când este nevoie de a obține o evaluare cantitativă a caracteristicilor calitative sau de a obține o evaluare universală folosind factori independenți și eterogeni. În cadrul acestei lucrări au fost evaluate avantajele și dezavantajele metodei. Metoda a fost utilizată pentru procesarea provizorie a evaluărilor experților. A fost identificată dificultatea principală a metodei – tehnologia obținerii informațiilor de bază.

Резюме

Работа посвящена проблеме оценки уязвимости зданий по отношению к сейсмическому воздействию. Если основные признаки уязвимости строений в достаточной степени определены, то их количественная оценка представляет собой сложную проблему. Главная трудность – определение весовых долей, с которыми каждый фактор должен быть учтён при вычислении интегральной оценки уязвимости объекта. Для решения этой задачи в работе используется метод анализа иерархий, широко применяемый в разнообразных задачах, где требуется получить количественную оценку качественных признаков или просуммировать разнородные независимые факторы. Отмечены достоинства и несовершенства МАИ. Метод использован для предварительной обработки экспертных оценок. Выявлена основная трудность методики – технология получения исходной информации.

1. Проблема количественной оценки уязвимости зданий

Основным компонентом сейсмического риска в нашем регионе является повреждение городских строений. Размер этого материального ущерба зависит, с одной стороны, от силы сейсмического воздействия и, с другой, от степени уязвимости зданий по отношению к воздействию. Для сравнительной оценки уязвимости строений выделены ряд наиболее существенных факторов (признаков), её определяющих, а именно [1]:

- F₁ - возраст здания (или количество перенесённых землетрясений);
- F₂ - сейсмический резонанс;
- F₃ - дефицит сейсмостойкости;
- F₄ - степень повреждения зданий, перенёвших сильные землетрясения;
- F₅ - потеря жёсткости, выявленная по результатам инструментальных динамических измерений;
- F₆ - просадочность грунта;
- F₇ - строительный тип здания (материал стен);
- F₈ - конструктивная схема (строительная серия).

Среди них имеются такие признаки, которым можно дать количественную оценку (F₁, F₂), а также такие, которые можно подвергнуть ранжированию (F₄, F₆). Наряду с ними присутствуют признаки, которые можно только классифицировать, т.е. систематизировать без присвоения им какой-либо количественной упорядоченности, например, F₇ и F₈.

Чтобы установить интегральную величину уязвимости отдельного объекта, нужно учесть вклад каждого признака, придав ему соответствующий весовой коэффициент.

Предложенные в работе [1] весовые коэффициенты относятся к ранжированию объектов на субфакторном уровне, т.е. внутри каждого из признаков, а сами же признаки учтены с одинаковым весом. Для более точной оценки должно быть определено, какова весомость каждого признака F_i. Эта задача сложна тем, что рассматриваемые факторы настолько разнородны, что для их сопоставления нельзя выбрать общего масштаба. Тем не менее, для решения проблем подобного рода в настоящее время активно разрабатываются специальные средства, называемые системой поддержки принятия решений (СППР). Такая технология применяется при решении проблем выбора оптимальных сценариев, наилучших объектов, наиболее целесообразных вариантов в задачах всевозможного характера – менеджерских, технологических, изобретательских и т.д. [2 - 6]. СППР разрабатывает особые, так называемые критериальные методы, позволяющие проводить сравнение разнородной информации в пространстве критериев. К ним относятся, в частности, метод коллективной генерации идей (метод мозговой атаки), метод сценариев, метод «интервью», метод экспертных оценок, а также разнообразные матричные методы.

Наиболее употребительными процедурами экспертных измерений являются: ранжирование факторов по степени их важности, парное сравнение, множественные сравнения, прямая расстановка оценок и множество других.

Матричные методы экспертиз – это технологии, основанные на использовании матриц, отражающих значения (веса) параметров объекта, с последующим преобразованием матриц и оперированием ними.

Одно из основных направлений матричных методов – метод собственного вектора. Этот метод исходит из информации о попарном сравнении критериев, по которой составляется так называемая матрица превосходств. Компоненты собственного вектора, соответствующие максимальному по модулю собственному числу матрицы превосходств, представляют собой веса сравниваемых признаков.

Самыми распространёнными разновидностями данного направления являются Метод анализа иерархий и Метод расстановки приоритетов.

2. Применение метода анализа иерархий в экспертной практике

Метод анализа иерархий (МАИ) позволяет измерять и сопоставлять количественные и качественные факторы, учитываемые в процессе принятия решений или при выборе среди множества альтернатив (объектов, кандидатур, возможностей и т.д.).

МАИ предоставляет методологическую основу для решения задач выбора альтернатив посредством их многокритериального рейтингования. Метод наиболее подходит для тех случаев, когда основная часть данных основана на предпочтениях лица, принимающего решения. Метод анализа иерархий вырос в настоящее время в обширный междисциплинарный раздел науки, имеющий веские математические и психологические обоснования и многочисленные приложения, в том числе, в методиках оценки сейсмического риска [7].

Задача определения уязвимости зданий также может квалифицироваться как экспертно-оценочная задача: предположим, для омоложения застройки на фиксированной территории надо выбрать для сноса наиболее уязвимые строения.

МАИ обладает рядом неоспоримых достоинств. Он позволяет оценить противоречивость обрабатываемых данных и минимизировать ее. С этой целью в методе анализа иерархий разработаны процедуры согласования. В частности, имеется возможность определять наиболее противоречивые данные, что позволяет выявить наименее ясные участки проблемы и организовать более тщательное выборочное обдумывание проблемы. Главным достоинством процедуры аналитики считают тот факт, что веса критериев и оценки по качественным критериям не назначаются волевым методом, а формируются на основе парных сравнений, позволяющих «взвесить» критерии более осязаемо.

Исходными данными задачи являются субъективные оценки экспертов, представленные в виде отношений предпочтения сравниваемых вариантов.

3. Изложение метода анализа иерархий

МАИ создан американским математиком Т. Саати [8]. Автор построил свой метод на основе особого свойства квадратной обратносимметричной матрицы $A = \{a_{ij}\}$, каждая (i, j) ячейка которой является отношениями весов i -го и j -го фактора. Оказывается, собственный вектор такой матрицы $\{w_i\}$, называемый вектором приоритетов, представляет собой набор весов данных факторов. Идеальная матрица сравнений весов является согласованной (т.е. непротиворечивой), т.к. для всех её элементов соблюдается условие $a_{ik} = a_{ij} * a_{jk}$. Это в теории. Однако в задачах, возникающих на практике, эти веса как раз неизвестны и подлежат определению.

На основе этого замечательного свойства матрицы сравнения весов Саати предложил методику оценки весов всевозможных параметров критериального характера. Методика заключается в формировании так называемой матрицы парного сравнения признаков, составляемой из оценочного отношения важности анализируемых факторов. Оценку сравнительной важности признаков дают эксперты данной области.

Для составления матрицы требуется определенная шкала, в которой эксперт мог бы выражать количественные суждения о парах объектов (признаков, свойств и т.п.). В работе [9] Саати теоретически обосновал целесообразность использования для проведения парных сравнений 9-балльной шкалы отношений.

Для «измерения» критериальных параметров Саати предложил следующую шкалу относительной важности качественных характеристик:

- 1 балл – равносильность признаков,
- 3 балла – слабое превосходство,
- 5 баллов – заметное превосходство,
- 7 баллов – значительное превосходство,
- 9 баллов – подавляющее превосходство,
- 2, 4, 6, 8 – соответствующие промежуточные значения.

Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного из элементов над другим. С применением шкалы Саати экспертами формируется квадратная матрица парных сравнений (МПС) $A = \{a_{ij}\}$. Встречаются и другие её названия: матрица предпочтений, матрица приоритетов, матрица Саати. Если i -ый элемент доминирует над j -ым элементом, то в клетке матрицы, соответствующей i -ой строке и j -ому столбцу, ставится целое число a_{ij} , оценивающее это превосходство по шкале Саати. Если представления таковы, что объекты или признаки O_i и O_j имеют одинаковую важность, то соответствующие элементы матрицы приоритетов равны 1. Естественно, элементы a_{ii} , стоящие на главной диагонали, также равны 1. Матрица приоритетов является обратносимметричной, поскольку элементы, расположенные по разные стороны от главной диагонали, подчиняются условию $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Метод анализа иерархий допускает неполную согласованность суждений при парных сравнениях как неотъемлемую часть, чем отличается от множества подобных методов. Этим он похож на процедуру многократных измерений, каждое из которых имеет некоторую погрешность, т.е. отклонение от истинного значения измеряемой величины.

Наряду с этим, уровень рассогласованности МПС должен оставаться в достаточно узких пределах, и МАИ предоставляет математический аппарат для выяснения степени достоверности получаемых результатов.

При проведении сравнений в реальной ситуации вычисленное максимальное собственное число матрицы сравнений (λ_{max}) будет отличаться от соответствующего собственного числа для идеальной матрицы, которое у последней должно быть равно размерности матрицы (n). Это различие характеризует так называемую рассогласованность реальной матрицы. Чем больше это отличие, тем менее логично было проведено оценивание. Главное собственное значение матрицы приоритетов λ_{max} используется для оценки согласованности, отражающей пропорциональность указанных экспертом предпочтений. Чем ближе

λ_{max} к размерности матрицы приоритетов (n), тем более согласованы оценки эксперта. Количественно отклонение от согласованности выражается величиной индекса согласованности (ИС), который равен отношению $(\lambda_{max} - 1)/(n - 1)$.

ИС обратносимметричной матрицы с соответствующими обратными величинами элементов, сгенерированной случайным образом по шкале от 1 до 9, называется случайным индексом (СИ). Среднее значение случайного индекса для различной размерности матрицы приоритетов является известной величиной (см. таб. 1). Отношение ИС к среднему СИ для матрицы того же порядка называется отношением согласованности (ОС). Значение отношения согласованности, меньшее или равное 0.10, считается приемлемым. В некоторых случаях допускают рассогласованность в пределах 20%.

Таблица 1

Значения величины СИ для МПС разных размерностей

Размер матрицы (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность (СИ)	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

В рамках метода анализа иерархий нет средств для проверки достоверности данных. Это важный недостаток, ограничивающий отчасти возможности применения метода. Однако метод применяется главным образом в тех случаях, когда в принципе не может быть объективных данных, а главными ориентирами для оценок являются предпочтения людей. При этом процедура парных сравнений для сбора данных практически не имеет достойных альтернатив. Если сбор данных проведен с помощью опытных экспертов и в данных нет существенных противоречий, то качество таких данных признается удовлетворительным.

Наряду с многочисленными адептами Саати, существует немало скептиков, указывающих на спорные моменты его методики [10-14]. Так, Ногин [10] считает, что предлагаемый Саати способ определения весов не является вполне обоснованным из-за нарушения на практике свойства совместности матрицы парных сравнений. Дело в том, что при формировании экспертами МПС рассчитывать на ее строгую совместность было бы наивно. Тем не менее, согласно МАИ, весовой вектор предлагается находить как собственный вектор совместной матрицы парных сравнений. При этом получаемый собственный вектор отвечает собственному значению, которое уже не равно (n строго больше) размерности матрицы (n). В литературе по МАИ не существует доказательства того, что искомый весовой вектор обязательно должен являться собственным вектором несовместной матрицы, отвечающим ее максимальному собственному значению, превышающему n . По этой причине рассматриваемый метод нельзя назвать строго обоснованным.

Автор предлагает методику построения матрицы сравнений приоритетов, лишённую принципиального, по его мнению, недостатка – несогласованности её элементов. Во-первых, процедуру формирования матрицы парных сравнений предлагается существенно упростить, требуя от эксперта сведений не обо всех элементах этой матрицы, расположенных выше главной диагонали, а лишь об определенных "базисных" элементах, на основе которых затем находится искомый весовой вектор. При этом выбор конкретного базисного набора соответствует той

или иной схеме сравнения объектов, которую можно выбирать с целью получения наиболее надежных результатов от эксперта. Остальные элементы матрицы вычисляются на основе условия согласованности. В целом предлагаемый вариант оказывается существенно проще исходного метода, как на стадии формирования МПС, так и в ходе вычисления весового вектора. Кроме того, он полностью избавлен от "модельной" ошибки, о которой речь шла выше, поскольку основан на совместной матрице А.

Некоторые авторы [10, 14] предлагают в качестве базисных использовать наддиагональные элементы матрицы, значения которых определяются путём последовательного сопоставления пар факторов, наиболее удобных для сравнения (наиболее сопоставимых).

Такая методика формирования матрицы на основе базисных элементов гарантирует непротиворечивость данных, но это достоинство мнимое. Формируемая таким образом правильная, с формальной точки зрения, матрица на самом деле приводит к сомнительному результату. Задаваемые наддиагональные элементы уже представляют собой ненормированные веса, в относительных единицах, остаётся их лишь пронормировать. А дальнейшее составление матрицы становится излишней формальностью. Предложенные «согласованные» методики предлагают детерминированную процедуру с заранее предсказуемым результатом. Это всё равно, что определять значение какой-либо величины, измерив её однократно, вместо того, чтобы провести серию измерений и вычислить усредненное значение. Или судить о меткости стрелка по единственному выстрелу, который может быть как удачным, так и неудачным.

Методика Саати подобна многократным грубым измерениям, средний результат которых обладает большей доверительностью, чем отдельное измерение. Поэтому рассогласованность МПС, формально являющаяся недостатком и поводом для критики, на деле является её существенным достоинством.

4. Методы выработки экспертных оценок

Матрица парных сравнений, на которую опирается МАИ, составляется экспертами на основе их компетентности в исследуемой области, а также логики и интуиции. Немаловажную роль играет методика, применяемая для получения экспертных оценок.

Метод экспертных оценок должен включать комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выбора оптимальных решений или критериальных оценок. Сущность метода заключается в проведении квалифицированными специалистами интуитивно-логического анализа проблемы с качественной или количественной оценкой суждений и формализованной обработкой результатов. Тип используемых процедур экспертизы зависит от задачи оценивания.

При использовании экспертных оценок, естественно, предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта, при соблюдении определенных требований. К числу таких требований относятся: распределение оценок, полученных от экспертов, должно быть «гладким»; две

групповые оценки, данные двумя одинаковыми подгруппами, выбранными случайным образом, должны быть близки. Методы коллективных оценок основываются на принципах выявления коллективного мнения экспертов об изучаемом объекте. При применении коллективных методов рекомендуется учитывать следующие моменты: 1 – активность экспертов, 2 – личные предпочтения, 3 – авторитетность, 4 – коммуникабельность, 5 – культуру поведения. К коллективным оценкам относятся следующие методы: метод комиссий, метод мозговой атаки, метод 635, метод Дельфи и многие другие.

Метод «комиссий» - это один из разновидностей методов экспертных оценок, основанный на работе специальных комиссий. Недостаток этого метода заключается в том, что группа экспертов в своих суждениях руководствуется в основном логикой компромисса.

Метод "Дельфи", или метод "дельфийского оракула", представляет собой итеративную процедуру анкетного опроса. В отличие от традиционных методов экспертных оценок, метод Дельфи предполагает полный отказ от коллективных обсуждений. Это делается для того, чтобы уменьшить влияние таких психологических факторов, как присоединение к мнению более авторитетного специалиста, нежелание отказаться от публично выраженного мнения, следование за мнением большинства.

При этом соблюдается требование отсутствия личных контактов между экспертами и обеспечения их полной информацией по всем результатам оценок после каждого тура опроса с сохранением анонимности оценок, аргументации и критики. Процедура метода включает несколько последовательных этапов опроса. На первом этапе производится индивидуальный опрос экспертов, обычно в форме анкет. Эксперты дают ответы, не аргументируя их. Затем осуществляется статистическая их обработка и формируется коллективное мнение группы, выявляются и обобщаются аргументы в пользу различных суждений. Обработанная информация сообщается координатором экспертам, которые могут корректировать оценки, объясняя при этом причины своего несогласия с коллективным суждением. Новые оценки вновь обрабатываются, и осуществляется переход к следующему этапу. Практика показывает, что после трех-четырёх этапов ответы экспертов стабилизируются. В результате происходит сужение диапазона оценок и вырабатывается согласованное суждение. Особенности данного метода являются: анонимность экспертов (взаимодействие членов группы при заполнении анкет полностью исключается), возможность использования результатов предыдущего тура опроса, статистическая характеристика группового мнения.

Достоинством метода "Дельфи" является использование обратной связи в ходе опроса, что значительно повышает объективность экспертных оценок. Однако данный метод требует значительного времени.

5. Составление базовых матриц

В результате пробного анкетирования трёх экспертов института (назовём их, для определённости, ВГ, ЕС и ПП) по методу Саати, были составлены матрицы сравнений 8 признаков уязвимости зданий.

Таблица 2

Матрица попарных сравнений (МПС), составленная по оценкам ВГ

ПРИЗНАКИ	1 возраст	2 резонансность	3 дефицит сейсмостойкости	4 повреждённость	5 потеря жёсткости	6 просадочность	7 материал	8 конструкция	собственный вектор
1 возраст	1,00	5,00	1,00	1,00	7,00	7,00	5,00	5,00	0,31
2 резонансность	0,20	1,00	7,00	7,00	1,00	7,00	1,00	1,00	0,18
3 дефицит сейсмостойкости	1,00	0,14	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	0,14	0,09
4 повреждённость	1,00	0,14	0,20	1,00	1,00	0,11	1,00	1,00	0,05
5 потеря жёсткости	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	1,00	0,13
6 просадочность	0,14	0,14	0,33	9,00	0,20	1,00	0,20	0,14	0,04
7 материал	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14	5,00	1,00	5,00	0,10
8 конструкция	0,20	1,00	7,00	1,00	1,00	7,00	0,20	1,00	0,11

Отношение согласованности (ОС) этой матрицы сравнений равно 24%, что превышает лимит рассогласования, поэтому данные оценки требуют корректировки.

Таблица 3

МПС, составленная по оценкам ЕС

ПРИЗНАКИ	1 возраст	2 резонансность	3 дефицит сейсмостойкости	4 повреждённость	5 потеря жёсткости	6 просадочность	7 материал	8 конструкция	собственный вектор
1 возраст	1,00	2,00	0,33	0,33	1,00	9,00	1,00	1,00	0,10
2 резонансность	0,50	1,00	0,20	0,14	5,00	7,00	0,14	0,20	0,05
3 дефицит сейсмостойкости	3,00	5,00	1,00	1,00	7,00	9,00	1,00	1,00	0,22
4 повреждённость	3,00	7,00	1,00	1,00	5,00	9,00	3,00	3,00	0,29
5 потеря жёсткости	1,00	0,20	0,14	0,20	1,00	7,00	1,00	1,00	0,06
6 просадочность	0,11	0,14	0,11	0,11	0,14	1,00	0,11	0,11	0,01
7 материал	1,00	7,00	1,00	0,33	1,00	9,00	1,00	1,00	0,14
8 конструкция	1,00	5,00	1,00	0,33	1,00	9,00	1,00	1,00	0,13

Отношение согласованности (ОС) в данном случае равно 9,6%. Т.о., матрица ЕС не превосходит допустимой границы согласованности оценок (10%). Компоненты собственного вектора данной матрицы указывают на то, что ЕС считает наиболее весомыми факторами дефицит сейсмостойкости (F_3) и повреждённость зданий перенесёнными землетрясениями (F_4) и не считает серьёзным фактор просадочности грунта (F_6).

Таблица 4

МПС, составленная по оценкам ПП

ПРИЗНАКИ	1 возраст	2 резонансность	3 дефицит сейсмостойкости	4 поврежденность	5 потеря жёсткости	6 просадочность	7 материал	8 конструкция	собственный вектор
1 возраст	1,00	5,00	0,33	0,33	0,33	0,20	0,14	0,20	0,04
2 резонансность	0,20	1,00	0,20	0,20	1,00	0,20	0,14	0,20	0,02
3 дефицит сейсмостойкости	3,00	5,00	1,00	0,14	0,33	0,11	0,11	0,20	0,04
4 поврежденность	3,00	5,00	7,00	1,00	7,00	0,33	1,00	3,00	0,19
5 потеря жёсткости	3,00	1,00	3,00	0,14	1,00	0,14	0,14	1,00	0,05
6 просадочность	5,00	5,00	9,00	3,00	7,00	1,00	1,00	5,00	0,29
7 материал	7,00	7,00	9,00	1,00	7,00	1,00	1,00	7,00	0,29
8 конструкция	5,00	5,00	5,00	0,33	1,00	0,20	0,14	1,00	0,08

В данном случае отношение согласованности (ОС) равно 9,9% - эта матрица также достаточно хорошо согласована. Здесь весомыми признаны факторы F_6 (просадочность) и F_7 (тип здания) и незначительным F_2 – фактор резонанса.

Хотя матрица ПП оказалась согласованной, это не значит, что соответствующие ей веса достоверны, поскольку между достоверностью и непротиворечивостью сравнений нет явной связи. Согласованность матрицы говорит только о «кучности стрельбы», но не гарантирует точности попадания. Матрица ЕС также получилась достаточно согласованной. Однако её собственный вектор даёт совсем другие, нежели матрица ПП, веса оцениваемых факторов, соответствующие предпочтениям данного эксперта.

Поскольку исходные данные, получаемые методом экспертных оценок, неизбежно грешат большой неточностью, они обычно нуждаются в корректировке (например, в очистке от заведомо противоречивых элементов). С этой целью рекомендуется, например, при обобщении оценок экспертов отбрасывать максимальные и минимальные оценки каждого фактора, как это делается при оценке спортивных выступлений, оцениваемых судьейским жюри (т.е. экспертами). Это делается для того, чтобы уменьшить искажение данных возможными предвзятыми или недостаточно компетентными оценками.

Харитонов [15] предложил свой метод согласования субъективных измерений. Он основан на декомпозиции исходной матрицы отношений предпочтения сравниваемых объектов на матрицы меньшей размерности в случае, когда значение показателя отношения согласованности субъективных оценок в матрице превышает допустимый порог. Эта процедура позволяет выявить элементы матрицы, находящиеся в особенно «резком» противоречии с сопряжёнными элементами и, следовательно, особенно повинными в её

несогласованности, и подправить их, руководствуясь условием сопряженности. К недостаткам данной процедуры можно отнести её трудоёмкость, особенно в случае большого значения ОС.

Матрица ВГ, после корректировки путём исправления наиболее противоречивых элементов согласно условию согласованности, приобрела вид:

Таблица 5

МПС, составленная по оценкам ВГ после корректировки

ПРИЗНАКИ	1 возраст	2 резонансность	3 дефицит сейсмостойкости	4 поврежденность	5 потеря жёсткости	6 просадочность	7 материал	8 конструкция	собственный вектор
1 возраст	1,00	5,00	5,00	5,00	7,00	7,00	5,00	5,00	0,41
2 резонансность	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	7,00	1,00	1,00	0,10
3 дефицит сейсмостойкости	0,20	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	5,00	0,13
4 поврежденность	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00	5,00	1,00	1,00	0,08
5 потеря жёсткости	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	1,00	0,09
6 просадочность	0,14	0,14	0,33	0,20	0,20	1,00	0,20	0,14	0,02
7 материал	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	5,00	0,11
8 конструкция	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00	7,00	0,20	1,00	0,06

Согласованность данной матрицы является приемлемой, ОС = 8,64%. Судя по компонентам её собственного вектора, ВГ больше всего озабочен возрастом зданий (вес фактора F_1 равен 0,41) и не придаёт большого значения фактору просадочности грунта (вес фактора F_6 равен 0,02).

Полная разноречивость оценок трёх экспертов не позволяет сформировать на их основе достоверную обобщённую матрицу сравнений. По-видимому, для сбора базовой информации следует избрать какой-либо итеративный метод, позволяющий глубоко проанализировать проблему и произвести сравнительную оценку факторов риска более тщательно, либо привлечь к генерированию МПС достаточно многочисленную группу экспертов [16].

Заключение

Попытка применения метода анализа иерархий для оценки весов факторов уязвимости зданий показала, что данный метод предоставляет удобный инструмент обработки составляемой экспертами матрицы приоритетов сравниваемых факторов, позволяя на её основе рассчитать весовые межфакторные соотношения. Метод содержит возможность оценки непротиворечивости данных об отношениях приоритетов пар сопоставляемых факторов. Однако метод не может оценить правильность экспертных оценок, поскольку они полностью определяются

компетентностью экспертов и качеством методики проведения экспертизы. Последний аспект требует особенно тщательной проработки.

Литература

1. Алказ В.Г., Павлов П.П. Метод экспертных оценок для определения сейсмического риска. Buletin Institutului de Geofizică și Geologie al Academiei de Științe a Moldovei. 2009, Nr.2.
2. Ахметов О. А., Мжельский М. Б.. Метод анализа иерархий как составная часть методологии проведения оценки недвижимости. "Актуальные вопросы оценочной деятельности", 2001 г.
3. Матюшин М. М., Саркисян Х. В. Построение оценочной функции для поддержки принятия оперативных решений при контроле параметров состояния космического аппарата. Наука и образование, № 4, 2011
4. Корнеев С. В.. Системы поддержки принятия решений в бизнесе. "Сети & Бизнес" (№6, 2005)
5. Альтшуллер Г.С., Творчество как точная наука, М., "Советское радио", 1979.
6. Насыров Р. В., Тайгина Е. А., Фарукшин Р. М. Применение метода анализа иерархий в практике научных исследований. Управление в сложных системах. Уфа, 1999
7. Carreno M., Cardona O. and Barbat A. Urban Seismic Risk Evaluation: A Holistic Approach. Natural Hazards, 40 num 1, pp 137:172.
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993.
9. Саати Т. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы. — М.: Мир, 1973. — 302 с.
10. Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев// ЖВМиМФ, 2004, т. 44, № 7, С. 1259-1268.
11. Кораблёв Н.М. Определение вектора приоритетов признаков на основе процедуры неполных парных сравнений. Системы обработки информации, вып. 4(94), 2011, Харьков.
12. Подиновский В.В. Количественная важность критериев. Автоматика и телемеханика, №5, 2000 г.
13. Triantaphillou E. Two new cases of rank reversals when the AHP and some of its additive variants are used that do not occur with the multiplicative AHP // J. Multi-Criteria Decision Analyses. 2001. V. 10. P. 11-25.
14. Шведенко В.Н., Староверова Н.А. Методы повышения точности расчета компонентов вектора приоритетов иерархической системы альтернатив при проведении экспертных оценок. «Вестник ИГЭУ» Вып. 3 2009 г.
15. Харитонов Е. В. Согласование исходной субъективной информации в методах анализа иерархий. //Математическая морфология. - Т. 3. - Вып. 2 – 1999. – С. 41-51.
16. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. - М.: Знание, 1985.

Дата поступления в редакцию – 27 декабря 2011

УДК 550.34.06

Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Карданец В.Ю.

Механизмы очагов землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 г.

Abstract

The results of determination of focal mechanisms of deep earthquakes in Moldova on May 1 and October 4, 2011 are considered. A comparative analysis of fault plane solutions of these earthquakes is made. The earthquake occurred in the Vrancea, in the Carpathians by about horizontal compression and about vertical extension. Deformation tensor components in seismic focuses are calculated.

Rezumat

Articolul conține materiale de cercetare a mecanismelor focale de cutremuri din 1 mai și 4 octombrie 2011 în Republica Moldova. Pentru focarele cutremurilor examinate se observă o orientare tipică pentru regiunea Vrancea a axelor de tensiune compresie aproape orizontală și dilatare aproape verticală. S-a calculat componenții tensorului deformațiilor în zona sursei.

Резюме

Приведены результаты решения механизмов очагов оцутимых в Молдове землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 года. Сделан сравнительный анализ механизмов очагов этих землетрясений. Землетрясения произошли в области Вранча в Карпатах под действием близгоризонтальных сил сжатия и близвертикальных сил растяжения. Рассчитаны компоненты тензора деформации в очаговых зонах.

Землетрясения 1 мая 2011 года с $M_{sm} = 5,1$ и 4 октября 2011 года с $M_{sm} = 4,8$ зарегистрированы всеми сейсмическими станциями Молдовы и мировой сетью. Очаги этих землетрясений приурочены к центральной части области Вранча. Описание макросейсмического проявления этих событий приведено в статье настоящего сборника [1].

Верхняя мантия, к которой приурочены вранчские очаги, является малоизученной областью земных недр. Именно она ответственна за размещение на Земле океанов и материков. Здесь же хранятся тайны возникновения горных хребтов, создаются законы распределения полезных ископаемых, рождаются проекты будущих сейсмических катастроф. Поэтому важной задачей служит исследование динамических параметров очагов землетрясений с промежуточной глубиной очагов.

Для построения механизмов очагов использовалась методика Введенской [2], разработанная на основе теории дислокаций. Определяется положение двух нодальных плоскостей разрыва, ориентация подвижек по ним, направления главных осей напряжений, снимаемых в момент землетрясения.

Исходными данными для построения механизма очага служат знаки смещения в продольных волнах, поле распределения которых на станциях вокруг очага эквивалентно полю, создаваемому при внезапном приложении на площадке

скольжения равномерно распределенной в ее пределах системы взаимно уравновешенных сил.

Исследование сделано на основе данных о знаках первых вступлений короткопериодных продольных волн, опубликованных в бюллетенях сети сейсмических станций Молдовы, Сейсмологического бюллетеня Украины и из бюллетеней Международного сейсмологического центра (ISC). Для события 1 мая использовано 83 знака вступлений Р-волн в широком азимутальном створе до эпицентрального расстояния $\Delta = 9,92^\circ = 1091$ км, из них 40 сжатий, 43 растяжения. Для события 4 октября использовано 65 знаков, из них 47 сжатий, 18 растяжений до $\Delta = 13^\circ = 1430$ км.

В таб. 1 приведены параметры механизмов очагов землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 года. Нодальные плоскости $NP1$ и $NP2$ задаются азимутом по простиранию (STK – strike), углом падения (DP – dip) и углом скольжения (SLP - slip). Оси сжатия (P), растяжения (T) и промежуточного (N) напряжений задаются азимутом (AZM) и углом погружения относительно горизонта (PL - plunge) в соответствии со стандартной процедурой. Все построения выполнены на сетке Вульфа в нижней полусфере. Во второй и четвертой строке таблицы представлено решение механизмов очагов исследуемых землетрясений по данным румынских авторов [3].

Таблица 1. Параметры механизмов очагов землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 г.

Дата	Нодальные плоскости						Оси главных напряжений						N/n	Источник
	$NP1$			$NP2$			P		B		T			
	Stk	Dp	Slip	Stk	Dp	Slip	Az	Pl	Az	Pl	Az	Pl		
01.05	155	66	72	12	30	124	258	20	162	16	38	63	83/10	ИГС
	157	64	79	2	28	112	256	19	67	26	46	69	46	ROM
04.10	226	52	108	20	40	70	304	6	37	14	190	84	65/8	ИГС
	224	46	115	8	48	65	116	1	26	20	214	70	49	ROM

ИГС – Институт геологии и сейсмологии АН Молдовы;

ROM – Национальный Институт Физики Земли – INFP, Бухарест, Румыния.

Стереограммы механизмов очагов землетрясения 1 мая и 4 октября в проекции на нижнюю полусферу по данным разных авторов приведены на рис. 1.

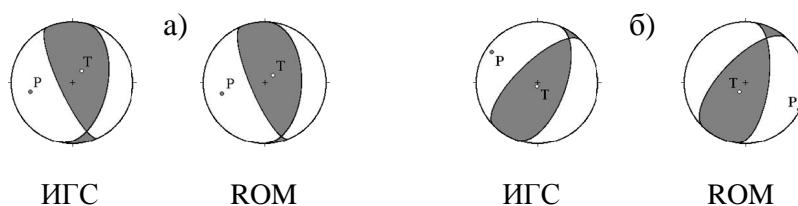


Рис. 1. Возможные варианты решения механизмов очагов землетрясений 1 мая (а) и 4 октября (б).

Условные обозначения: \bigcirc – нодальные линии; \circ – оси напряжений сжатия P ;

\bullet – оси напряжений растяжения T . (область волн сжатия зачернена)

Полученные нами решения механизмов (ИГС) хорошо согласуются с данными, полученными в Институте Физики Земли в Бухаресте (ROM).

Оба землетрясения произошли под действием сил близгоризонтального напряжения сжатия и близвертикального растяжения.

Рассмотрим решения, полученные авторами. При событии 1 мая ось напряжения растяжения T направлена на северо-восток – юго-запад, ось напряжения сжатия P ориентирована субширотно ($AZM=258^\circ$). Обе нодальные плоскости простираются субмеридионально. Одна из них (рабочая) крутая ($DP = 66^\circ$) падает на юго-запад, другая положе ($DP = 30^\circ$) имеет юго-восточное падение. Подвижка по крутой плоскости – взброс с небольшим левосторонним сдвигом.

В случае землетрясения 4 октября ось напряжения растяжения ориентирована почти вертикально и ориентирована в направлении север-юг. Ось сжатия имеет северо-западное – юго-восточное направление ($AZM = 304^\circ$). Нодальные плоскости простираются в направлении северо-запад – юго-восток. Углы падения плоскостей, одной на северо-запад, другой на юго-восток, имеют близкие значения (52° и 40°). Тип подвижки в очаге – взброс с незначительным правосторонним сдвигом. Подобный вариант механизма очага является типичным для промежуточных очагов области Вранча и наиболее сейсмически опасным для территории Молдовы, которая находится в створе максимального излучения энергии очага. Горная дуга надвигается на Предкарпатский прогиб. Компоненты вектора, описывающие механизмы очагов исследуемых землетрясений приведены на рис. 2.

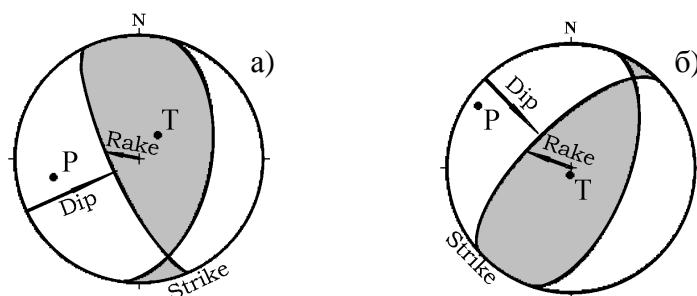


Рис.2. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 1 мая (а) и 4 октября (б) по данным первых движений в продольных волнах (нижняя полусфера).

Условные обозначения:

- – оси главных напряжений сжатия (P) и растяжения (T); \ – нодальные линии;
- Strike, Dip, Rake – компоненты вектора, описывающего механизм.

При сравнительном анализе двух ощутимых в Молдове землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 г. оказалось, что при небольшой разнице в размере магнитуд, в координатах эпицентра и глубинах очагов, макросейсмический эффект и решения механизмов очагов значительно отличаются между собой. Разница в процессах разрывообразования двух событий наглядно представлена на блок-схеме процессов подвижки в очаге (рис. 3 а-г), для вертикального среза по оси В-З (вид сбоку) и для горизонтального среза по плоскости С-Ю (вид сверху).

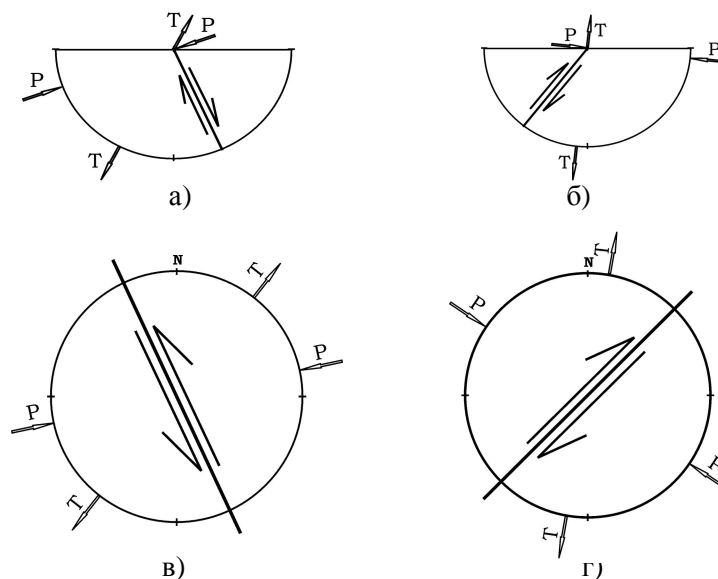


Рис. 3. Блок-схема подвижки в очаге землетрясения:
1 мая (а) и 4 октября (б) – для вертикального среза;
1 мая (в) и 4 октября (г), – для горизонтального среза.

На рис. 3 (а, б) видно, что при землетрясении 1 мая нодальная плоскость наклонена более круто по отношению к горизонту. Ось сжатия P ближе к горизонтالي, а ось растяжения T – к вертикали при событии 4 октября.

Из рис. 3 (в, г) следует, что направление простирания нодальных плоскостей различно. В случае 1 мая нодальная плоскость параллельна простиранию Восточных Карпат, а 4 октября – параллельно касательной к изгибу Карпатской дуги.

Оценим величину сейсмического момента и площадь разрыва, для чего воспользуемся приведенными в [4] соотношениями:

$$\log Mo = 1,5 mb + 9,0, \text{ для } 3,8 < mb < 5,2,$$

$$\log Mo = (1,5 \pm 0,02) \log S_r + (15,25 \pm 0,05),$$

здесь:

mb – магнитуда по объёмным волнам,

Mo – скалярная величина сейсмического момента,

S_r – площадь разрыва в виде круга радиуса r .

Поскольку определяемая на станциях Молдовы магнитуда Msm практически совпадает с магнитудой mb [5], используем её для оценки сейсмического момента землетрясений.

С другой стороны:

$$Mo = \mu SD,$$

где:

μ – модуль сдвига материала горных масс в области очага,

S – площадь разрыва,

D – смещение по разрыву.

Зная сейсмический момент, модуль сдвига и площадь разрыва, можно получить оценочные значения среднего значения смещения и снимаемой в результате землетрясения средней по разрыву деформации в очаге ε [3].

Примем $\mu = 0,7 \cdot 10^{11}$ н/м² [6] для землетрясений промежуточной глубины и оценим значения очаговых параметров (таб. 2).

Таблица 2. Оценка очаговых параметров землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 г.

Дата	M_0 , нм	S , км ²	r , км	D , см	$\varepsilon=D/2r$
1 мая	$4.467 \cdot 10^{16}$	8.58	1.65	7,44	$2,25 \cdot 10^{-5}$
4 октября	$2.239 \cdot 10^{16}$	5.41	1.31	5,91	$2,25 \cdot 10^{-5}$

Представленные значения очаговых характеристик определены с помощью корреляционных соотношений, но правильнее бы было получить их из наблюдений.

Очаг землетрясения рассматривается как чистый сдвиг вдоль плоскости разрыва в однородной среде, оценки средней деформации малы (таб. 2). Можно считать, что выполняются линейные соотношения между параметрами теории упругости. При этом тензоры деформации, напряжения и сейсмического момента отличаются с точностью до скалярного множителя и совпадают с тензором механизма очага. Максимальные деформации наблюдаются по осям напряжений растяжения (удлинения) и напряжений сжатия (укорочения). В системе координат, связанной осями напряжений T , P и перпендикулярной к ним осью B , тензор деформаций содержит только два отличных от нуля значения: положительное удлинение вдоль оси T и укорочение – вдоль оси P . Направления осей сжатия и растяжения в этой системе являются собственными векторами тензора.

Из определений параметров механизмов очагов найдём компоненты тензора деформации в ортогональной географической системе координат x , y , z , где ось x направлена по параллели на восток, y – по меридиану на север, z – в зенит [6].

Находим направляющие косинусы осей растяжения T и сжатия P в системе координат x , y , z и рассчитываем значения компонент тензора деформаций вдоль осей географической системы, которые определяются так [6]:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xx} &= (\sin^2 \varphi_t \sin^2 \alpha_t - \sin^2 \varphi_p \sin^2 \alpha_p); \\ \varepsilon_{yy} &= (\sin^2 \varphi_t \cos^2 \alpha_t - \sin^2 \varphi_p \cos^2 \alpha_p); \\ \varepsilon_{zz} &= (\cos^2 \varphi_t - \cos^2 \varphi_p),\end{aligned}$$

где: φ – угол между осью и вертикалью,

α – азимут этой оси – угол между ее горизонтальной проекцией и нулевым меридианом.

Выражения для сдвиговых компонент тензора деформации в очаге:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xy} &= 2(\sin^2 \varphi_t \sin \alpha_t \cos \alpha_t - \sin^2 \varphi_p \sin \alpha_p \cos \alpha_p); \\ \varepsilon_{yz} &= 2(\sin \varphi_t \cos \alpha_t \cos \varphi_t - \sin \varphi_p \cos \alpha_p \cos \varphi_p); \\ \varepsilon_{zx} &= 2(\sin \varphi_t \sin \alpha_t \cos \varphi_t - \sin \varphi_p \sin \alpha_p \cos \varphi_p).\end{aligned}$$

Полученные значения компонент тензора деформации для двух рассматриваемых сейсмических событий отражены в таб. 3.

Таблица 3. Компоненты тензора деформации в очагах землетрясений
1 мая и 4 октября 2011 года ($2,25 \cdot 10^{-5}$)

1 мая			4 октября		
-0,7667	0,0796	-0,5634	-0,6795	0,4602	-0,0679
0,0796	0,0898	-0,3856	0,4602	-0,2985	-0,0086
-0,5634	-0,3856	0,6768	-0,0679	-0,0086	0,9781

Значения компонент полученного тензора механизма очага в географической системе координат позволяют охарактеризовать процессы, проходящие в очаговых зонах.

Землетрясение 1 мая 2011 года произошло вследствие сжатия материала Земли в области землетрясения в горизонтальной плоскости в направлении запад – восток и на порядок меньшего удлинения в направлении север – юг. В вертикальной плоскости наблюдается растяжение. При этом углы, первоначально прямые, сдвигаются в сторону уменьшения в плоскости ХУ и увеличиваются в других плоскостях.

Землетрясение 4 октября обусловлено горизонтальным сжатием и вертикальным растяжением при большой положительной сдвиговой деформации в плоскости ХУ. Происходило выжимание материала, слагающего массы Земли в области очага в вертикальном направлении. Поскольку расположение очагов рассматриваемых землетрясений в пределах точности вычислений, совпадает, то следует отметить, что вследствие землетрясения 1 мая в очаговой области произошло изменение деформационного поля, и второе землетрясение произошло несколько при иных условиях.

Происшедшие в 2011 году два землетрясения несколько сняли напряженность в области Вранча, вызванную тектоническими процессами в Восточных Карпатах, в центральной части изгиба горной дуги.

Литература

1. Илиеш И.И., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Карданец В.Ю. Макросейсмический эффект землетрясений в Молдове в 2011 году. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. 2011, №2.
2. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах при помощи теории дислокации. М. Наука. 1969. 260 с.
3. Institutul National pentru Fizica Pamantului С.Р. MG-2, Bucuresti – Magurele, Romania, <http://infp.infp.ro/eqsinfo.php>.
4. Seismic scaling relations (P. Bormann). IASPEI, New Manual Seismological Observatory Practice (NMSOP), v. 1, ed. Peter Bormann. GeoForschungsZentrum, Potsdam, 2002, С. 82-94.
5. Друмя А.В., Степаненко Н.Я. Определение магнитуд подкорковых землетрясений области Вранча на сейсмической станции Кишинев. Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны ЕССН СССР Крым – Карпаты за 1977 г. Киев, Наукова думка. 1983. С. 81-85.
6. Ризниченко Ю.В. Расчет скорости деформации при сеймотектоническом течении горных масс. Изв. АН СССР. Физика Земли, 1977, №10. С. 34-47.

Дата поступления в редакцию – 19 декабря 2011

УДК 699.841

Золотков А.С.*

Натурные виброиспытания фрагментов монолитных зданий

Abstract

Vibro dynamics tests of the fragments of monolithic reinforced concrete buildings to their destruction in the Chisinau municipality was the final phase of research, aiming at developing effective reinforcement schemes of monolithic reinforced concrete buildings in seismic zones, developing the method for wall calculations based on the revised calculation models and the methods for consolidations of these buildings.

Structure of the fragments was simplified to a maximum level in order to exclude the influence of other secondary factors.

Rezumat

Încercările vibrodinamice a fragmentelor clădirilor din beton armat monolit pînă la distrugerea lor în or. Chișinău a constituit faza finală a cercetărilor, care aveau ca scop elaborarea schemelor efective de armare a clădirilor din beton armat monolit pentru zonele seismice, elaborarea metodei de calcul a pereților în baza precizărilor modelelor de calcul și metodelor de consolidare a acestor clădiri.

Construcția fragmentelor a fost simplificată la maximum pentru a exclude influența altor factori secundari.

Резюме

Вибрационные испытания фрагментов монолитных зданий до разрушения в г. Кишиневе явились заключительным этапом исследований, направленных на разработку, эффективных схем армирования сейсмостойких монолитных зданий, метода расчета их стен на основе уточненных расчетных моделей и методов усиления таких зданий.

Конструкции фрагментов были предельно упрощены для того, чтобы исключить влияние второстепенных факторов.

Для натурных испытаний в г. Кишиневе были возведены два шестиэтажных фрагмента монолитных зданий в индустриальной переставной опалубки (рис. 1, 2) на фундаментных плитах размером 9840x14600x400 мм.

Четыре глухие стены этих фрагментов имели одинаковые контурное армирование и различное полевое (см. рис. 1, 2)

По условиям эксперимента, напряженное состояние стен опытных фрагментов должно было соответствовать 16-этажным зданиям. Для того чтобы выполнить это условие следовало 6-ти этажные фрагменты перегрузить.

Перегрузка фрагментов путем размещения на его перекрытиях дополнительных масс нежелательна, так как приводит к уменьшению интенсивности колебаний, поскольку их амплитуда обратно пропорциональна массе сооружения. По этой причине был применён метод безинерционного пригруза с помощью системы гидродомкратов, гибких (троссовых) тяг и стальных

* Министерство строительства и развития территории РМ

анкеров с натяжными муфтами. Расчетная величина пригрузки стен 6-ти этажного фрагмента составляла, 5904 кН.

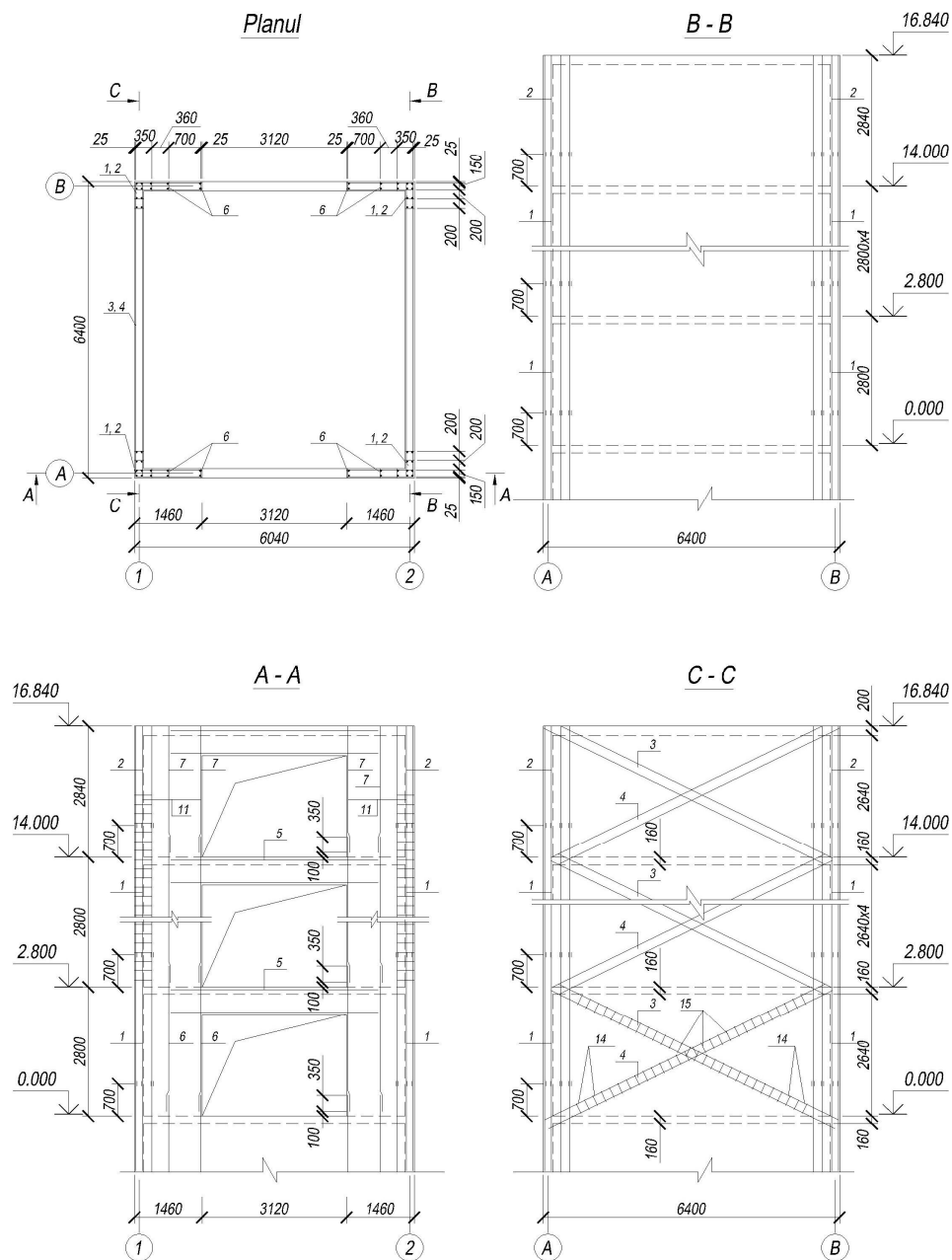


Рис. 1. Конструирование и армирование стен Фрагмента № 1:
 1, 2 – контурные пространственные Г-образные каркасы;
 3, 4 – пространственные диагональные каркасы.

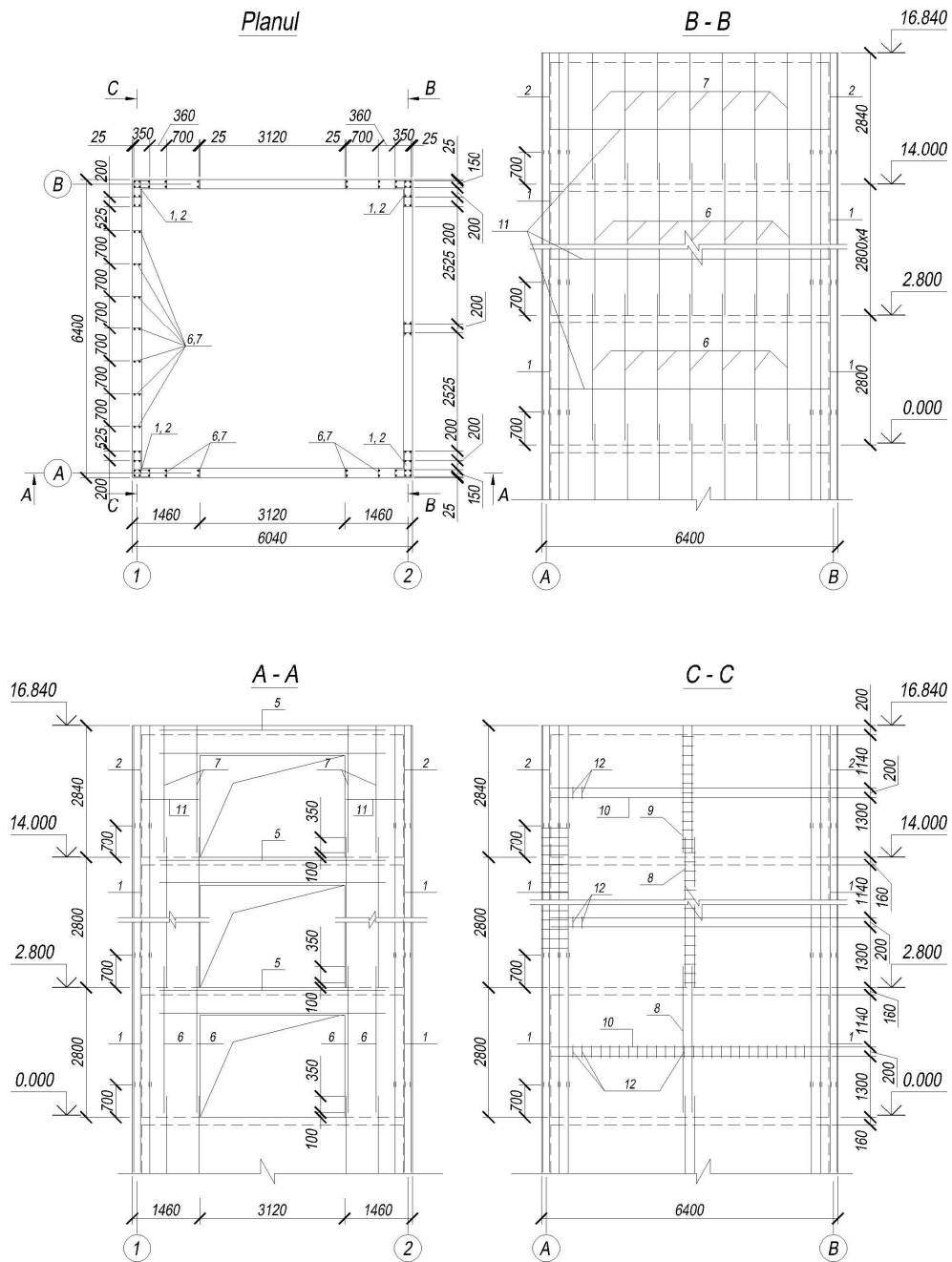


Рис. 2. Конструирование и армирование стен Фрагмента № 2:
 6, 7 – плоские вертикальные каркасы;
 8, 9, 10 – пространственные крестообразные каркасы;
 11, 12, 14, 15 – поперечное армирование.

Как известно, в реальных зданиях соотношение M/Q (момента к поперечной силе) изменяется в широких пределах. Уменьшение этажности здания изменяет это соотношение в направлении повышения роли поперечных сил, что отвечает задачам эксперимента, поскольку предполагалось изучить характер разрушения стен зданий по косым сечениям.

Вибрационные испытания фрагментов осуществлялись модифицированной вибромашинной В-2 конструкции ЦНИИЭПжилища. Машина включает шесть вибраторов с двумя эксцентральными грузами каждый. Сменные дебалансы этих грузов позволяют увеличивать момент вибратора с 31 кгм до 390 кгм. При жестком соединении шести вибраторов максимальный момент составляет 2340 кгм. Характеристика этапов испытаний дана в таб. 1.

Таблица 1. Характеристика этапов виброиспытаний.

Фрагмент №2			Фрагмент №1		
№№ этапов	Момент машины $M_r, \text{kg}^*\text{m}$	Примечание	№№ этапов	Момент машины $M_r, \text{kg}^*\text{m}$	Примечание
1	31	Без вертикального пригруза	9	31	
2	31		10	31	
3	62		11	31	
4	186	Повторялся дважды	12	186	Повторялся дважды
5	684	Появились трещины в стенах	13	684	Появились трещины
6	684		14	1182	Развитие трещин, разрушение сжатых зон бетона
7	1182	Развитие трещин, разрушение сжатых зон бетона	15	1182	
8	1182	Повреждение 3-4 степени	16	1182	Повреждение 3-4 степени

Примечание: На 1-ом этаже вертикальный пригруз отсутствовал, на всех остальных этажах он соответствовал 4800 кН на один фрагмент.

По мере роста инерционной нагрузки в стенах, а затем в перекрытиях появились трещины, преимущественно на 1-2 этажах. Наклонная ориентация трещин в стенах соответствовала картине повреждений монолитных зданий при Карпатском землетрясении 1986 года.

За счет знакопеременности нагружения трещины в каждой стене 1-го этажа образовывали трапецию, расширяющуюся книзу. На уровне перекрытия 1-го этажа эти трещины сопрягались с горизонтальной трещиной в технологическом шве, которая переходила в наклонные трещины в растянутой зоне стен 2-го этажа.

Указанные трещины на дальнейших этапах испытаний получили существенное раскрытие и являлись магистральными (критическими).

Помимо этих в стенах появилось значительное количество второстепенных трещин. Их было тем больше, чем чаще располагались стержни полевой арматуры в стенах, зато ширина их раскрытия была меньше, чем в стенах со слабым полевым армированием. Наибольшая ширина косых трещин была отмечена в стене без полевого армирования.

В перекрытиях трещины концентрировались преимущественно в углах и в местах проемов.

Характерно для испытанных фрагментов было разрушение сжатых зон стен у углов зданий. Бетон в этих местах раскрошился, отмечалось выпучивание стержней

контурной арматуры (при работе их на сжатие) и разрыв некоторых тонких стержней (при работе их на растяжение).

В целом характер трещинообразования и разрушения фрагментов при динамических испытаниях оказался идентичным наблюдавшемуся при статических испытаниях монолитных стен в условиях сложного нагружения. Результаты этих испытаний подробно описаны в книге Ю. В. Измайлова «Сейсмостойкие монолитные здания» [1].

В результате проведения виброиспытаний и статических испытаний фрагментов монолитных зданий Отраслевой Лабораторией Сейсмостойкого Строительстве Технического Университета Молдовы был разработан метод расчета стен таких зданий на особое сочетание нагрузок. Этот метод основан на рассмотрении обобщенной расчетной модели, учитывающей работу сжатого бетона, сил зацепления в трещинах, контурной и полевой арматуры.

Для сравнения расчеты выполнялись и по другим методикам: СниП, РСН 13-87, ЦНИИЭПжилища, НИИЖБ, по эмпирическим формулам единого строительного кода UBC USA, F. Barda, O. V. Hernandez и T. P. Tassios

Наиболее близкое совпадение теоретических и экспериментальных значений несущей способности фрагментов было получено при использовании расчетной методики Технического Университета Молдовы. Отклонение экспериментальных данных от теоретического прогноза по другим расчетным методикам составило 50% и более [2].

В результате виброиспытаний оба фрагмента были доведены до разрушения. Разрушения достигли 4-й степени. На этой стадии испытания были прекращены, а оба фрагмента подверглись усилению с применением полимерных составов.

Характерным для работ по усилению было не стремление устранить все повреждения, полученные стенами, а лишь те из них, которые играют решающую роль в формировании несущей способности фрагментов.

Исходя из этого принципа, был полностью заменен раздробленный бетон сжатых зон на полимербетон, восстановлена с помощью коротышей разорванная контурная арматура, проиньжецированы магистральные трещины. В местах их прохождения в уровне перекрытия над 1-м этажом были выполнены наклонные полимерные армированные каналы; цилиндрические армированные шпонки, которые, как показали дальнейшие испытания, восстановили сопротивление сдвигу технологических швов.

Данное направление является самостоятельной работой по изучению эффективности новых методов восстановления сплошности и несущей способности железобетонных конструкций. Основной материал представлен в работе [3].

Повторные испытания показали, что за счет описанного комплекса мер, несущая способность фрагментов была, полностью восстановлена.

Литература

1. Измайлов Ю. В. Сейсмостойкие монолитные здания. Изд. «Карта молдовеняскэ», 1989.
2. Золотков А. С. Сейсмостойкость монолитных зданий. Изд. «Карта Молдовей», 2000.
3. Burovenco V., Zolotcov A., Pavlov O. Restabilirea compactității betonului la construcțiile afectate de cutremur. În. a XVI-a Conferință pentru beton cu participare internațională. Comportarea și calculul structurilor din beton la acțiuni seismice și alte acțiuni speciale. Comunicări. Brașov: Romania, 28-30 Iunie, 1994, vol.2, p.3-99 – 3-104.

Дата поступления в редакцию – 19 декабря 2011

УДК 550.348.096.64

Илиеș И.И., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Карданец В.Ю.

Макросейсмический эффект землетрясений в Молдове в 2011 году

Abstract

The article provides a synthesis of instrumental and macroseismic data about the effect of the earthquakes May 1st and October 4th 2011 in Republic of Moldova. It contains the tables with the reports of our correspondents and macroseismical maps of Moldavia, as well as intensity tables of Romania.

Rezumat

Articolul prezintă o sinteză a datelor instrumentale și macroseismice cu privire la manifestarea cutremurelor din 1 mai și 4 octombrie 2011 pe teritoriul Republicii Moldova. Conține tabele cu rapoarte ale corespondenților și hărți macroseismice din Republica Moldova, precum și tabele cu valori ale intensității, înregistrate pe teritoriului României.

Резюме

В статье представлено обобщение инструментальных и макросейсмических данных о проявлении землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 года на территории Республики Молдовы. Приводятся таблицы с отчётами сейсмокорреспондентов и карты изосейст по Молдавии, а также таблицы пунктов-баллов по Румынии.

Традиционно ощутимые в Молдове землетрясения возникают за ее пределами, в области Вранча, в Румынии. В 2011 г. их было два: 1 мая в 02^h24^m и 4 октября в 02^h40^m. Для описания их макросейсмического эффекта использовался материал, собранный по республике.

Землетрясение 1 мая ощущалось многими жителями Молдовы, а также на территории Румынии и в северной Болгарии. По данным румынского Института физики Земли [1] в восточной части Румынии в расположенном вблизи эпицентра населенном пункте Фундулея отмечена интенсивность 5 баллов по шкале Меркалли, в городах Бухарест, Бакэу, Бырлад, Браила, Бузэу, Констанца, Кымпина, Меджидия, Сфынту-Георге, Тулча, Яссы – 4 балла. Сотрясения интенсивностью в 3 балла отмечены в городах: Брашов, Галац, Джурджу, Клуж-Напока, Крайова, Мангалия, Питешть, Плоешть, Роман, Сибиу, Слобозия, Тырговиште, Фокшань, Чернавода и др.

В таб. 1 приведены основные параметры землетрясения по данным различных европейских агентств [1-3]. Все определения: время в очаге, координаты эпицентра, магнитуда в пределах точности согласуются между собой. Землетрясение приурочено к центральной части очаговой зоны. Глубина очага варьирует от 130 до 150 км.

Таблица 1. Параметры очага землетрясения 1 мая по данным различных агентств мира.

Дата	Время в очаге, ч. м. с.	Широта φ°,N	Долгота λ°,E	Глубина км	Магнитуда	Агентство
01.05	02 24 19.9	45.59	26.47	130	$ML=5.2/15^*$	MOLDa
	02 24 15.6	45.62	26.42	140	$Mb=4.9/1$ $Msm=5.0/1$ $Md=4.5/15$ $Mcoda=4.8/1$	MOLDm
	02 24 16.1	45.58	26.45	137	$ML=4.9/48$	BUC
	02 24 14.5	45.60	26.58	150	$Mb=4.7$	EMSC
	02 24 16.2	45.59	26.55	139	$Md=5.0$	IRSA

* /n – количество станций, используемых для определения магнитуды.

Ниже приводится описание проявлений землетрясения 1 мая в различных населенных пунктах Молдовы. Кроме телефонных сообщений на сейсмическую станцию «Кишинёв», использовались макросейсмические данные по республике, которые были получены анкетным способом от постоянных корреспондентов.

Землетрясение 1 мая 2011 г. произошло в 05^h24^m по местному времени, когда жители страны спали. Сведения об ощутимости толчков были получены из 15 населенных пунктов от постоянных сейсмокорреспондентов в ответ на разосланные анкеты.

На сейсмическую станцию «Кишинев» поступило множество телефонных звонков от взволнованных жителей города.

В таб. 2 представлено описание проявления землетрясения в 15 населенных пунктах Молдовы, определено эпицентральное расстояние Δ и азимут от эпицентра Az , указана балльность по шкале MSK-64.

Как видно из таблицы 2, максимальная интенсивность на территории республики не превысила четырех баллов. Колебания силой в 4 балла отмечены в пяти населенных пунктах в юго-западной части страны. В северо-восточной части колебания не проявились. В половине населенных пунктов таблицы жители слышали подземный гул.

На рис. 1 показано распределение интенсивности землетрясения 1 мая на молдавской территории в соответствии с таб. 2. Показано положение эпицентра землетрясения и решения механизма очага по данным авторов ИГС и румынских сейсмологов ROM [1]. Слабые колебания (2-3 балла) достигли побережья Днестра.

Таблица 2. Макросейсмические сведения о землетрясении 1 мая 2011 г.

№	Населенный пункт	Δ км	Az °	Макросейсмическое описание	Балл MSK-64
1	с. Паику Кагульского р-на	140	71	Землетрясение почувствовало большинство жителей. Некоторые проснулись. Перед землетрясением слышался гул, похожий на шум от проходящего тяжёлого транспорта. Затем наблюдались колебания с запада на восток, которые были замечены и на улице. Некоторые испугались. В домах качались люстры, лампочки, звенели оконные стёкла.	4
2	г. Кагул	141	77	Ощущалось на 1-2 этажах зданий. Люди просыпались, ощущали колебания, немногие испугались. Слышался скрип пола. Собаки беспокоились. Гул был как от проезжающего тяжелого транспорта.	4
3	с. Гаваноаса Кагульского р-на	154	83	Ощутило большинство жителей, как в состоянии покоя, так и в движении. Многие проснулись, вышли во двор. Сначала слышался гул, словно по улице проезжал тяжелогружённый транспорт. Затем несколько секунд ощущались колебания, направленные на юго-восток.	4
4	г. Леова	170	56	Почувствовало большинство жителей, все проснулись, большинство испугались. Перед землетрясением слышался гул, затем несколько секунд ощущались толчки. Дребезжали двери, окна. Во время землетрясения беспокоились животные. Колебания были похожи на таковые от тяжелогружённого транспорта.	4
5	с. Балаурешты Ниспоренского р-на	197	42	Спящие проснулись, услышав гул, затем ощутили два толчка. Некоторые испугались, большинство жителей покинули дома. Звенела посуда. Беспокоились куры.	4
6	с. Князевка Леовского р-на	197	54	Землетрясение ощущалось многими жителями, находившимися в спокойном состоянии. Некоторые проснулись. До толчка слышался гул, как от проезжавшего тяжелогружённого транспорта.	3-4
7	с. Кэлинешть Фалештского р-на	228	21	Некоторые жители проснулись. Сейсмокорреспондент почувствовал медленное колебание с юго-запада на северо-восток.	3
8	с. Сэрата-Ноуа Фалештского р-на	233	25	Некоторые люди, почувствовав землетрясение, проснулись. Качались лампочки. Во время землетрясения беспокоились животные.	3
9	г. Кишинев	239	49	На сейсмическую станцию поступило много сообщений с 1-9 этажей. Все звонившие проснулись от землетрясения. Ощутили 1-2 толчка, чувствовали покачивание. Перед землетрясением слышался гул, на верхних этажах дребезжали стёкла. Беспокоились животные.	3
10	с. Яблони Глодянского р-на	259	20	Никто из опрошенных сейсмокорреспондентом (73 человека) не ощутили колебаний, но двое из них слышали гул, как от движущегося грузовика.	1
11	г. Бельцы	263	26	Немногие проснулись, ощутили два слабых толчка. До землетрясения некоторые животные (собака, куры) беспокоились.	2-3
12	г. Бендеры	272	59	Не ощущалось	0
13	г. Тирасполь	281	61	Проснулись немногие, ощутили один слабый толчок. Кое-где наблюдалось дребезжание посуды.	2-3
14	г. Резина	306	39	Некоторые жители ощутили легкие колебания, услышали дребезжание стекол.	2
15	с. Чорна Резинского р-на	310	37	Некоторые проснулись от землетрясения, чувствовали колебания, слышали звон оконных стекол.	2-3

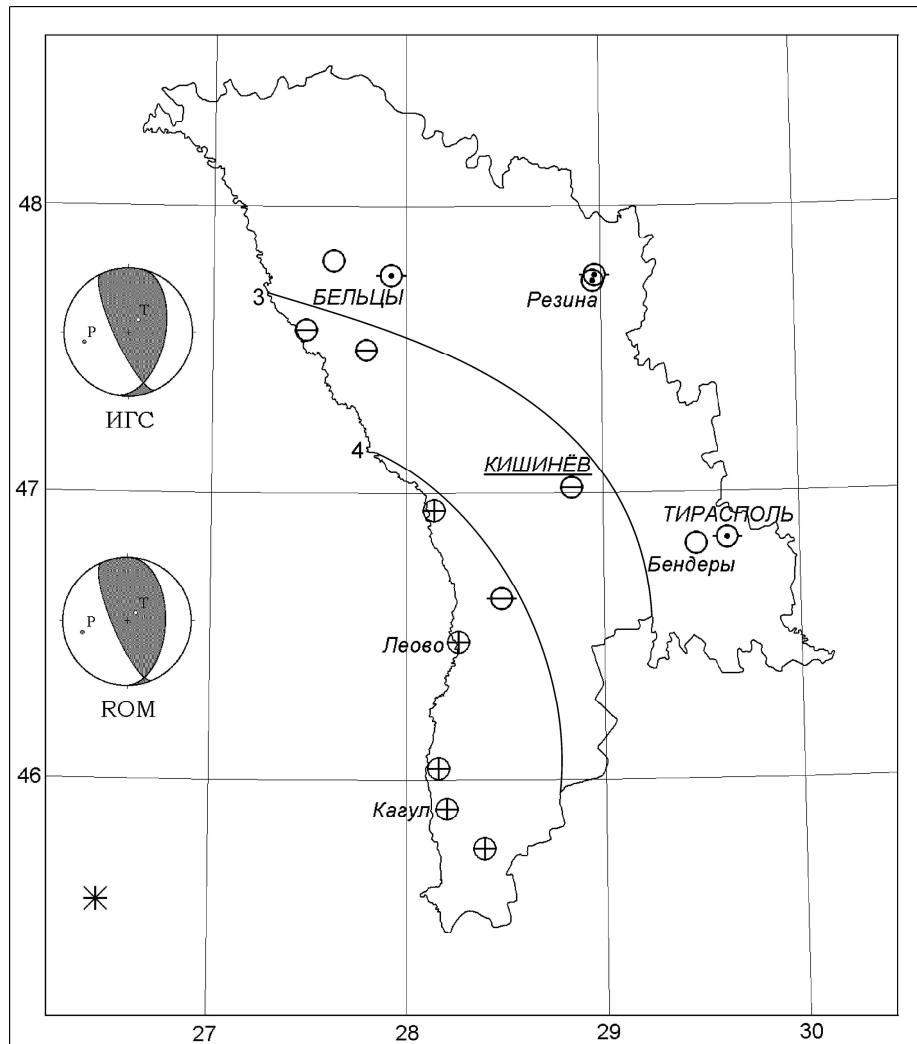


Рис. 1. Распределение интенсивности сотрясений землетрясения 1 мая на территории Республики Молдова.

В таб. 3 представлены значения интенсивности сотрясений землетрясения 1 мая в населенных пунктах Румынии по данным ИФЗ Бухарест [1]. Указан уезд, в котором находится данный населенный пункт, и эпицентрального расстояния в км.

Таблица 3. Пункты-баллы землетрясения 1 мая 2011 г. на территории Румынии

№	Уезд	Населённый пункт	Δ км
5 баллов			
1	Калараш	Фундулея	77
4 балла			
2	Бузэу	Бузэу	34
3	Ковасна	Сфынту-Георге	38
4	Прахова	Кымпина	47
5	Бузэу	Балта Алба	48
6	Прахова	Плоешть	49
7	Яломица	Урзичень	61
8	Дымбовица	Тырговиште	66
9	Бакэу	Бакэу	72
10	Васлуй	Бырлад	74
11	Браила	Браила	76
12	Бухарест	Бухарест	81
13	Яломица	Слобозия	83
14	Констанца	Круча	89
15	Яссы	Александру чел Бун	92
16	Калараш	Калараш	106
17	Яссы	Скиту-дука	116
18	Тулча	Тулча	117
19	Яссы	Яссы	122
20	Яссы	Бэлчешть	123
21	Констанца	Меджидия	127
22	Констанца	Констанца	146
23	Долж	Крайова	156

№	Уезд	Населённый пункт	Δ км
3 балла			
24	Ковасна	Сита-Бузэулуй	17
25	Вранча	Тулнич	22
26	Прахова	Черасу	24
27	Бузэу	Рымнику-Сэрат	32
28	Вранча	Одобешты	32
29	Вранча	Фокшаны	36
30	Брашов	Брашов	41
31	Прахова	Синяя	47
32	Вранча	Аджуд	50
33	Галац	Тежуч	51
34	Прахова	Аричешть-Рахтивань	52
35	Илфов	Снагов	65
36	Галац	Бэлень	69
37	Брэила	Кишкань	75
38	Галац	Галац	79
39	Кэлэраш	Лелиу-Гара	80
40	Брэила	Бертешти де Жос	83
41	Илфов	Дарэштъ	90
42	Джурджу	Роата де Жос	93
43	Нямц	Роман	96
44	Сибиу	Сибиу	113
45	Констанца	Чернавода	114
46	Джурджу	Джурджу	118
47	Васлуй	Бэлчешты	123
48	Горж	Бая де Фер	136
49	Олт	Каракал	144
50	Констанца	Мангалия	160
51	Клуж	Клуж-Напока	160
52	Алба	Абруд	170

Землетрясение 4 октября ощущалось на территории Румынии и в северной Болгарии, а также многими жителями Молдовы. По данным румынского Института физики Земли [1] в восточной части Румынии землетрясение ощущалось интенсивностью III-IV балла (по шкале Меркалли) вокруг области Карпатской дуги, от Ясс на северо-востоке и Плевна–Русе на севере Болгарии. Колебания интенсивностью до четырех баллов ощущались во многих местах Бухареста. В зоне горной дуги ощущалось в Плоешть, Бузэу, Фокшань, на юге Румынии в зоне Дуная. С внешней стороны дуги – Яссы, Бакэу, во внутренней части дуги – Брашов и Сфынту-Георге. Колебания силой в 4 балла отмечены в городах: Фокшаны, Бухарест, Брашов, Браила, Питешть, Бузэу, Плоешть, Галац, Кымпина, Констанца, Крайова. Трехбалльные колебания дошли до городов: Яссы, Бакэу, Рышнов, Мангалия и др. В городе Измаил (Украина) также ощущались колебания.

В таблице 4 приведены основные параметры землетрясения по данным различных агентств [1-3]. Все определения: время в очаге, координаты эпицентра, магнитуда и глубина в пределах точности согласуются между собой. Землетрясение приурочено к центральной части очаговой зоны и глубине порядка 130 км.

Таблица 4. Параметры очага землетрясения 4 октября по данным различных агентств мира.

Дата	Время в очаге ч м с	Широта φ°,N	Долгота λ°,E	Глубина км	Магнитуда	Агентство
04 10	02 40 48	45.55	26.55	127	ML=5.1/14	MOLDa
	02 40 48	45,55	26,54	130	Mb=4.1/1 Msm=4.8/1 MD=4.7/15 Mcoda=4.8/1	MOLDm
	02 40 48	45,54	26,46	134	ML=4,8/23	BUC
	02 40 47	45,58	26,53	150	Mb=4,8	EMSC
	02 40 48	45,55	26,66	137	Md=4,6	IRSA

В таблице 5 представлено описание проявления землетрясения в 11 населенных пунктах Молдовы

Таблица 5. Макросейсмические сведения о землетрясении 4 октября 2011 г.

№	Населенный пункт	Δ км	Az °	Макросейсмическое описание	Балл MSK-64
1	с. Джурджулешты Кагульского р-на	129	92	Ощущался один горизонтальный толчок. Немногие проснулись. Слегка колебались люстры. Сейсмокорреспондент услышал дребезжание двери.	3
2	г. Кагул	136	73	Один толчок и горизонтальные колебания наблюдались многими жителями, находящимися в спокойном состоянии. Слабо качались люстры, смещались легкие предметы. До толчка был слышен гул. Наблюдатель, который проснулся от толчка, ничего не заметил и не услышал.	3-4
3	с. Гаваноаса Кагульского р-на	146	80	Два толчка ощутили многие, большинство жителей проснулось, некоторые испугались. Сначала слышался гул, словно по улице проезжал тяжело гружёный транспорт. Затем несколько секунд ощущались колебания, направленные на юго-восток.	3-4
4	г. Леова	167	52	Многими жителями на разных этажах, в том числе и на первых, ощущался один короткий толчок. Перед землетрясением слышался гул, затем несколько секунд ощущались толчки. Многие проснулись, немногие покинули дома. Чуть звенели стекла в окнах, трещал пол и перекрытия, в штукатурке появились тонкие трещины. Во время землетрясения беспокоились животные. Колебания были похожи на таковые от тяжело гружёного транспорта.	4
5	г. Комрат	183	61	Из всех опрошенных только сейсмокорреспондент почувствовала слабое колебание. Показалось, что направление с юго-запада.	2
6	Балаурешты Ниспоренского р-на	197	38	Некоторые спящие проснулись, услышав гул, затем ощутили толчок. Некоторые испугались. Звенела посуда. Беспокоились куры.	3-4

7	с. Твардица Тараклийского р-на	203	68	Не ощущалось	0
8	с. Кэлинешть Фалештского р-на	233	18	Не ощущалось	0
9	г. Кишинев	238	47	На сейсмическую станцию поступило много сообщений с верхних этажей, но некоторые кишиневцы проснулись от толчка и на первых этажах зданий. На верхних этажах дребезжали стёкла. Беспокоились животные.	3
10	г. Штефан-Водэ	265	64	Не ощущалось	0
11	г. Тирасполь	276	59	Некоторые люди, не ощутив толчка, чувствовали во время землетрясения смутное беспокойство.	1

На рис.2 показано распределение интенсивности землетрясения 4 октября на молдавской территории, построенное на основе таб. 5.

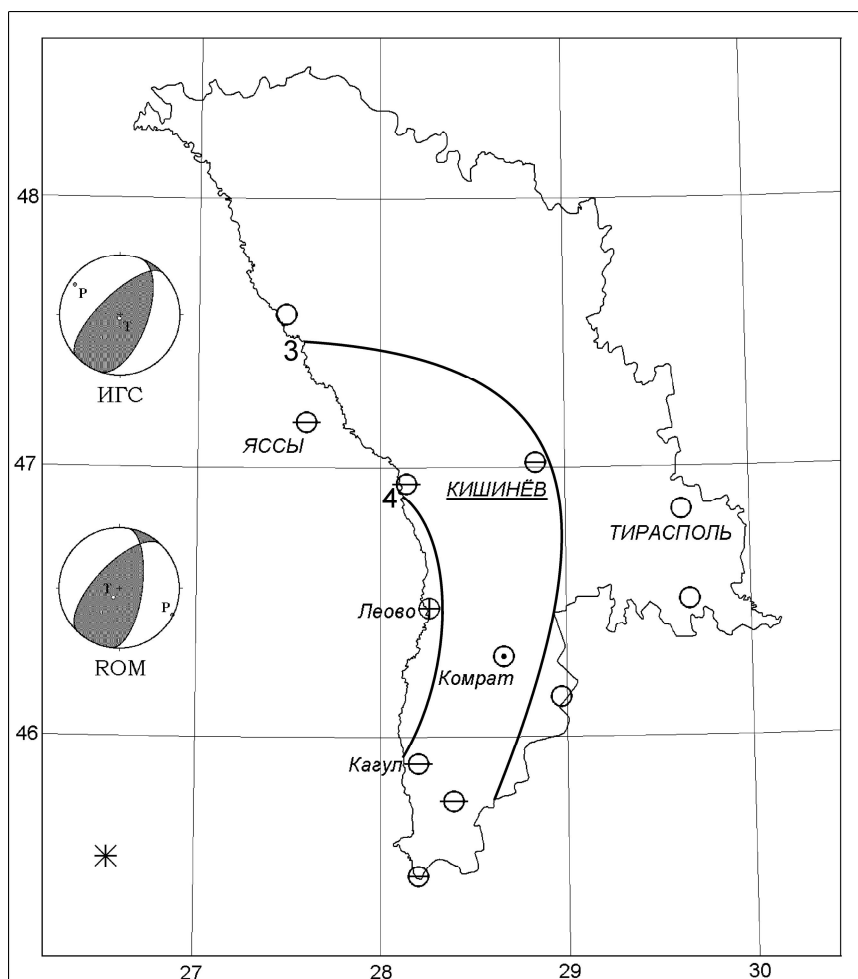


Рис.2. Распределение интенсивности сотрясений землетрясения 4 октября на территории Республики Молдовы.

В таб. 6 представлены значения интенсивности сотрясений землетрясения 4 октября в населенных пунктах Румынии по данным ИФЗ Бухарест [1].

Таблица 6. Пункты-баллы землетрясения 4 октября на территории Румынии (по данным ИФЗ Бухарест)

№	Уезд	Населённый пункт	Δ км
4 балла			
1	Бузэу	Мерей	31
2	Бузэу	Бузэу	32
3	Вранча	Фокшаны	37
4	Прахова	Мизил	37
5	Брашов	Сэчеле	37
6	Ковасна	Сфынту-Георге	40
7	Брашов	Брашов	42
8	Прахова	Кымпина	45
9	Прахова	Плоешть	46
10	Прахова	Синая	46
11	Брашов	Апата	53
12	Яломица	Урзичень	58
13	Илфов	Снагов	62
14	Дымбовица	Тырговиште	64
15	Кэлэраш	Белшугателе	71
16	Илфов	Афумаць	71
17	Бухарест	Бухарест	78
18	Галац	Галац	79
19	Яломица	Слобозия	81
20	Джурджу	Роата де Жос	90
21	Аргеш	Питешть	91
22	Калараш	Олтеница	100
23	Констанца	Корбу	110

№	Уезд	Населённый пункт	Δ км
24	Джурджу	Джурджу	115
25	Олт	Слатина	127
26	Констанца	Констанца	144
27	Долж	Крайова	154
28	Хунедоара	Вулкан	154
3 балла			
29	Ковасна	Сита-Бузэулуй	17
30	Брашов	Рышнов	48
31	Прахова	Аричешть-Рахтивань	50
32	Галац	Текуч	52
33	Бакэу	Бакэу	75
34	Дымбовица	Гэешть	79
35	Илфов	Дарешть	88
36	Аргеш	Малурень	89
37	Васлуй	Муржень	89
38	Вылча	Рымнику-Вылча	105
39	Телеорман	Рошиорь де Веде	121
40	Яссы	Яссы	125
41	Илфов	Брагадирув	131
42	Горж	Бая де Фиер	135
43	Телеорман	Зимнича	137
44	Констанца	Мангалия	158
45	Мехединць	Бая де Арамэ	182

При сравнительном анализе двух ощутимых в Молдове землетрясений 1 мая и 4 октября 2011 г. оказалось, что при небольшой разнице в размере магнитуд, в координатах эпицентра и глубинах очагов, макросейсмический эффект и решения механизмов очагов значительно отличаются между собой. Следует отметить, что определения координат гипоцентра молдавскими сейсмологами, нам представляются более точными, так как при расчете координат эпицентра и глубины используется региональный годограф. [4]. Согласно нашим определениям, эпицентр события 1 мая находился северо-западнее по отношению к эпицентру 4 октября примерно на 10 км, глубина его также была больше на 10 км. Поэтому значения разности времен пробега первичных Р и вторичных S - волн t_{s-p} на станции «Кишинев» были равны соответственно 27 и 25,5 сек.

В эпицентральной области, в Румынии максимальная наблюдаемая интенсивность 1 мая составляет 5 баллов, а 4 октября – 4 балла. По землетрясению 1 мая представлена таблица, содержащая 52 пункта-балла, по 4 октября – 45 пунктов-баллов. На территории Молдовы второе землетрясение также оказалось слабее по макросейсмическому проявлению, чем первое: 15 пунктов-баллов по 1 мая и 11 – по 4 октября (из них только в 8 пунктах ощущались колебания).

Литература

1. Institutul National pentru Fizica Pamantului C.P. MG-2, Bucuresti – Magurele, Romania, <http://infp.infp.ro/eqsinfo.php>.
2. EMSC, Earthquake information Euro-Med seismicity. Real Time Seismicity <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php/>
3. SMAS – Seismological Monitoring and Alert System, BSAC – Bucharest. (IRSA), www.fotonsas.ro.
4. Алексеев И.И., Роман А.А., Симонова Н.А. Построение регионального годографа очага Вранча на основе данных Международного Сейсмологического Центра. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, N 1, 2005. с. 48-52.

Дата поступления в редакцию – 21 декабря 2011

УДК 544.72 (478.9)

Ботнару В.Б., Болотин О.А., Морару К.Е

Геологические особенности глинистых отложений карстовой системы «Емил Раковицэ», Молдова

Abstract

Clay deposits of the karstic system “Emil Racoviță” (Moldova) has been studied and analyzed. Collected samples were described morphologically in details. Mineralogical composition was investigated using thermogravimetric and Roentgen methods. From mineralogical point of view clay deposits contains mica, montmorillonite and chlorite with small additions of calcite and dolomite. Organic substances are detected in trace contents using thermal analysis.

Rezumat

Folosind ca exemplu sistemul carstic “Emil Racoviță” (Moldova) au fost studiate și analizate sedimente de argilă, care s-au format în condiții de peșteră. Probele de roci au fost caracterizate minuțios din punct de vedere morfologic. Componența mineralogică a fost determinată, folosind metodele termogravimetrice și Roentgen. În concluzii se arată, că conform componenței mineralogice, argilele sunt alcătuite din mică, montmorilonit și clorit cu unele adausuri de calcită și dolomită. Datele analizei termice demonstrează prezența substanțelor organice în cantități mici.

Резюме

На примере гипсовой карстовой системы «Емил Раковицэ» (Молдова) рассмотрены и проанализированы глинистые отложения, которые образовались в пещерных условиях. Приведен детальный морфологический анализ проб. Минералогический состав глин определен с помощью термогравиметрического и рентгенометрического анализов. Выявлено, что по минеральному составу изученные образцы глин представлены в основном гидрослюдой, монтмориллонитом и хлоритом с небольшой примесью неглинистых минералов, таких как кальцит и доломит. Данные термического анализа свидетельствует о наличии небольших количеств органического вещества.

Введение

Карстовая система “Емил Раковицэ” (КС) развита в тортонских (баденских) гипсах и расположена на северо-западной окраине Республики Молдова. Изучением КС занимались многие исследователи, и основные научные обобщения опубликованы [1, 3-9, 12, 15, 16]. В КС происходило отложение уникальных донных отложений, представленных преимущественно чередованием тонких слоев разноцветных глин. В основном они, расположены в нижней части КС, находятся в пластическом состоянии и хорошо стратифицированы. Мощность глинистых отложений колеблется от нескольких см до ~ 1,2 м. Отложение глинистого вещества происходит и в настоящее время, особенно в небольших озерах, которые встречаются часто и имеют максимальную площадь зеркала воды до нескольких десятков м² при глубине до 3 м.

Часть проб глинистых отложений, которые послужили предметом исследования данной работы, были отобраны в 1977-1979 г.г. Минералогические определения глинистых отложений (из личного архива Ботнару В.Б.) выполнены д.г.-м.н. Жеру М.И., памяти которого и посвящается настоящая работа.

Характеристика участка исследований

Северо-восточнее с. Крива, Бричанского р-на на малопродуктивных пастбищах древних террас реки Прут давно отмечены проявления карста. Покровные суглинки четвертичных надпойменных террас Прута, перекрывающие растворимые горные породы, защищали их от непосредственного воздействия воды. Наиболее интенсивные проявления карста установлены в поймах Прута и его левого притока Гипсовая, где на поверхность выходят или близко к поверхности залегают растворимые породы известняка и особенно гипсы, отложившиеся в теплом соленом море тортона около 16 млн. лет назад.

Образованию карста на исследуемой территории способствовали наличие трещиноватой карстующей залежи гипса большой мощности (~30м) и обильного водоносного горизонта в основании гипсовой залежи, водопроницаемость пород перекрывающих гипс и др.

Учитывая, что местным базисом эрозии является река Прут, зона активного развития карста приурочена к сфере дренирующего влияния реки. Нижняя граница активных карстовых явлений находится ниже уреза воды в реке, что позволяет отнести имеющиеся полости к древнему карсту. В прошлом, врез реки имел более низкие отметки, вызвавшие соответственно и глубину развития карста.

Впоследствии эрозионный процесс изменился аккумулятивным, с заполнением долины аллювием и поднятием гипсометрического положения реки. Это в свою очередь уменьшило интенсивность карстовых явлений и вызвало определенную стабилизацию в растворении гипса. Однако, в пределах депрессионной воронки Кривского карьера, произошло нарушение стабилизации карста. Глубокий врез горной выработки вызвал увеличение скоростей подземных вод и вовлек в свою зону менее минерализованные и более кислородно-активные подземные воды со стороны водораздела и реки.

По геоморфологическим признакам выделяются поверхностные и подземные карстовые формы (рис.1).

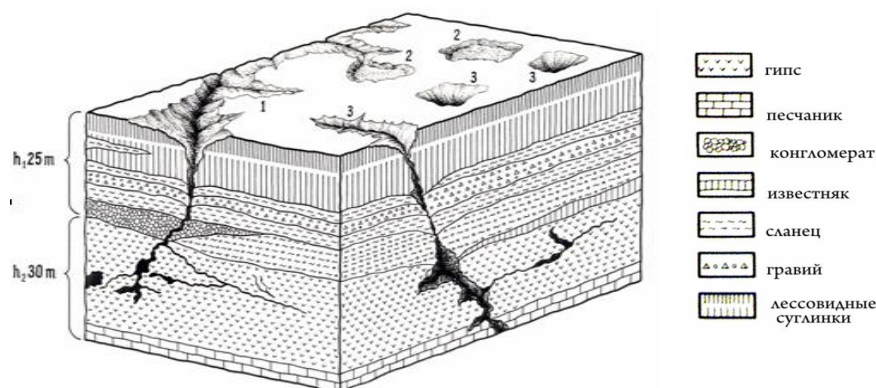


Рис. 1. Блок-диаграмма закарстованного участка исследований
1- суходол, 2 – поноры, 3 – карстовые воронки

Поверхностные формы карста на исследуемой территории представлены провальными воронками различной формы и размеров. По форме они подразделяются на шахтные, конусообразные и блюдцеобразные воронки. По возрасту установлено два типа воронок. К первому - относятся современные действующие воронки (шахты), для них характерно наличие вертикальных стенок и незначительное понижение почвы в центре. Диаметр воронки обычно не выходит за пределы вертикальных стенок. Ко второму типу относятся воронки древние, имеющие вид блюдцеобразных понижений в рельефе, диаметром от 28-40 м до 70-120 м.

В пределах карстовой зона Крива - Дрепкэуць преобладают блюдцеобразные воронки. На этой территории были обнаружены более 140 карстовых воронок. На отдельных участках (в долине ручья Гипсового) густо расположенные воронки образуют карстовые поля. В настоящее время на площади месторождения в процессе постоянного распахивания, многие воронки нивелированы и фиксируются они лишь по блюдцеобразным понижениям в рельефе, глубина понижений 0,8 – 2 м.

Подземные формы карста представлены пещерами, полыми каналами, частичные или полностью заполненные рыхлыми продуктами разрушения и переотложения вышележащих пород, а также вторичным гипсом. Эти формы карста выявлены многими разведочными и гидрогеологическими скважинами. Особенно наглядно они прослеживаются по забою гипсового карьера.

КС «Емил Раковицэ» относится к типу горизонтальных сетевидных лабиринтов. Среди подземных пустот данной пещеры преобладают туннели диаметром 2-3 м, реже встречаются каньонообразные расщелины, колодцы. Самые значительные залы (3-4 тыс.м³) находятся на пересечении тектонических трещин северо-восточного и северо-западного простирания. Залы в этой зоне («Зал ожидания», «Кладбище динозавров», «Стометровка») имеют до 11 м высоты, 38 м ширины и до 100 м длины. Часто встречаются «органные трубы» различных высот и диаметров. Некоторые впадины и колодцы обводнены и образуют подземные озера.

Из скульптурных форм подземного рельефа встречаются карнизы, глыбовые нагромождения из кристаллов гипса, воронки на полу галерей и залов. Гипс, обнажающийся на стенках и сводах, белого, серого или желтого цвета, почти всегда кристаллический. Во многих местах перемежающиеся слои образуют волны или малые складки, создавая естественную мозаичную раскраску, особенно в куполах. Над гипсом обнажаются слои известняка, которые хорошо видны в некоторых залах. Из натечных форм встречаются глинистые «сталактиты», украшающие причудливым узором стенки или свисающие на потолках.

Обвальнo-осыпные отложения, которые представляют собой разнородный материал, попавший в пещеру гравитационным путем, образуют слоисто-конические тела, конусообразные высыпки с усеченными вершинами, которые литологически представлены смесью перекрывающих гипсы пород - от известняков до почв.

Снижение уровня воды в пещере привело к медленному усыханию устилающих дно вязких глин с переменной мощностью от 0,3 м до 1,2 м. Их поверхность стала более твердой, во многих местах образовала целую сеть трещин.

Микроклиматические наблюдения показали, что температура воздуха варьирует от +11 до +13°C, в то время как на поверхности она доходила до +35°C, относительная влажность преобладает высокая (95-100%).

Методика работ

Пробы глин были отобраны согласно картосхеме (рис.2) в полиэтиленовую посуду. В лабораторных условиях они были высушены при комнатной температуре.

С целью определения минерального состава глин было проведено их термогравиметрическое и рентгендифрактометрическое изучение.

Термические исследования проводились на дериватографе марки Q 1500 D с автоматической записью 3-х кривых: термовесовой кривой ТГ, дифференциальной термовесовой кривой ДТГ и дифференциальной термоаналитической кривой ДТА.

Дифрактограммы снимались как методом порошка, так и методом ориентирования препаратов на стеклянных подложках во фракции менее 0,01 мм, которая является наиболее представительной по содержанию основных породообразующих минералов. Способы изготовления препаратов описаны ранее [2].

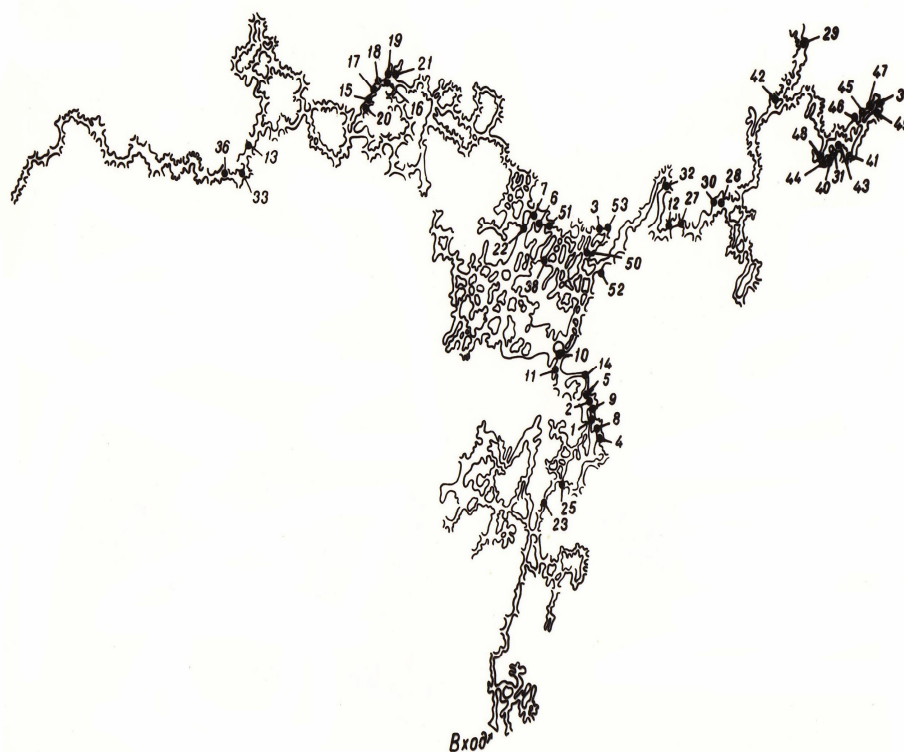


Рис.2. Картосхема часть карстовой системы “Емил Раковицэ”
1,2,3 – номера проб и места их отбора

Съемка дифрактограмм производилась на аппарате ДРОН-2, с использованием Cu_K -излучения при скорости вращения счетчика 40^0 в минуту.

Расшифровку и интерпретацию дериватограмм и дифрактометрических кривых проводили с использованием разработанных М. И. Жеру методов сравнительного анализа глинистых веществ [10], а также при помощи картотеки ISTM [11, 13, 14].

Морфологическое описание проб

Проба 3. Представляет собой образования желтовато-серого цвета, в виде агломерата фрагментов. Оно состоит из смеси следующих веществ:

1. зеленовато-серое глинистое вещество;
2. черно-бурое органическое вещество (вероятно, растительного происхождения), имеющее сходство с углистым веществом; твердость 1;
3. белое, иногда бесцветное, вещество, представляющее агрегаты из мелких зерен или плохо раскристаллизованных кристаллов. В последнем случае видны скелетно- друзовидные образования. Твердость 2. Вероятно, это гипс.
4. белое, рыхлое, порошковатое вещество. Твердость 1.

Проба 4. Агломерат фрагментов. Представлен преимущественно не полностью оформленными бесцветными кристаллами, вероятно, гипса. По своим величинам кристаллы варьируют от 0,1 до 1-2 мм. Нередко наблюдаются их агрегаты. Твердость 2. Встречаются также фрагменты зеленовато-серой глинистой породы находящийся в сростании со светло-серым мягким, но менее «жирным» (возможно, карбонатно-глинистым) веществом.

Проба 5. Агломерат фрагментов ~60% пробы составляет серовато-зеленая глина. Иногда у нее наблюдается слоистая текстура, мощность слойков 0,1 - 0,5мм. ~40% пробы составляет порода с твердостью 3, цвет ее белый, светло-серый, серовато-желтый. Это осадок какой-то соли, возможно, карбоната.

Проба 6. Желтовато-зеленовато-серое глинистое вещество, вероятно, содержащее значительную тонкозернистую примесь гипса. Нередко в этом веществе можно наблюдать кристаллы гипса.

Проба 8. Разнозернистый песок с примесью (~20%) разнозернистого гравия. Наблюдаются комочки (~15% от общей массы) светло-голубовато-серой глины. Встречается (2-3%) мягкое вещество (твердость 1-1,5) белого или светло-серого цвета. Встречаются обломки раковин современных улиток.

Проба 9. Глина серого цвета, участками окрашенная в бурый цвет гидроокислами железа.

Проба 10. Глина, окрашенная в серый (до темно-серого) цвет, местами в белый и в желтовато-бурый цвета, гидроокислами железа.

Проба 11. Глина тонкослоистая. Мощность слойков 0,1-1 мм, реже до 5 мм. Слойки окрашены в различные цвета: серовато-желтый, голубовато-серый, темно-серый, до буро-темно-серого. В глине часто наблюдаются округлые (иногда линзовидные) стяжения лимонита. Нередко встречаются пластинчатые кристаллы гипса. Темно-серые слойки, по-видимому, содержат много органического вещества.

Проба 12. Серо-розовая плотная порода, тонкозернистая однородная, по-видимому, карбонатная. Под биноклем можно наблюдать сахаровидный излом. Твердость 3.

Проба 13. В пробе наблюдаются глина и конкреционно-желваковые образованиями. Глина зеленовато-темно-желтая, восковидная, пластичная, тонкослоистая. Конкреционно-желваковые образованиями белые, плотные, с твердостью ~ 5.

Проба 14. Светло-серое вещество, мелкозернистое до тонкозернистого, возможно, карбонатно-глинистое. Местами в нем наблюдается гипс. Встречаются скопления буровато-красного минерала с твердостью ~2.

Проба 15 и 16. Вещество, примерно, аналогичное описанному в пробе 14.

Проба 17. Светло-серое вещество, чаще всего с ноздревато-скелетным сложением. Оно в большинстве случаев весьма интенсивно пропитано черным и буровато-черным веществом, которое, возможно, представляет собой марганцевые минералы.

Проба 18. Стяжения, напоминающие конкреции. Они грубоокруглые до 5-10 мм в поперечнике. Представлены черным минералом, а снаружи покрыты буро-желтой коркой. Легко раздавливаются иглой. Чаще всего с ним ассоциируют довольно хорошо раскристаллизованные пластинчатые кристаллы гипса.

Проба 19. Смесь светло-серого (карбонатного) вещества и зеленовато-серой глины.

Проба 20. В пробе в основном два вещества:

1. светло-зеленая глина (преобладает), участками она окрашена в желтые и бурые тона гидроокислами железа;
2. светло-серое вещество (карбонатное), имеющее ноздревато-скелетное сложение;
3. в выше указанной глине часто наблюдается мелкозернистая примесь черного (легко раздавливающегося) минерала, имеющая либо черную, либо черно-бурую черту.

Проба 21. Смесь желто-бурого (глинисто - лимонитового?) вещества, светло-серого вещества, гипса и зеленовато-серой глины. Светло-серое вещество имеет ноздревато-пористое строение; твердость его от 1 до 3. Кристаллы гипса бесцветные, пластинчатые.

Проба 22. Срастание бурого охристого вещества (преобладает) с черным рудным минералом. Бурое вещество мягкое, легко разрушаемое иглой, вероятно, состоит большей частью из лимонита. Черный минерал также легко раздавливается, черта черно-коричневая; вероятно, это железистый или марганцевый минерал.

Проба 23. Глина зеленовато-серая, плотная, с неотчетливой слоистостью. Местами наблюдаются гнезда белого (карбонатного?) вещества. Иногда в глине видны налеты черного и черно-бурого рудного (вероятно железистого?) минерала и ассоциирующий с ним буро-желтый лимонит.

Проба 24. Порода, примерно, аналогичная описанной в пробе 23.

Проба 25. Глина зеленовато-серая, плотная, слоистая. В некоторых слоях наблюдается значительная примесь алевритового (и возможно карбонатного) материала. Нередко видны мелкие стяжения буро-черного минерала, реже буро-желтого лимонита, вытянутые вдоль слоистости. Встречаются мелкие гнезда светло-серого (гипсового?) вещества.

Проба 26. Плотная, зеленовато-серая глина с коркой буро-желтого глинисто-лимонитового вещества.

Проба 27. Смесь фрагментов зеленовато-серой глины и черно-бурого вещества:

1. зеленовато-серая глина, участками окрашена в буровато-желтые тона, содержит мелкие стяжения черно-бурого минерала и мелкие гнезда порошковатого гипса;
2. черно-бурое в-во, порошковатое, легко раздавливается иглой, черта его темно-бурая.

Проба 29. Кристаллы и сростки кристаллов гипса. Наблюдается как чистый прозрачный минерал, так и мутный (сероватый и желтоватый).

Проба 31. Глина зеленовато-серая, плотная, слоистая.

Проба 32-35. Глина в общем аналогичная глинам в пробе 31.

Проба 36. Буро-желтое вещество, вероятно, глинисто-лимонитовое. Довольно легко раздавливается иглой. В нем нередко встречаются комочки светло-серого вещества, легко раздавливаемого иглой.

Проба 37. Глина плотная зеленовато-серая. В ней нередко наблюдаются мелкие стяжения темно-бурого гетита и реже мелкие стяжения белого порошковатого гипса.

Проба 38. В пробе наблюдаются:

1. глина зеленовато-серая, плотная, тонкослоистая. Слоистость подчеркивается многочисленными темно-бурыми стяжениями, вытянутыми вдоль слоистости. Эти стяжения образованы, вероятно, гетитом;
2. скопления темно-бурого порошковатого минерала, вероятно, гетита;
3. реже наблюдаются скопления мелких гнезд выполненных белым порошковатым гипсом. Установить характер взаимоотношения, указанных 3-х компонентов, затруднительно.

Описание исходных проб (порошков), исследованных рентгеновскими и термогравиметрическими методами

Проба 4. (Пласт D-4). По внешнему виду «желтый песок». Представлена практически чистым гипсом (отражения при 7,56; 3,79 и 3,06А).

Проба 5. (Пласт 28). Обломки кальцита в глине. Представлена чистым кальцитом (3,93; 3,03; 2,48; 2,28; 2,08; 1,91 и 1,86А).

Проба 8. Песок с галькой. Представлена исключительно кварцем (4,26; 3,37; 2,45; 2,28 и 1,817А), небольшой примесью полевого шпата (3,19А) и кальцита (3,04А).

Пробы 11, 12. Представлены гипсом (7,52А), кварцем (3,33; 124А) и преимущественно кальцитом (3,84; 3,027).

Проба 13. Агломерат обломков. Представлена чистым кальцитом (3,84; 3,03; 2,48; 2,28; 2,09; 1,90; 1,87А), сцементированными глиной.

Проба 14. Представлена практически чистым кальцитом (3,83; 3,03; 2,48; 2,28; 2,09; 1,81 и 1,87А) и кварцем (3,33; 2,45; 2,28А; 1,81А).

Проба 15. Представлена преимущественно кальцитом (3,80; 3,03; 2,48; 2,28; 2,09; 1,81; 1,84А) с примесью гипса 7,56А и кварца.

Образец 22. Темно-бурый «песок». Представлен гидроокислами железа. По результатам термографии образец представлен глинистыми минералами и гидроокислами железа (экзотермический пик при 380⁰С).

Образец 25. Глинистое вещество с сажей. По результатам термографии представлен гидрослюдой, монтмориллонитом и хлоритом с примесью кальцита (≈10-13%).

Образец 26. Бурый песок. По данным рентгеновских исследований представлен аморфным веществом, гидроокислами железа с примесью кварца (3,33А; 4,25А), доломита (2,88А) и гипса (7,56А). Данные термографии подтверждают наличие в образце глинистого вещества с примесью гидроокислов железа (экзотермический пик при 380⁰С).

Образец 27. Сажа. По данным термогравиметрии образец представлен глинистым веществом с примесью кальцита (≈20%) на фоне аморфного вещества.

Проба 36. Бурый «песок». По данным рентгеновского анализа проба представлена аморфным веществом с незначительной примесью кальцита (3,80; 3,03; 2,09А).

Проба 38. Сажа. По результатам рентгеновских исследований образец представлен кварцем (4,26; 3,33А) и небольшой примесью полевого шпата (3,19А). Основная часть породы, по-видимому, представлена аморфным веществом.

Термогравиметрическая характеристика глин из карстовой системы «Емил Раковицэ» на примере пробы 13

Как видно из рис. 3 на термодифференциальной кривой (ДТА) видны эндотермические эффекты гидрослюды (140, 570 и 850⁰ С), монтмориллонита (140, 220 и 660⁰С) и кальцита (780⁰С), а также экзотермические эффекты органического вещества (340, 430 и 510⁰С); эффект при 880⁰С обусловлен появлением продуктов прокаливания. Судя по потерям веса в низкотемпературной области (7%) в анализируемой глине доминирует гидрослюда (70%). Потери веса образца порядка (1,8%б очевидно СО₂) в высокотемпературной области (780⁰С), указывает на наличие 4% кальцита. Из этих данных следует, что содержание монтмориллонита вместе с органическим веществом составляет приблизительно 26%. Таким образом, в породе содержатся: гидрослюда – 70%, монтмориллонит вместе с органическим веществом – 26%, кальцит – 4%.

Аналогичный минеральный состав характерен и для остальных проб, исходя из потери веса (%) остаточных глин (табл.1).

Таблица 1.

Потеря веса (%) остаточных глин и содержание кальцита (по дериватограммам, рис.3)

№ п/п	№ образца.	Г ₁	Г ₂	Г ₃	Г ₄	Г ₅	Сумма	Содержание кальцита %
1	13	7,0	2,0	2,7	2,0	1,8	15,5	4,0
2	22	7,7	2,8	2,8	2,1	2,1	17,5	4,8
3	23	7,0	2,1	3,5	2,1	1,4	16,1	3,2
4	24	7,0	2,1	2,8	1,4	3,2	16,5	7,2
5	25	6,3	2,1	2,8	2,1	5,6	18,9	12,7
6	31	7,1	2,6	3,8	1,7	1,8	16,8	4,0
7	32	6,8	2,4	3,5	2,3	3,5	18,5	7,9
8	33	6,8	1,4	3,7	2,0	3,0	16,9	6,8
9	34	7,0	2,3	3,7	2,8	3,9	19,7	8,8
10	35	7,0	1,6	3,7	1,9	3,3	17,5	4,3

Как видно из таблицы, содержание кальцита колеблется от 3 до 13%, учитывая значения потери веса при 780-830⁰С (Г₅). Значения потери веса при 140⁰С (Г₁), при 340-360⁰С (Г₂), при 430-590⁰С (Г₃), при 660-700⁰С (Г₄) для всех изученных образцов отличаются незначительно и, как указывалось выше, характеризуют идентичный минеральный состав.

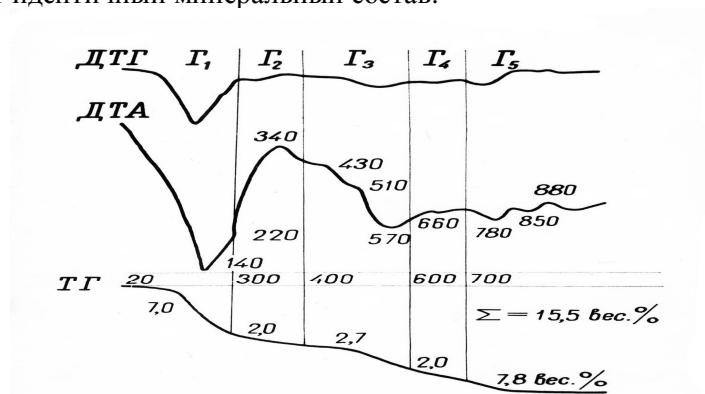


Рис. 3. Графики термических исследований с автоматической записью 3-х кривых: термовесовой кривой ТГ, дифференциальной термовесовой кривой ДТГ и дифференциальной термоаналитической кривой ДТА.

Рентгендифрактометрическая характеристика глинистого вещества на примере пробы 13

На рентгенограмме ориентированного естественного препарата (рис.4(а)) видны пики монтмориллонита (14,4А), гидрослюда (9,9; 4,93 и 3,32А), хлорита (7,20А), кварца (4,23 и 3,32А) и кальцита (3,03А). При насыщении препарата глицерином (рис.4б) пик монтмориллонита (14,4А) сместился в область малых углов (17,7А). При прокаливании образцов, препарированных на стеклянные подложки, при 550⁰С базальные пики (рис.4в) монтмориллонита (14,4А) и гидрослюда (9,9А) приобретают значения 9,8 А.

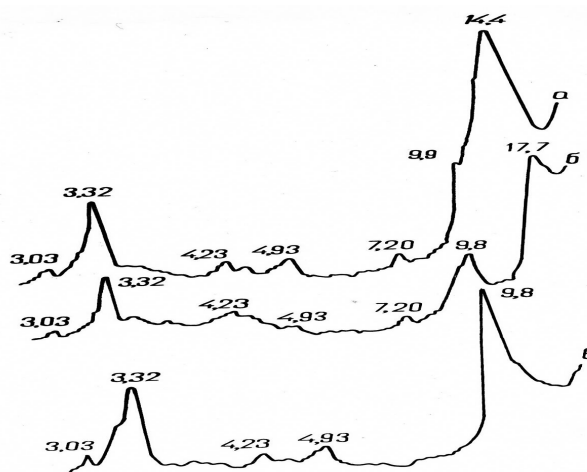


Рис. 4. Рентгендифрактометрическая характеристика глинистого вещества

Так как в насыщенном глицерином препарате базальный пик монтмориллонита (17,7А) имеет примерно такую же интенсивность, что и пик гидрослюды плюс пик хлорита, то, согласно существующей методике [13], количество монтмориллонита приблизительно в три раза меньше, чем количество гидрослюды вместе с содержанием хлорита, т.е. составляет 30%. Более точные данные получаем, рассчитывая высоты пиков (в мм) относительно 100% (высоту пика монтмориллонита уменьшаем в 3 раза).

Например, высота пиков для хлорита 6 мм, для гидрослюды 34 мм, для монтмориллонита – 17 мм (51:3).

Соотношение интенсивностей (6:34:17) приводим к 100% и получаем содержание указанных глинистых минералов:

Хлорит – 10%
 Гидрослюда – 60%
 Монтмориллонит – 30%

Содержание этих минералов в породе в целом, конечно, более низкое. Их истинное значение можно определить, учитывая содержание кварца и кальцита. Количество этих минералов определяется по высотам пиков 3,32А и 3,03А соответственно. В приведенном примере (проба 13) суммарное содержание кварца и кальцита составляет не более 15 объемных % породы, причем, судя по высоте пиков, количество кварца может быть принято равным 10%, а количество кальцита 5%. Итак, получаем следующее количественное содержание минералов:

Кальцит – 5%
 Хлорит – 8,5-9%
 Гидрослюда – 51%
 Монтмориллонит – 25%

Таким же образом следует рассчитывать количественно-минералогический состав остальных проб (таб.2).

Данные таблицы подтверждают сделанный ранее вывод о том, что количественно-минеральный состав практически не отличается от приведенного в описании в качестве примера для пробы 13.

Таблица 2.

Количественно-минералогический состав глинистого вещества

№ п/п	№ образца	Содержание, %		
		Хлорита	Гидрослюды	Монтмориллонита
		7А	10А	17,7А
1	13	9	51	40
2	22	7	49	44
3	23	13	47	40
4	24	11	45	44
5	25	9	46	45
6	31	10	45	45
7	32	9	49	42
8	33	12	46	42
9	34	9	47	44
10	35	9	49	42

Выводы

Как отмечал в своей монографии М.И.Жеру [10], глинистые породы - специфические образования и, следовательно, методы их изучения многообразны. Им были разработаны простые и удобные методы эффективной оценки качественных и количественных характеристик глинистых образований. Эти методы и были успешно использованы в настоящей работе для сравнительного анализа методов термо- и рентгеновского анализов, которые дополняют и уточняют друг друга. Таким образом, по минеральному составу изученные образцы глин представлены в основном гидрослюдой, монтмориллонитом и хлоритом с небольшой примесью неглинистых минералов, таких как кальцит и доломит.

По данным термического анализа (рис. 3) экзотермический пик с максимумом в области 340⁰С свидетельствует о наличии органического вещества (~2%).

Литература

1. Андрейчук В. Пещера Золушка – Сосновец - Симферополь: “Компьютерная лаборатория Яцека Скальмерского - Гливице, Польша”. 2007, 408 с.
2. Болотин О., Мафтуляк А., Романов Л., Лупашку Ф. Исследование минерального состава и возможности практического применения глинистых пород Центральной части Молдовы // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei // Chișinău 2007, № 1 С. 97-104.
3. Ботнару В., Морару О. О геохимии донных отложений карстовой системы „Емил Раковицэ» // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei // Chișinău 2008, № 1 С. 52-65.
4. Ботнару В.Б., Цариградский В.В., Данилеску И.К. Подземные пустоты Молдавии, их научное и рекреационное значение // В сб. Природная среда и территориальная организация хозяйства в районах агропромышленного производства // Кишинев, «Штиинца» 27-29 октября 1982, С. 179-180.
5. Верина В.Н. Карст в Молдавии // В сб. Охрана природы Молдавии, вып. 1// Кишинев: «Штиинца» 1960, С. 53-84.
6. Верина В.Н., Прока В.Е., Спыну Н.И., Науменко С.А. Карстовая пещера Золушка - Изв. АН МССР, № 2, 1978, С.76-82.
7. Верина В.Н., Ботнару В.Б., Цариградский В.В. Минеральный состав вод Кривской карстовой пещеры // В сб. Географические исследования и территориальная организация хозяйства // Кишинев: «Штиинца»,1983, С.125-132.
8. Верина В.Н., Ботнару В.Б., Данилеску И.К. Результаты нивелирования 1979 г. фрагмента Кривской пещеры // В сб. Географические исследования и территориальная организация хозяйства // Кишинев: «Штиинца»,1983, С.133-137.
9. Верина В.Н., Ботнару В.Б. Подземные пустоты и перспективы их хозяйственного использования // В сб. Природные ресурсы Молдавии и их рациональное использование // Кишинев «Штиинца», 1985, С.153-158.
10. Жеру М.И. Глинистые образования Молдавии - Кишинёв: «Штиинца»,1978,231 с.
11. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов - Москва,1957,868 с.
12. 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) // Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM // Chișinău 2008, № 2 С. 69-83.

13. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов /Под ред. Г. Бауна/. М.:Мир, 1965, 600 с.
14. ASTM Diffraction data card and alphabetical and grouped numerical index of X-rays diffraction data. Philadelphia, P.1946-1969.
15. Botnaru V.B. Etude des composes chimiques de métaux lourds dans la grotte de gypse „Emil Racovita” (Zolusca, Moldavie) - Onzième rencontre d’octobre. Lisle - en- Rigault (Meuse) - France, 6-7 octobre 2001, P.21-24.
16. Moraru N., Arnaut V., Botnaru V., etc. Carstul în gipsurile din nord-vestul Moldovei - Chișinău: «Elena- VI» SRL, 2008, 192 p.

Дата поступления в редакцию –15 декабря 2011

УДК: 551.72(478:282.247.31)+551.82(478:282.247.31)

Покатилов В.П.

Стратиграфия и корреляция образований кристаллического фундамента Днестровско-Прутского междуречья

Abstracts

This paper gives a general view on the supercrust and magmatic rocks of the Archaic-Proterozoic basement. In these rocks were selected sequences and complexes. The paper presents scheme of stratigraphic correlation of Archaic-Proterozoic crust basement formation of Dniester-Prut interfluves area.

Rezumat

Această lucrare prezintă o scurtă caracterizare a rocilor supercrustaline și magmatice a fundamentului cristalin de vârstă Arhaic-Proterozoică. Sunt separate pachete și complexe. Este dată schema de corelare a formațiunilor fundamentului cristalin de vârstă Arhaic-Proterozoic, a interfluviului Nistru-Prut

Резюме

В данной статье дана краткая характеристика суперкрупных и магматических пород кристаллического фундамента архей-протерозойского возраста, выделены толщи и комплексы. Приведена корреляционная схема архей-протерозойских образований кристаллического фундамента междуречья Днестр-Прут.

Введение

Кристаллический фундамент (КФ) Днестровско-Прутского междуречья (ДПМ) является частью юго-западного склона Украинского щита (УЩ) в пределах Подольского и Росинско-Бугского геотектонических блоков, которые разделены Немировской (Украина) и Немировско-Воронковской (Молдова) зонами разломов. На юге ДПМ граница КФ фиксируется шовной зоной, прослеженной геофизическими методами по линии Леово – Плахтеевка – Белгород-Днестровский.

Для непосредственного изучения КФ доступен только в северо-восточном Приднестровье, где он обнажается на земной поверхности (с.с. Косоуцы – Пороги) и вскрыт Косоуцким гранитным карьером. На остальной территории ДПМ КФ перекрыт осадочным чехлом, мощность которого возрастает с северо-востока на юго-запад от первых метров (с.Косоуцы) до 1400 м (скв. 1 с.Салкуца, г.Каушаны). Наиболее изучен КФ в узкой полосе северо-восточного Приднестровья (Окница – Резина) на площади около 4 тыс. км², что составляет менее 13% территории Молдовы. На остальной части КФ вскрыт одиночными скважинами от долей метра до нескольких десятков метров (рис. 1). Вследствие большой мощности осадочного чехла и высокой стоимости буровых работ основными в изучении КФ были геофизические методы. Но полученная на их основе геологическая информация

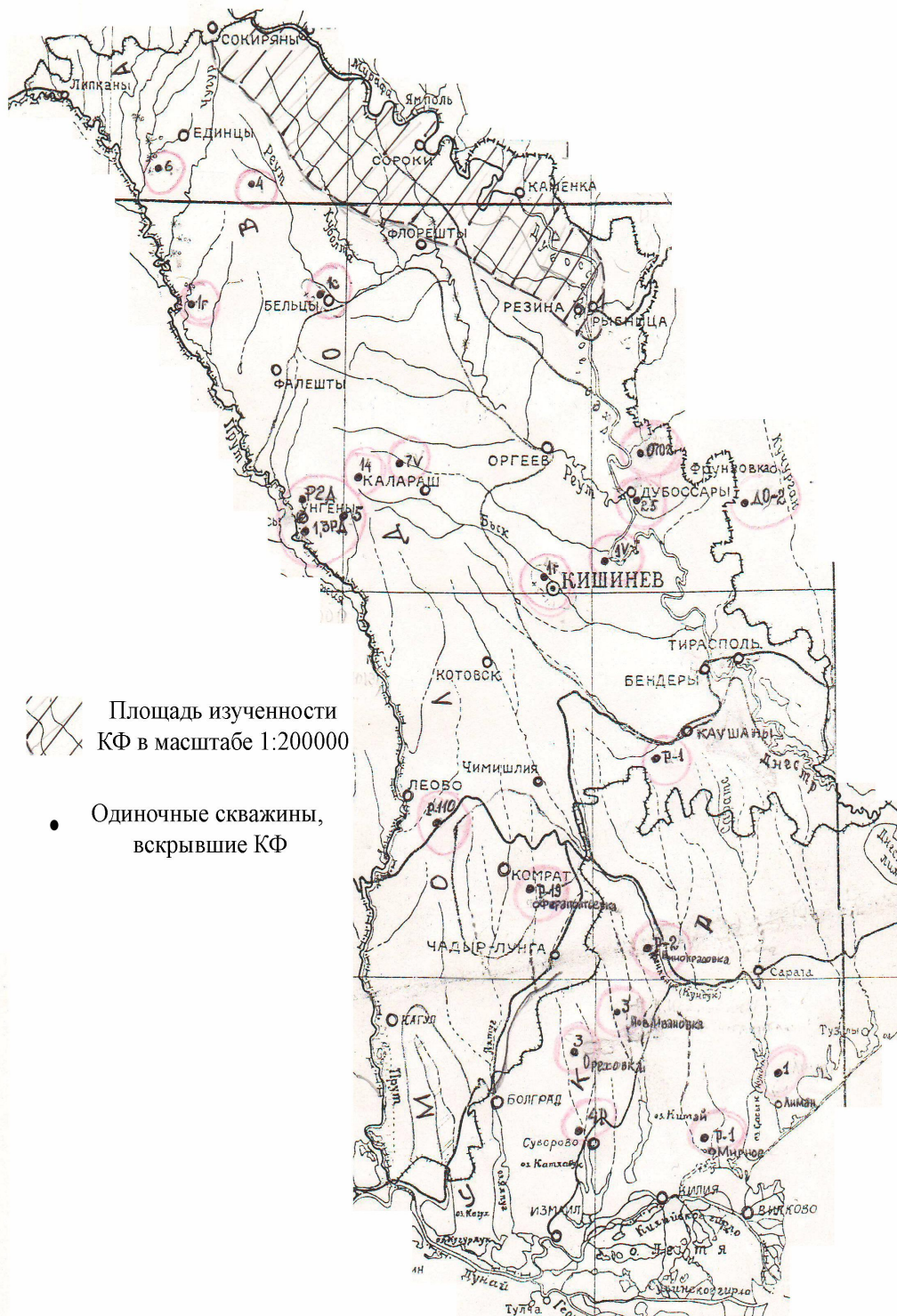


Рис.1. Схематическая карта изученности кристаллического фундамента междуречья Днестр-Прут, масштаб 1:200000.

крайне недостаточная и неоднозначная. В настоящее время изученность КФ остается крайне неравномерной по площади и на глубину.

Первые сведения о кристаллических породах в долине р.Днестр содержатся в работе Дюбуа (1831). Г.Блёде (1842) составил геологическую карту Бессарабии с объяснительной запиской, в которой приведена краткая характеристика кристаллических пород, обнажающихся в долине р.Днестр у с.Пороги. Основы современного петрографо-петрохимического изучения кристаллических пород ДПМ (Молдова) заложены в работах А.А.Чумакова (1953-1957), который впервые выделил три комплекса магматических пород, увязав их с тремя тектономагматическими циклами [18]. В дальнейшем изучение пород КФ проводилось в процессе производства поисковых работ [2, 9], глубинного геологического картирования [13], групповой геологической съемки масштаба 1:50000 в районе северо-восточного Приднестровья [6, 7, 11, 12], а также специализированных тематических работ [3, 4, 16, 17]. Существенный вклад в изучение КФ ДПМ внесли молдавские (Л.Д.Букатчук, В.Н.Димо, А.Д.Захаров, М.И.Жеру, Д.А.Львина, В.Ф.Мороз, В.М.Рыборак, В.П.Сергеев, И.Т.Чебан, А.А.Чумаков и др.) и украинские (Д.М.Богач, Г.Г.Виноградов, Е.П.Крамских, Г.А.Шварц, М.А.Ярошук и др.) геологи.

Образования КФ представляют собой минералого-петрографические ассоциации со сложными внутренними связями и взаимоотношениями, в разной степени мигматизированные и метаморфизованные, неоднородного, изменчивого состава, с неясно выраженными литологическими границами, с мозаичной или полосчатой структурой. Комплекс пород такого сложного и невыдержанного состава мог сформироваться в неустойчивых условиях Р Т (давление температура), в которых находилась первичная магма, в условиях неоднократно возобновлявшихся процессов анатексиса и палингенеза, характерных для раннего докембрия. По мнению В.С.Заика-Новацкого, земная кора в архейское время находилась в неконсолидированной фазе, для которой были характерны континуальные связи. И только с рубежа около 2,5 млрд.лет кора становится консолидированной. В связи с этим соотношения между «метаморфитами» и гнейсо-гранитами настолько расплывчаты и неопределенны, что при формационном анализе используется такое понятие, как «плутоно-метаморфическая формация», практически неподдающаяся расчленению [5]. В архее существовала тесная связь между корой и мантией, обусловленная их взаимопроникновением вследствие неоднократного тектонического перемешивания мантийного и корового материала. Поэтому говорить о «геосинклинальном» и «орогенном» [17] развитии земной коры в раннем докембрии в классическом понимании вряд ли обосновано.

Несмотря на теоретическо-логические трудности, слабую достоверность и надежность определения абсолютного возраста, отсутствие достаточно аргументированных критериев для расчленения необходимость стратифицировать архейские комплексы пород остается весьма актуальной проблемой.

Настоящая корреляционная стратиграфическая схема является синтетической (Таблица 1). В ней обобщены результаты предыдущих разработок с некоторыми дополнениями и изменениями в соответствии с последними данными и требованиями [8, 15]. Ниже приведена краткая характеристика выделенных подразделений.

Нижний архей

Метаморфические образования

Днестровско-бугская серия (нерасчлененная) AR₁db. Выделена Н.П.Семененко (1949) как бугско-днепровские гнейсовые серии с подразделением на побугскую толщу и хашчевато-завальевскую свиту. В серии преобладают биотитовые, пироксеновые, амфибол-пироксеновые и другие кристаллические сланцы, содержащие прослои и линзообразные тела гнейсов, кальцифиров и кварцитов. Присутствуют гранат, графит, магнетит и другие акцессорные минералы. Породы сильно гранитизированы. В северо-восточном Приднестровье днестровско-бугская серия закартирована в районе сел Александру чел Бун – Воловица. В юго-западной части ДПМ она выделена по геофизическим материалам в зоне Реутский массив - Немировско-Воронковский разлом – Прутский разлом. Возраст серии по аналогии с УЩ принимается 3,4 – 3,8 млрд.лет.

В наиболее изученных разрезах серия подразделяется на три формации суперкрупных пород: кальцифир-кристаллосланцевую, гнейсово-кристаллосланцевую (магнетитовую) и кинцигитовую, взаимоотношения между которыми остаются не вполне определенными. В пределах ДПМ этим формациям соответствуют следующие подразделения.

Кременчугская толща AR₁kr (кальцифир-кристаллосланцевая). Залегает в основании нижнего архея. Сложена биотитовыми, биотит-пироксен-плагиоклазовыми кристаллосланцами, в подчиненном количестве биотитовыми, биотит-роговообманковыми и другими гнейсами, встречаются прослои кальцифиров. Сохранилась в виде останцов изометричной, удлиненной или неправильной формы. Распространена неравномерно на всей территории ДПМ, слагая ядра «синклинальных» структур, а также образуя мощные пачки на их «крыльях» [12]. Породы сильно мигматизированы. Границы между петрографическими разновидностями неясные. Наиболее представительный разрез кременчугской толщи вскрыт скв.610 Кременчуг, инт. 155-293 м (13). Кременчугская толща коррелируется с тывровской толщей УЩ и близка к заборской толще Западной Белоруссии [1,10], по аналогии с которыми отнесена к раннему архею.

Воронковская толща AR₁vr (гнейсово-кристаллосланцевая магнетит-содержащая). Встречается в виде фрагментов среди гранитоидных полей. Наиболее «чистые» породы толщи вскрыты скважинами в зоне Днестровских разломов и по периферии Реутского массива. Представлена чередованием биотит-гиперетеновых, биотит-амфиболовых кристаллосланцев и гнейсов, содержащих гранат, магнетит, кордиерит и силлиманит. Местами породы сильно окварцованы (до образования вторичных кварцитов). В районе сел Воронково -Косница к этой толще приурочено Косницко-Воронковское железорудное проявление полосчатого типа. Мощность полос от долей миллиметра до 3-5 см. Запасы руды 280 млн.т. Содержание железа 25-35%. Наиболее представительный разрез толщи вскрыт скв.222 Воронково в инт.209-230,9 м [9]. Воронковская толща коррелируется с павловской толщей УЩ [14] и, возможно, с дитвинской толщей и кулажинской серией Белоруссии [1, 10], возраст которых по единичным датировкам от 1,79 до 2,93 млрд.лет.

Корреляционная стратиграфическая схема архей-протерозойских образований
кристаллического фундамента Днестровско-Прутского междуречья

Общая стратиграфическая шкала (СК России, 2006)				Днестровско-Прутское междуречье (настоящая работа)		Стратиграфические схемы смежных регионов				
Акротема	Эонотема	Эратема	Возраст, млн.лет	Стратифицированные образования		Магматические и ультраметаморфические комплексы (возраст в млрд.лет)		Украинский щит (НСКУ, 2005)	Белоруссия (Найденков и др., 2005; Аксаментова, 2010)	
Протерозойская PR	верхне протерозойская PR ₂		650			Дайковый комплекс		Дайковый комплекс		
	нижне протерозойская PR ₁ (Карельская KR)	Верхне карельская KR ₂	1900			Реутский комплекс (1,63-1,8)		Коростенский комплекс (1,74-1,8)		Бобовнянский (2,0), Житковичский (1,76-1,85) комплексы
		Нижне карельская KR ₁	2500			Молдавский комплекс (гранитоидный) (2,06-2,2)		Бердичевский комплекс (2,06-2,2)		Жуховичский комплекс (1,81-1,96)
				Фрунзенская толща (кварцито-сланцевая)		Покровский базит – ультрабазитовый комплекс (2,4-2,5)		Криворожская серия (2,1-2,5)		Шашковская т олща (1,998±6; 2,28)
Архейская AR	верхне архейская (лопийская LP)		3150							
	Нижне архейская AR ₁ (саамская SM)			Днестровско- бугская серия AR ₁ db	Бужеровская толща (киндингитовая)	Немировский эндербит-чарнокитовый комплекс (3,4)		Днестровско- бугская серия	Березнинская толща Гайворонский комплекс (3,4)	Верхнерудьянская толща Эндербит-чарнокитовый Комплекс (1,83-1,86; 2,24)
					Воронковская толща (гнейсово- кристаллосланцевая)				Павловская (гниванская) толща	Кулажинская Серия (2,86-2,93)
		3800			Кременчугская толща (кальцифир- кристаллосланцевая)	Голошницкий базит-ультрабазитовый комплекс (3,7-3,8)			Тывровская толща (3,65) Сабаровский комплекс	Заборская толща (1,79-1,96; 2,62) Березовский комплекс (2,7)

Бужеровская толща $AR_1b\check{z}$ (кинцитговая). Распространена в виде линейно вытянутых или относительно изометричных тел, приуроченных к зонам тектонических нарушений (Немировско-Воронковский и Днестровский разломы). Сложена гранат-биотитовыми, гранат-пироксен-биотитовыми, роговообманково-биотитовыми, графит-, кордиерит-, силлиманитсодержащими гнейсами (преобладают) и кристаллосланцами с линзами и прослоями кальцифиров. Наиболее мощный разрез толщи вскрыт скв. 31 Сороки (Бужеровка) в инт.86,0-509,15 м [2]. Границы между разновидностями пород неясные, постепенные. Порода сильно гранитизированы, местами мигматизированы, чарнокитизированы. Гнейсоватость под углами 45° - 90° . Наблюдается плейчатость. Бужеровская толща коррелируется с березинской толщей УЩ. По петрографическому составу близка рудьянской серии (верхняя толща) Белоруссии [1], возраст которой 2,04 млрд. лет. По высокой степени метаморфизма возраст бужеровской толщи условно принимается как раннеархейский. К бужеровской толще приурочено пластовое проявление графита. Средняя мощность пласта 3,5 м.

Породы архейского субстрата сохранились в виде реликтовых останцов сложного и пестрого минералого-петрографического состава. Для них характерна крайняя неоднородность и изменчивость литологических особенностей, переслаиваемость, размытость границ, мозаичность текстур и пр. В целом они представляют собой комплекс гибридных пород, в разной степени мигматизированных, со сложными внутренними связями и взаимоотношениями. Все это создает немалые трудности для их расчленения и стратификации. Осложняет проблему ненадежность возрастных характеристик, а в большинстве случаев их отсутствие.

Суперкрупные породы в зонах эндогенной и экзогенной трещиноватости и в тектонически ослабленных зонах в значительной степени катаклазированы, метасоматизированы, подвергнуты диафорезу с образованием вторичных минералов и пород.

Магматические и ультраметаморфические комплексы

Голошницкий комплекс AR_1gl основных и ультраосновных пород пространственно тяготеет к образованиям днестровско-бугской серии. Породы комплекса обнажаются в виде глыбовых выходов близ Косоуцкого гранитного карьера, в русле р.Днестр (с.Пороги, Украина), вскрыты скважинами в районе сел Кременчуг, Голошница, Курешница, Косоуцы, г.Сороки и др., закартированы по геофизическим материалам в зоне Немировско-Воронковского разлома и в центральной части Среднего Припутья. Комплекс представлен небольшими изометричными или удлинёнными телами, приуроченными к зонам тектонических нарушений. Состав пород: метагаббро, метанориты, габбро-пироксениты, габбро-нориты, габбро-амфиболиты, пироксениты, дуниты. Возраст пород не определен. Голошницкий комплекс условно коррелируется с сабаровским комплексом базит-ультрабазитовых пород УЩ [8] и, возможно, с березовским комплексом (2,7 млрд.лет) Белоруссии [10]. По условиям залегания в образованиях днестровско-бугской серии голошницкий комплекс отнесен к раннему архею.

Немировский комплекс AR_1nm выделен геофизическими методами среди лейкократовых гранитоидов молдавского комплекса. Скважинами вскрыт на

Воронковско-Косницкой площади (скв. 225, инт. 176,5-425 м) [9] и в районе г.Дубоссары (скв. 25, инт. 695,6-802 м) [11]. Представлен чарнокитами, эндербитами и плагиогранитами. Преобладают породы чарнокит-эндербитовой формации. В северо-восточном Приднестровье породы комплекса тяготеют к Северо-Днестровскому разлому. Форма тел пластовая (2-4 м). Немировский комплекс коррелируется с гайворонским УЩ (3,4 млрд.лет) и с аналогичным по составу комплексом Белоруссии [1, 10].

Протерозой PR

Метаморфические образования

Фрунзенская толща PR_{1fr} выполняет Фрунзенско-Арцизский разлом (трог), выделенный М.В.Чирвинской и Б.Л.Гуревичем в 1959 г. геофизическими методами и подтвержденный бурением. Толща прослежена в субмеридиональном направлении на расстояние более 150 км при ширине 30-50 км. По степени изученности подразделяется на северный, центральный и южный участки. Северный участок (Украина) наиболее изучен прямыми методами. К нему приурочено Великопловское железорудное месторождение. Центральный и южный участки вследствие глубокого залегания изучены только геофизическими методами. Толща сложена безрудными и железистыми кварцитами, куммингтонитовыми и гранат-куммингтонитовыми сланцами и конгломератами (гальки кварцитов и сланцев). По петрографическому составу и литологическим особенностям пород фрунзенская толща коррелируется с криворожской серией УЩ [8, 14] и, возможно, с шашковской толщей Белоруссии [1, 10].

Магматические и ультраметаморфические комплексы

Покровский базит-ультрабазитовый комплекс PR_{1pk} выделен в основном геофизическими методами. Представлен небольшими линзообразными телами в зоне Среднеднестровского и Немировско-Воронковского разломов, а также в зоне пересечения Кангазского и Фрунзенско-Арцизского разломов. Бурением вскрыт в районе с.Голошница (скв.820) и с.Васильково (скв.810) (7). Комплекс сложен габбро, габбро-норитами, габбро-анортозитами, габбро-амфиболитами с прослоями пироксенитов и кальцифинов. По характеру залегания среди суперкрупных пород покровский комплекс отнесен к раннему протерозою.

Молдавский комплекс PR_{1ml} наиболее распространен среди пород КФ. Представлен тремя фациальными группами гранитоидов: 1) *биотитовые и гранат-биотитовые граниты*, 2) *лейкократовые граниты, граниты с голубым кварцем, виннициты, аплиты, аляскиты, пегматоидные граниты*, 3) *магнетитсодержащие граниты, плагиограниты*. Породы комплекса в значительной степени мигматизированы, метасоматизированы и метаморфизованы. На большей части ДПМ образования молдавского комплекса распространены в виде небольших полей, приуроченных к линейным зонам разломов и разломным узлам. Молдавский комплекс характеризуется весьма неоднородным петрографическим составом (гибридность пород), «размытостью» (постепенность или дискретность) внутренних границ, широким распространением «ксенолитов» или шпиров основных и ультраосновных пород неправильной и линзообразной формы, глубокими вторичными изменениями (метасоматоз, диафторез и др.). Все это крайне осложняет выяснение генезиса и абсолютного возраста пород. Исходя из

чрезвычайно сложных литолого-петрографических особенностей гранитоидов молдавского комплекса, можно предполагать, что они имеют палингенно-анатектическое происхождение. Молдавский комплекс коррелируется с бердичевским комплексом УЩ, возраст которого 2,06-2,20 млрд. лет [8]. По составу пород близок к жуховичскому комплексу Белоруссии [1, 10].

Реутский комплекс PR_{1rt} слагает крупный батолитоподобный массив, границы которого (в пределах ДПМ) ориентировочно проходят по дуге Окница -Сороки – Бельцы. Западный фланг массива расположен на территории Румынии. Площадь – более 10 тыс.км² [7, 17, 19].

Реутский массив неоднороден по строению и составу. Структура концентрически-зональная, ясно отражается на аэрокосмофотоснимках. Центральная часть массива сложена в основном рапакивиподобными гранитами, периферийная – субщелочными разностями. По соотношению калишпатов и плагиоклазов Реутский комплекс подразделяется на граниты, гранодиориты и плагиограниты. Для гранитов характерна порфиробластовая структура, чем они напоминают граниты рапакиви, но без признаков центрικής структуры. Гранитоиды Реутского массива выделены в самостоятельный Реутский комплекс [6]. Возраст гранитов, определенный К-Аг методом по биотиту, 1,63-1,8 млрд.лет. Реутский комплекс по петрографическому и макроструктурным признакам близок коростенскому комплексу УЩ [14] и бобовнянскому комплексу Белоруссии [1]. Проблема генезиса гранитоидов Реутского комплекса остается дискуссионной. Существует несколько версий, ни одна из которых не является достаточно аргументированной. Среди них: 1) магматическая [18], 2) метаморфо-метасоматическая (гранитизация пород днестровско-бугской серии) [2] и 3) метасоматическая (метасоматоз основных пород) [3].

Реутский массив расположен в зоне соприкосновения двух крупных структур: Украинского щита и Предкарпатского прогиба. На северо-востоке он ограничен Среднеднестровским разломом, трассирующим западную границу УЩ, на западе – Среднепрутским разломом, фиксирующим восточный фланг Прикарпатской впадины, переходящей к западу в Предкарпатский прогиб. Эти разломы представляют собой достаточно мобильные долгоживущие линейные структуры мантийного заложения. Геотектоническое положение и литолого-структурные особенности массива позволяют относить его к плюм-анатектическим метасоматическим образованиям.

Дайковый комплекс PR₃ распространен среди супракрустальных и магматических образований докембрия. Представлен кислыми, средними и основными породами: аплитами, порфироидами, диабазами, долеритами и др. Абсолютный возраст не определен. Условно комплекс отнесен к среднему-верхнему протерозою. Несмотря на длительность изучения пород КФ, остается ряд принципиальных нерешенных проблем:

- условность стратификации докембрийских образований (толщ и комплексов) в связи с отсутствием или ненадежностью возрастных датировок и неопределенностью взаимоотношений между выделенными подразделениями;
- генезис супракрустальных и магматических пород (толщ и комплексов);
- крайне низкая изученность КФ по площади и на глубину (тектоника, формации, минерало- и металлогения и пр.).

Предложенная стратиграфическая схема докембрийских образований КФ далека от совершенства. Но она существенно облегчит стратодиагностику архей-протерозойских пород при проведении геологосъемочных и поисковых работ и может служить основой при разработке серийной легенды к геологическим картам масштаба 1:200000 – 1:50000. Необходимость дальнейшего изучения пород КФ диктуется как научными, так и практическими интересами. Известно, что с КФ ДПМ связаны многочисленные проявления рудных и нерудных полезных ископаемых, которые в перспективе могут быть востребованы экономикой республики.

Литература

1. Аксаментова Н.В. К вопросу о стратиграфии и магматизме архея и нижнепротерозоя Беларуси. Літасфера, Мінск, 2010, № 2 (33). С. 130-135.
2. Димо В.Н., Блюк И.В. Геологический отчет о результатах поисковых и поисково-оценочных работ, проведенных на территории Среднего Приднестровья в 1961-1963 гг. Кишинев, 1964 г. AGRM
3. Еременко М.А., Князев Г.И., Еременко И.К. Прогнозно-металлогеническая карта Каменско-Сорокской зоны (КСЗ) Приднестровья масштаба 1:100000. Днепропетровск, 1975. AGRM
4. Жеру М.И. Эволюция докембрия Молдавии. Кишинев, Штиинца. 1987. 208 с.
5. Заика-Новацкий В.С. Геоблоковая делимость литосферы как историческая категория. Киев. Геол.журнал, № 3. С. 20-25.
6. Захаров А.Д., Хиора Е.Н., Федоренко Т.И. и др. Отчет. Геологическое строение и полезные ископаемые Резинского промышленного района. Дубоссары, 1987 г. AGRM
7. Захаров А.Д. Хиора Е.Н., Федоренко Т.И. и др. Отчет. Геологическое строение и полезные ископаемые Окницко-Атакской площади. Кишинев, 1993 г. AGRM
8. Легенда «Держкарти-200» Центральноукраинской серии образований кристаллического фундамента Украинского щита (укр.). Киев, 2001.
9. Моргун А.А., Моргун Т.М. Отчет о поисках железных руд в докембрийских отложениях Приднестровья в пределах Воронково-Косницкой аномалии в 1972-1974 гг. Сороки, 1975 г. 138 с. AGRM
10. Найденков И.В., Аксаментова Н.В., Архипова А.А. и др. Стратиграфическая схема архея – нижнего протерозоя Беларуси (кристаллический фундамент). Мінск. Літасфера, 2005, № 1 (22). С. 15-26.
11. Поздняков И.А., Пашенко В.В., Кашкалы И.Д. и др. Отчет: Геологическое строение. гидрогеологические и инженерно-геологические условия Тираспольского листа. Кишинев, 1992 г. AGRM
12. Рыборак В.М., Шокурова В.П., Катков А.Р. и др. Отчет: Геологическое строение и полезные ископаемые Среднего Приднестровья. Кишинев, 1990 г. AGRM
13. Сергеев В.П., Чебан И.Т., Захаров А.Д. Отчет: Глубинное геологическое картирование масштаба 1:50000 (Среднее Приднестровье). Кишинев, 1982 г. AGRM
14. Стратиграфические схемы докембрийских отложений Украинского щита для геологических карт масштаба 1:50000 (1:25000). Киев, 1986.
15. Стратиграфический кодекс России. ВСЕГЕИ. Санкт-Петербург, 2006. 95 с.

16. Чебан И.Т., Фролова Т.Л. Отчет: Геологическая структура и металлогенические особенности кристаллического фундамента и низов древних толщ Среднего Приднестровья. Кишинев, 1978 г. AGRM
17. Чебан И.Т., Монида И.А., Иванова Н.П. Отчет по теме: «Геолого-генетическое изучение железо-кремнистых и других железорудных формаций Украинского щита и его склонов (территория МССР). Кишинев, 1985 г. AGRM
18. Чумаков А.А. Магматические породы Молдавии. КГУ. Уч. записки. Кишинев, 1955. Т. XIX (геол.). с. 89-100.
19. Чумаков А.А. Рапакивиобразные граниты и щелочные гранит-порфиры гибридно-ассимиляционного генезиса. КГУ. Уч. записки. Кишинев, 1957. Т. XXV, (геол.) с. 89-125.

Дата поступления в редакцию – 1 декабря 2011

УДК: 550.822.3:551.782.13(478)

Бобринская О.Г.

Комплексы фораминифер сарматских отложений (по материалам бурения) Молдовы

Abstract

Data related to foraminifera species from boreholes carrots were described. Studied boreholes have been drilled on the territory of the Republic of Moldova. Final results are the addition to previously published materials.

Rezumat

În prezenta lucrare sunt sumarizate date referitoare la studiul foraminiferilor din carotele sondelor forate în depunerile sarmațiene de pe teritoriul Republicii Moldova. Rezultatele finale permit completarea datelor publicate anterior în acest domeniu.

Резюме

Приводятся данные, полученные при изучении фораминифер из кернового материала сарматских отложений из скважин, пробуренных на территории Молдовы. Они позволили расширить ранее опубликованные материалы по данной тематике.

Отложения сарматского яруса широко распространены на территории Молдовы и представлены 3 подъярусами: нижним (волынским), средним (бессарабским) и верхним (херсонским) (Рошка В.Х., 1969).

Данные, полученные при изучении фораминифер из кернового материала геолого-картировочных и структурно-поисковых скважин, пробуренных на большей части территории, позволили дополнить ранее опубликованные материалы, выявить их систематический состав, комплексы, особенности стратиграфического распространения, приуроченность к различным фациальным зонам, определить биоэкономические условия бассейна и воссоздать палеогеографическую обстановку, а также провести межрегиональную корреляцию стратиграфической схемы.

Нижний сармат

Нижняя часть его выявлена в северо-западной области Молдовы, где она залегает на отложениях бадения и представлена известковистыми песчаниками с галькой кремня, карбонатными песками с прослоями мергелей и карбонатных глин с караваеобразными известковыми онкоидами, бентонитами, глинами, фораминиферово-детритовыми известняками, мергелями с прослоями вулканического туфа и глинами, мощностью до 26 м. Изучены они из керна скважины у с.Александрены (Д-2-Г) (Бобринская и др. 1971, Бобринская 1967, 1981), с.Зеленое (58) -, с.Дрепкауцы (11) и из обнажения у с.Ширеуцы.

Комплекс фораминифер меняется в зависимости от состава вмещающих пород, но характеризуется главным образом наличием аномалинид – *Cibicides badenensis badenensis*, *C. transcarpatica*, *C. austriaca*, характерных для слоев, переходных от бадения к нижнему сармату (рис. 1).

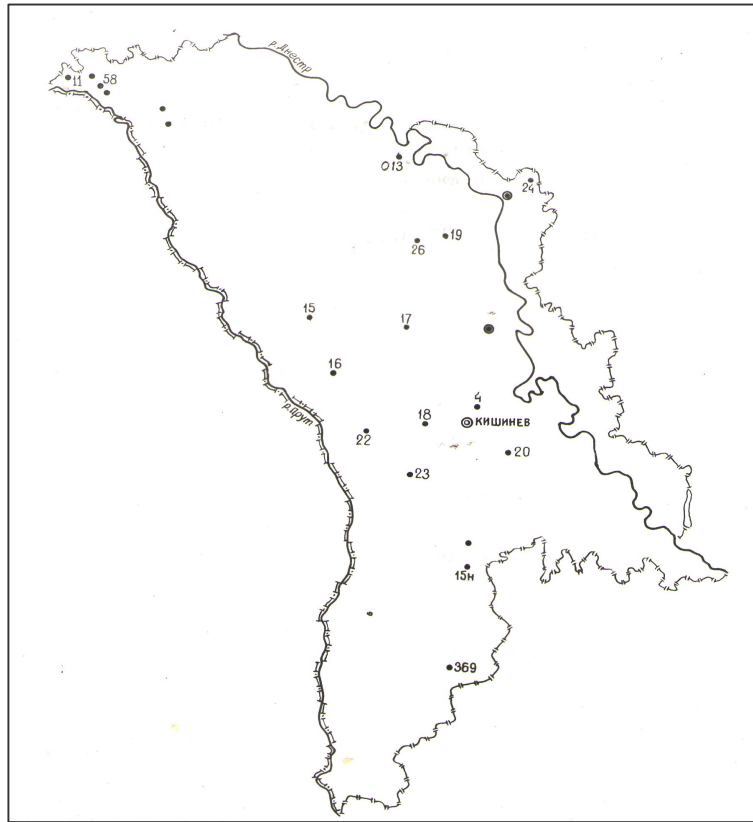


Рис.1. Схема расположения скважин в сарматских отложениях Молдовы.

Аналогичный комплекс (*Cibicides badenensis*, *Anomalinoides dividens*) прослежен западнее, на территории Волыно-Подоллии (Пишванова, 1972), Закарпатья (Венглинский, 1975), Польши (Kirchner, 1956, Luczkowska, 1964), Румынии (Paghida-Trelea, 1969; Jonesi, 1968) – табл. 1.

Выше по разрезу количество аномалинид в палеоценозе уменьшается, появляются мииолиды, среди которых много ребристых форм *Quinqueloculina karreriella*, *Q. karreriella karreriella*, *Q. pseudocostata* и др., а также нонионид и эльфиидид. Здесь же найдены и статолиты мизид (Бобринская, 1987). Массовые находки в низах сармата северо-западной Молдовы аномалинид (*Cibicides badenensis badenensis*) и ребристых мииолид позволили выделить зону с *Cibicides badenensis badenensis* и подзоной ребристых мииолин, широко распространенную в низах нижнего сармата Центрального Паратетиса (Бобринская, 1986). Отложения с аномалинидовым комплексом (*Cibicide badenensis badenensis*) на остальной части Молдовы не прослеживаются и замещаются отложениями с роталиидово-эльфиидидовыми комплексами с мииолидами (северо-восточная Молдова, обн.у с.Бурсук (Бобринская, 1981), нонионидово-эльфиидидовым (центральная Молдова, с.Ульма, скважина 18, гл.460-430 м).

Еще выше по разрезу состав фораминифер меняется в зависимости от фациальных условий, но включает преимущественно мииолидовую ассоциацию с

богатым и разнообразным видовым составом – *Quinqueloculina reussi reussi*, *Q. consobrina consobrina*, *Q. sarmatica*, *Articulina problema* и др. (северо-западная Молдова, с.Зеленое (скважина 58, гл.21-120 м)), с.Дрепкауцы (скважина 11, гл.23,5-94 м). Палеоценоз фораминифер осадков этого района позволил выделить зону с *Quinqueloculina reussi reussi*, хорошо сопоставляемую с аналогичными зонами Украины (Дидковский, 1962; Пишванова, 1965; Венглинский, 1965, 1975), Румынии (Ионеси, 1968) (Табл. 1.

Нижний сармат северо-восточной Молдовы – пески с прослоями известняков, мергелей и глин. В них, также как и в осадках северо-западной Молдовы, выявлен сходный комплекс фораминифер, состоящий из милиолид: *Quinqueloculina reussi reussi*, *Q. consobrina consobrina* и эльфиидид, обогащенный в верхней части роталиидами. Эту закономерность можно проследить по разрезам скважин у с.Проданешты (скважина 26, гл.63-120 м), с.Распопены, (скважина 19, гл.220-310 м), с.Кугурешты (скважина 013, гл.194-209 м) и др.

В центральной Молдове, где четко различаются относительно глубоководные и мелководные зоны, представленные соответственно глинами и детритовыми известняками, наблюдаются также и различия в комплексах фораминифер. В относительно глубоководных фациях – это главным образом милиолиды - *Quinqueloculina reussi reussi*, *Q. consobrina consobrina* - с.Корнешты (скважина 15, гл.356-380 м); мелководных – эльфиидиды и роталииды - с.Мерешены (скважина 23, гл.436-465 м), с.Бравичи (скважина 17, гл.312-345 м), с.Баланешты (скважина 16, гл.478-496 м), причем последние появляются там, где условия обитания бентосных форм резко ухудшаются в связи с изменением солености, температуры и газового режима. При этом роталииды приобретают «угнетенный» облик.

В зоне развития рифовых известняков милиолидово-эльфиидовый комплекс фораминифер обогащен спирулинами. В южной Молдове этой части разреза соответствует пачка разнообразных известняков, мергелей, глин, песков и песчаников. Комплекс фораминифер здесь преимущественно эльфиидидовый: *Elphidium macellum macellum*, *E. aculeatum*, *E. reginum* и др.

Средний сармат

Отложения среднего сармата широко распространены на территории Молдовы и представлены известняками (слоистыми, рифовыми), глинами, песками, песчаниками, мергелями. На дневную поверхность породы этого возраста выходят лишь в северной и центральной Молдове.

Специфической, своеобразной частью разреза среднего сармата является рифовая полоса, протягивающаяся в субмеридиональном направлении от Каменки на севере до Кагула на юге. Среднесарматские рифы делят территорию распространения разновозрастных отложений на две зоны: западную – предрифовую, относительно глубоководную, и восточную – зарифовую, отличающуюся мелководными осадочными образованиями. Собственно рифовые отложения изучены по известнякам-обнажениям у с.Желобок (с.Лазо) (Бобринская, 1981) и Петрикань. Это – оолитово-фораминиферовые известняки, слабосцементированные песчаные карбонатные породы, а также оолитовые стустковые и нубекулярные известняки, образующие караваеобразные онкоиды. (Саянов, 1968) Рифовый комплекс состоит из сочетания биогермных и детритусовых толщ. Биогермные тела

имеют вид гриба, а детритусовые толщи подстилают их и заполняют промежутки между ними. Породообразователями биогермов являются водоросли, губки (спикулы), мшанки, фораминиферы (нубекулярии, пенероплиды), а также моллюски. (В.С.Саянов, 1968).

В нижней части рифовой зоны комплекс фораминифер – милиолидово-спиролиновый с эльфидидами: *Quinqueloculina gracilis*, *Q.consobrina consobrina*; *Spirolina risilla*, *S.pseudostelligera* и др., комплекс верхней части – нубекуляриевый, в котором раковинки *Nubecularia novorossica* являются породообразующими.

Предрифовая часть относительно глубоководных отложений распространена преимущественно в Припрутье и вскрыта скважинами: с.Корнешты (скважина 15, гл.330-340 м), с.Баланешты (скважина 16, гл.439-470 м), с.Ульма (скважина 18, гл.375-392 м), с.Бужор (скважина 22, гл.336-368 м), с.Мерешены (скважина 23, гл.379-388 м), с.Бравичи (скважина 17, гл.295-306 м). Она сложена глинами, переслаивающимися с мергелями, диатомитами, спонголитами, песками. Преобладающий комплекс фораминифер – милиолидовый. Здесь широко распространены: *Quinqueloculina akneriana akneriana*, *Q.akneriana elongata*, *Q.consobrina consobrina*, *Q.akneriana rotunda*, *Q.sarmatica*; характерны виды милиолид с морщинистой стенкой раковины – *Quinqueloculina voloshinovae*, *Q.voloshinovae brevidentata*; артикулины – *Articulina sarmatica*, *A.problema*; *Dogielina sarmatica*, *D.kaptarenkoae*. Довольно много боливинитид – *Bolivina sarmatica*, *V.nisporenica* и др., булиминид – различные виды энтосолений. Присутствуют также альфидиды и нониониды.

Другие комплексы фораминифер в отложениях среднего сармата Молдовы предрифовой зоны – милиолидово-эльфидиидовый, характеризующийся разнообразными видами милиолид и эльфидиид, и эльфидиидово-нонионидовый. Милиолиды в милиолидово-эльфидиидовом комплексе представлены тем же видовым сообществом, что и встреченные в милиолидовом, а именно – *Quinqueloculina akneriana akneriana*, *Q.consobrina consobrina*, *Q.voloshinovae voloshinovae*, *Q.voloshinovae brevidentata*, в большом количестве артикулины и разнообразные виды эльфидиид – *Elphidium macellum*, *E.macellum converia*, *E.joukovi*, *E.puscharovski* и др. Здесь же обнаружены статолиты мизид.

В смешанном эльфидиидово-нонионидовом комплексе широко представлены разнообразные виды родов *Elphidium* и *Nonion* – *Elphidium macellum macellum*, *E.macellum converia*, *E.macellum tumidocamerale*, *E.aculeatum*, *E.joukovi*, *E.listeri*; *Porosonion subgranosus subgranosus*, *P.subgranosus hyalinus*, *P.martkobi*, *Florilus boueanus* и др. В меньшей степени в нем распространены боливинитиды – *Bolivina sarmatica*, *B.sagittula*, *B.sinzowi* (с.Бравичи, скважина 17, гл. 281 м.; с.Бужор, скважина 22, гл. 279-295 м), милиолиды – *Quinqueloculina akneriana akneriana*, *Q.sarmatica*, *Q.voloshinovae brevidentata*, *Dogielina sarmatica* (с.Бужоры, скважина 22, гл. 340-345 м), роталииды и булиминиды (с.Баланешты, скважина 16, гл. 439-470 м). В некоторых разрезах боливинитиды имеют большое видовое разнообразие и являются породообразующими (с.Казаклия, скважина 369, гл.277-294 м.).

Ассоциация фораминифер среднего сармата предрифовой части (Бобринская, Бурындина, 1981) Молдовы обогащена планктонными видами *Globorotalia mayeri*, *G.incompta*, *Globigerina juvenilis*, *G.pseudoedita*, *G.falconensis*, *G.bolli*, *G.opinata* и др. (с.Ульма, скважина 18, гл.410-200 м; с.Бужоры, скважина 22, гл.255 м и др.) (Бобринская, Куренкова, 1986). Примечательно, что их раковинки мелкорослы, «угнетенные». Наличие их в отложениях среднего сармата Молдовы

свидетельствует о связи морского среднесарматского бассейна с Мировым океаном, повышении солености воды и возможном увеличении глубины бассейна.

Кроме планктонных фораминифер, в комплексе встречены в очень большом количестве стаголиты мизид (Бобринская, 1987), также широко распространенные в сарматских отложениях центрального и восточного Паратетиса (Macarovicí N., Paghida N., Ionesi Cehan B., 1957; Voicu, 1974, 1981). Моллюски, численно преобладающие в карбонатных глинах – *Cryptomactra*, а сами глины названы «криптомактровыми» (Рошка, 1969) и имеют стратиграфическое значение. В Молдове стаголиты найдены над горизонтом с *Cibicides badenensis badenensis* и четко фиксируют, наряду с фораминиферами, нижнюю границу нижнего сармата.

Зарифовая область среднего сармата Молдовы представлена в основном известняками, детритовыми и фораминиферовыми. Встречаются прослой мергелей, песчаников с линзами песков: конгломераты глины. Комплексы фораминифер здесь: милиолидовый (сильно обогащенный спиринолами – *Spirolina sarmatica*, *S.litoralis*, *S.grandis*), *Meandroloculina litoralis*, *Flintina tutkonskii*, *Quinqueloculina consobrina consobrina*, *Q.akneriana akneriana* и нонионидово-эльфидиидовый: *Nonion biporus*, *N.serenus*, *Porosonion subgranosus subgranosus*, *P.subgranosus hyalinus*, *P.martkobi*; *Elphidium macellum macellum*, *E.aculeatum*, *E.reginum*, *E.antoninum* с роталиидами (с.Плоть, скважина 24, гл.128,4-228 м).

Верхний сармат

Верхний сармат на территории Молдовы образован мелководными морскими, пресноводными и солоноватоводными лагунными и дельтовыми, речными и озерными песчано-глинистыми отложениями с прослоями известняков и ракушечников. Вскрыты эти образования скважинами и в некоторых местах обнажаются на дневной поверхности. Фораминиферы в большинстве из них отсутствуют (с.Плоть, скважина 24), а найденные раковины *Elphidium macellum macellum*, *Florilus boueanus*, *Streblus beccarii* и др., по-видимому, переотложены. Таким образом, фораминиферы сармата Молдовы являются естественными сообществами, объединяющими большое количество видов (249) (табл.1).

Распределение их в разрезах контролировалось фациальной обстановкой осадконакопления и биономическими условиями морского бассейна. Используя данные о фораминиферных ценозах, можно получить информацию об эволюции биономических условий сарматского бассейна Молдовы.

К концу бадения и в начале сармата в бассейне на изученной территории устанавливаются мелководные условия. В сублиторальной зоне пологого шельфа северной части бассейна формировались глинистые и песчано-глинистые осадки (район современных населенных пунктов Дрепкауцы, Проданешты и Распопены), а южнее – глины, известняки и мергели (с.с.Корнешты, Баланешты, Пугой). Как терригенные, так и карбонатные осадки содержали эльфидиидо-нонионидовые комплексы фораминифер с прочными округлыми и линзовидными раковинками, приспособленными к жизни на мелководье с интенсивными движениями водных масс и к рыхлым подвижным грунтам. На северо-западе (современные Дрепкауцы) и в центральной части междуречья Прут-Днестр (с.Пугой, Мерешены) морской бассейн оставался мелководным на протяжении всего раннего сармата. Причем море здесь было значительно опреснено, о чем может свидетельствовать широкое расселение роталиид. Опреснение оказывало угнетающее действие на проникших сюда

средиземноморских иммигрантов, мелкие «угнетенного» облика раковинки которых часто встречаются в осадках этого района.

В середине и в конце раннего сармата северные и центральные части бассейна Молдавской плиты, за исключением северо-западных прибрежных мелководных участков и района современных сел Пугой и Мерешены, становятся более глубоководными. Карбонатное осадконакопление в них сменяется пелитово-терригенным, и повсюду расселяются милиолиды, приуроченные к сравнительно глубоким и спокойным участкам моря. Полигалянные представители фораминифер проникают в более северные участки моря, их раковинки встречаются в отложениях верхней части нижнего сармата, вскрытой скважиной у с.Баланешты (гл.410-420 м). Обращает на себя внимание частая смена фораминиферных комплексов в разрезах сармата у современных сел Проданешты и Распоены, что может быть объяснено влиянием близко расположенной зоны разломов субмеридионального простирания (Билинкис, 1971), вдоль которой в среднем сармате формировались барьерные рифовые образования. К концу раннего и началу среднего сармата имело место обмеление, обусловившее ухудшение условий обитания фораминифер. Многие виды последних вымирают, а у оставшихся раковинки уменьшаются в размерах. Позже связь с открытым морем продолжалась и даже расширялась. Средиземноморские иммигранты появились в отложениях сармата в районах современных сел Корнешты, Баланешты, Бравичи, Ульма.

На эволюцию фациальной обстановки в среднесарматское время сильно влияли блоковые тектонические движения морского дна (Билинкис, 1971), которые контролировали состав осадков и смену фаций в районе центральной Молдовы. Здесь, в условиях установившегося преобладающего мелководья, в донных углублениях формировались отложения относительно глубоководных фаций, в которых широко представлен милиолидовый комплекс фораминифер.

К концу среднего сармата морской бассейн мелеет, условия для жизни и развития фораминифер еще более ухудшаются. Это обусловило уменьшение количества микрофауны и размеров их раковин.

Таким образом, за последние годы получен большой фактический материал по распространению фораминифер в отложениях сармата Молдовы.

Таблица 1

Распространение фораминифер в сарматских отложениях Молдовы

Фораминиферы	Северо-западное Припрутье		Северо-восточное Приднестровье		Центральная часть		Южная часть	
	N ₁ S ₁	N ₁ S ₂	N ₁ S ₁	N ₁ S ₂	N ₁ S ₁	N ₁ S ₂	N ₁ S ₁	N ₁ S ₂
<i>Hyperamina</i> sp.	*							
<i>Spiroplectamina scaligera</i> Luczkowska	*							
<i>Textularia concava</i> (Karrer)	*							
<i>Textularia abbreviata</i> d'Orbigny	*						*	
<i>Textularia</i> sp.	*				*			
<i>Gaudryina</i> sp.						*		
<i>Cornuspira plicata</i> Czjzek	*							
<i>Quinqueloculina postbadensis</i> Venglinsky	*		*					
<i>Q. ungeriana</i> d'Orbigny			*		*			
<i>Q. angustioris</i> (Bogdanowicz)	*			*	*	*		
<i>Q. perelegantissima</i> Didkovsky					*			

	Северо-западное Припрутье	Северо-восточное Приднестровье	Центральная часть	Южная часть
<i>Q.pseudocostata</i> (Venglinsky)	*		*	
<i>Q.dichotoma</i> Reuss		*	*	
<i>Q.aff.triangularis</i> d'Orbigny			*	*
<i>Q.aff.latelacunata</i> (Venglinsky)			*	*
<i>Q.aff.collaris</i> (Gerke et Issaeva)		*	*	
<i>Q.aff.serovae</i> (Bogdanowicz)	*	*	*	*
<i>Q.aff.alexandri</i> d'Orbigny				*
<i>Q.aff.haidingerii</i> d'Orbigny				*
<i>Q.aff.dorsicostata</i> (Venglinsky)		*	*	
<i>Q.aff.longuscola</i> Didkovsky				*
<i>Q.aff.pyrula</i> (Karrer)				*
<i>Q.aff.bogdanowiczi</i> (Serova)				*
<i>Q.aff.fluviata</i> (Venglinsky)	*			
<i>Q.consobrina consobrina</i> d'Orbigny	*	*	*	*
<i>Q.consobrina nitens</i> Reuss	*		*	*
<i>Q.akneriana akneriana</i> d'Orbigny	*	*	*	*
<i>Q.akneriana argunica</i> Gerke				*
<i>Q.akneriana elongata</i> Gerke	*		*	*
<i>Q.akneriana longa</i> Gerke		*	*	*
<i>Quinqueloculina akneriana</i> <i>rotunda</i> Gerke	*	*		*
<i>Q.voloshinovae</i> Bogdanowicz			*	*
<i>Q.voloshinovae ukrainica</i> Didkovsky			*	*
<i>Q.voloshinovae brevidentata</i> Voloshinova			*	*
<i>Q.consobrina plana</i> Voloshinova			*	*
<i>Q.minakovae minakovae</i> Bogdanowicz				*
<i>Q.minakovae ukrainica</i> Didkovsky		*	*	*
<i>Q.reussi reussi</i> Bogdanowicz	*	*	*	
<i>Q.reussi sartaganica</i> Krasheninnikov		*	*	*
<i>Q.boueana</i> d'Orbigny	*		*	
<i>Q.karrereri karrereri</i> Reuss	*		*	
<i>Q.karrereri ovata</i> Serova	*			
<i>Q.sarmatica</i> Karrer	*		*	*
<i>Q.aff.gracilis gracilis</i> Karrer	*			*
<i>Q.consobrina sarmatica</i> Gerke	*		*	
<i>Q.hauerina</i> d'Orbigny	*			
<i>Q.circularis</i> Borneman	*			*
<i>Q.ovula</i> Karrer	*		*	*
<i>Q.aff.karrerella</i> (Venglinsky)	*			
<i>Quinqueloculina</i> sp.	*	*	*	*
<i>Quinqueloculina</i> sp.1			*	*
<i>Quinqueloculina</i> sp.2			*	*
<i>Massilina haidingerii</i> (d'Orbigny)			*	*

	Северо-западное Припрутье		Северо-восточное Приднестровье		Центральная часть		Южная часть	
<i>Miliolinella circularis</i> (Borneman)	*					*		
<i>M.aff.bonati</i> Luczkowska	*					*		
<i>Cycloforina aff.cristata</i> (Millet)			*	*	*	*		
<i>C.aff.stomata</i> Luczkowska	*							
<i>Sinuloculina aff.nitens</i> (Reuss)				*				
<i>Affinetrina cubanica</i> Bogdanowicz			*	*	*	*		
<i>A.ukrainica ukrainica</i> (Serova)	*		*	*	*			
<i>Articulina problema</i> Bogdanowicz		*	*	*	*	*		*
<i>A.sarmatica</i> Bogd. et Voloshinova		*		*		*		
<i>A.articulinoidea</i> (Gerke et Issaeva)	*					*		
<i>A.monodentata sarmatica</i> Didkovsky	*							
<i>A.tenella</i> Eichwald	*							
<i>Articulina</i> sp.			*	*		*		
<i>Dogielina sarmatica</i> Bogdanowicz et Voloshinova	*	*		*	*	*		
<i>D.kaptarenkoae</i> Bogdanowicz et Didkovsky	*	*		*				
<i>Sarmatiella moldawiensis</i> Bogdanowicz	*			*		*		
<i>Spiroloculina tenuissima</i> Reuss	*			*		*		
<i>S.aff. kolesnikovi</i> Bogdanowicz						*		
<i>Spiroloculina</i> sp.				*				
<i>Meandroloculina aff.aculeata</i> Bogdanowicz				*				
<i>Sigmoilina tenuis</i> (Czjzek)								*
<i>Flintina tutkowski</i> Bogdanowicz				*		*		*
<i>Flintina</i> sp.						*		
<i>Hauerina</i> sp.			*			*		*
<i>Nodobaculariella sulcata</i> (Reuss)			*		*	*		
<i>N.transcarpatica</i> Venglinsky			*		*	*		
<i>N.aff.ovalis</i> Venglinsky			*	*	*			
<i>N.didkovskii</i> Bogdanowicz			*	*	*			
<i>Nodobaculariella</i> sp.	*		*	*	*	*		
<i>Nubecularia novorossica</i> Karreret et Sinzow		*		*				
<i>Triloculina pseudoukrainica</i> Didkovsky						*		
<i>T. hanyciensis</i> (Venglinsky)	*			*	*			
<i>T.inflata inflata</i> d'Orbigny				*		*		
<i>T.sarmatica typica</i> Karrer			*		*			
<i>T.nitens</i> Reuss				*	*	*		
<i>T.austriaca</i> d'Orbigny	*		*		*			
<i>T.volhynica</i> Didkovsky	*			*				
<i>T.aff.eggeri</i> (Bogdanowicz)			*			*		
<i>T.gibba</i> d'Orbigny			*		*			

	Северо-западное Припрутье		Северо-восточное Приднестровье		Центральная часть		Южная часть	
		*		*		*		*
<i>T.voloshinovae voloshinovae</i> Bogdanowicz		*		*		*		*
<i>Triloculina</i> sp.					*			
<i>Spirolina bogdanowiczi</i> Didkovsky				*		*		
<i>S.pseudostelligera</i> Didkovsky				*				*
<i>S.austriaca</i> d'Orbigny				*		*		
<i>S.litoralis litoralis</i> Didkovsky				*		*		
<i>S.peneroploides pineroploides</i> Didkovsky				*		*		
<i>S.dentritinoides dentritinoides</i> Didkovsky				*		*		
<i>S.aff.haueri</i> (d'Orbigny)				*	*	*		*
<i>Spirolina</i> sp.			*	*	*	*		*
<i>Nodosaria dina</i> Venglinsky	*		*					
<i>Nodosaria</i> sp.	*							
<i>Siphonodosaria soluta pomuligera</i> (Stache)						*		
<i>Lagena sulcata</i> (Walker et Jacob)	*							
<i>Globulina gibba gibba</i> d'Orbigny					*	*		*
<i>Glandulina laevigata</i> (d'Orbigny)	*							
<i>Discorbis obtusum</i> (d'Orbigny)			*		*			
<i>D.imperatorius</i> (d'Orbigny)					*			
<i>D.aff.rissilla</i> Bogdanowicz					*	*		
<i>Gyroidina soldanii</i> d'Orbigny	*							*
<i>Gyroidina</i> sp.			*					
<i>Cancris</i> sp.						*		
<i>Eponides haendigerii</i> (d'Orbigny)					*			
<i>Asterigerina planorbis</i> d'Orbigny					*	*		*
<i>Cibicides amphisiliensis</i> (Andreae)			*		*			
<i>C.austriaca</i> (d'Orbigny)					*			
<i>C.badenensis badenensis</i> (d'Orbigny)	*				*			
<i>C.dutemplei</i> d'Orbigny	*							
<i>C.boueanus</i> d'Orbigny	*					*		
<i>C.aff.borislavensis</i> Aisenstat						*		
<i>C.aff.menneri</i> Serova						*		*
<i>C.aff.bogdanovi</i> Serova	*							
<i>C.vyschcoviensis</i> Venglinsky	*							
<i>Cibicides</i> sp.	*		*			*		
<i>Pullenia bulloides</i> d'Orbigny	*							
<i>P.quinqueloba</i> Reuss	*							
<i>Pullenia</i> sp.	*							
<i>Nonion serenus</i> Venglinsky	*		*	*	*	*		
<i>N.tumidulus</i> Pishvanova			*			*		
<i>N.bogdanowiczi</i> Voloshinova	*		*	*	*	*		

	Северо-западное Припрутье		Северо-восточное Приднестровье		Центральная часть		Южная часть	
<i>N.aff.inexavatum</i> (Cushman and Applin)						*		
<i>N.aff.hantkeni</i> (Cushman)				*	*	*		
<i>N.aff.rotundum</i> Pishvanova				*	*	*		
<i>N.aff.biporus</i> Krasheninnikov			*	*				
<i>N.punctatus</i> (d'Orbigny)	*		*	*		*		
<i>Nonion</i> sp.	*		*	*		*		*
<i>Porosonion subgranosus subgranosus</i> (Egger)	*		*	*		*	*	*
<i>P.subgranosus hyalinus</i> Bogdanowicz	*			*		*		*
<i>P.martkobi</i> Bogdanowicz	*			*		*		
<i>Florilus boueanus</i> d'Orbigny	*		*	*	*	*		*
<i>Nonionella karaganica</i> Krasheninnikov	*							
<i>Melonis soldanii</i> (d'Orbigny)	*							
<i>Globigerina bulloides</i> (d'Orbigny)	*		*	*	*	*		*
<i>G.ciperoensis ciperoensis</i> Bolli						*		
<i>G.aff.brevispira</i> Subbotina						*		
<i>G.juvenilis</i> Bolli						*		
<i>G.aff.pseudoedita</i> Subbotina						*		
<i>G.falconensis</i> Blow						*		
<i>G.aff.opinata</i> Pishvanova						*		
<i>G.bolli</i> Cita et Premoli						*		
<i>G.aff.evoluta</i> Subbotina						*		
<i>G.aff.obesa</i> (Bolli)						*		
<i>G.praebulloides</i> Blow						*		
<i>G.parabulloides</i> Blow						*		
<i>G.aff.quinqueloba</i> Natland						*		
<i>G.aff.decoraperta</i> Takayagi et Saito						*		
<i>Globigerina</i> sp.				*		*		*
<i>Globigerina</i> sp.1				*		*		
<i>Globigerina</i> sp.2				*		*		
<i>Globigerinella</i> aff. <i>evoluta</i> (Subbotina)					*	*	*	*
<i>G.aff.bisphaerica</i> Todd						*		*
<i>Globigerinoides trilobus</i> Reuss						*		
<i>G.ruber</i> (d'Orbigny)						*		
<i>Globigerinoides succulifer</i> (Brady)						*		
<i>Globigerinoides</i> sp.			*	*	*			
<i>Orbulina suturalis</i> (Bronniman)						*		
<i>O.universa</i> d'Orbigny						*		
<i>Orbulina</i> sp.						*		
<i>Globorotalia</i> aff. <i>kosoviensis</i> Putrja					*	*		
<i>G.praescitula</i> Brady						*		
<i>G.aff.pseudopachyderma</i> Cita, Silva, Rossi						*		*
<i>G.continua</i> Blow						*		
<i>G.aff.denseconnexa</i> Subbotina						*		*

	Северо-западное Припрутье	Северо-восточное Приднестровье	Центральная часть	Южная часть
<i>G.periferoacuta</i> Blow			*	
<i>G.incompta</i> (Cifelli)			*	
<i>G.miocaenica</i> Putrja			*	
<i>G.aff.trilobus</i> (Reuss)			*	
<i>G.obesa</i> Bolli			*	*
<i>G.aff.apertura</i> Pezzani			*	
<i>G.sicanus</i> de Stefani			*	
<i>G.siakensis</i> Le Roy			*	
<i>G.aff.mayeri</i> (Cushman et Kllisor)			*	*
<i>G.miozea miozea</i> Finlay			*	
<i>G.aff.periferoronda</i> Blow and Banner			*	
<i>G.angustum-bilicata</i> Bolli			*	
<i>Globorotalia</i> sp.		*	*	*
<i>Rotalia simplex</i> d'Orbigny	*			
<i>R. aff. magnifica</i> Krashennnikov	*			
<i>Rotalia</i> sp.			*	
<i>Turborotalia aff.bykovaе</i> Aisenstat			*	*
<i>Streblus beccarii</i> (Linne)	*	*	*	*
<i>Elphidium midhati</i> (Karrer)		*		
<i>E.listeri</i> (d'Orbigny)		*	*	*
<i>E.crispum</i> (Linne)		*	*	*
<i>E.reginum</i> (d'Orbigny)		*	*	*
<i>E.aculeatum</i> (d'Orbigny)	*	*	*	*
<i>E.rugosum</i> (d'Orbigny)		*	*	*
<i>E.jukovi</i> Serova			*	*
<i>E.microelegans</i> Serova		*	*	*
<i>E.poyeanum</i> (d'Orbigny)		*	*	*
<i>E.puscharovski</i> Serova			*	*
<i>E.antoninum</i> (d'Orbigny)	*	*	*	*
<i>E.hauerinum</i> d'Orbigny		*	*	*
<i>E.fichtellianum</i> d'Orbigny	*		*	*
<i>E.angulatum</i> Egger		*	*	*
<i>E.perscitum</i> Serova				*
<i>E.laloviensis</i> Venglinsky		*		*
<i>E.echinus</i> Serova			*	
<i>E.salebrosum</i> Serova			*	
<i>E.subumbilicatum</i> (Czjzek)		*	*	*
<i>E.aff.mirandum</i> Krashennnikov	*		*	
<i>E.aff.josephina</i> (d'Orbigny)		*	*	*
<i>E.aff.glabrum</i> Bystricka	*		*	*
<i>E.aff.notabilis</i> Pishvanova		*	*	
<i>E.chipolense</i> (Cushman)			*	*
<i>E.aff.lidoense</i> Cushman			*	*
<i>E.aff.inflatum</i> (Reuss)		*	*	*
<i>Elphidium aff. advenum</i> Cushman		*	*	*
<i>E.macellum macellum</i> (Fichtel et Moll)	*	*	*	*

	Северо-западное Припрутье		Северо-восточное Приднестровье		Центральная часть		Южная часть	
<i>E.macellum tumidocamerale</i> Bogdanowicz			*	*	*	*		
<i>E.macellum converia</i> Venglinsky			*	*	*	*		
<i>E.aff. ukrainicum</i> Krasheninnikov		*						
<i>E.minutum</i> Reuss				*				
<i>E.aff. kudakoensis</i> Bogdanowicz				*				
<i>E.alvarezianum</i> d'Orbigny			*	*				
<i>Elphidium</i> sp.	*		*	*	*	*		*
<i>Elphidium</i> sp.1			*	*				
<i>Elphidium</i> sp.2			*	*				
<i>Bulimina elegans</i> (d'Orbigny)				*		*		
<i>B.aculeata</i> d'Orbigny	*							
<i>B.elongata</i> d'Orbigny	*							*
<i>Bulimina</i> sp.	*		*	*	*	*		*
<i>Buliminella elegantissima</i> d'Orbigny		*	*					
<i>Entosolenia marginata</i> (Walker et Boys)	*	*	*	*	*	*		
<i>E.isa</i> Venglinsky	*	*	*	*	*	*		
<i>Entosolenia</i> sp.	*	*	*	*	*	*		
<i>Uvigerina pygmaea</i> d'Orbigny	*							
<i>Uvigerina</i> sp.	*					*		
<i>Cassidulina</i> aff. <i>laevigata</i> d'Orbigny	*							
<i>Cassidulina</i> sp.	*							
<i>Bolivina sarmatica</i> Didkovsky	*	*		*		*		*
<i>B.sagittula</i> Didkovsky	*	*				*		
<i>B.subdilata</i> Pishvanova	*	*						
<i>B.nisporenica</i> Didkovsky		*				*		
<i>Bolivina</i> aff. <i>sinzovi</i> Didkovsky					*	*		
<i>B.aff. dilatata dilatata</i> Reuss	*	*				*		
<i>B.aff.moldavica</i> Didkovsky					*			
<i>B.aff.arta</i> Macfadyen					*			
<i>B.aff.punctata</i> d'Orbigny	*							
<i>B.aff.antiqua</i> Pishvanova	*							
<i>Bolivina</i> sp.	*				*	*		*

Заключение

Полученные результаты исследования материалов бурения геолого-картировочных и структурно-поисковых скважин сарматских отложений на территории Молдовы позволили дополнить ранее опубликованные материалы. Выявлен их видовой систематический состав, комплексы из каждого стратиграфического подразделения и фациальных зон (*Quinqueloculina reussi reussi*, *Cibicides badenensis badenensis* – в нижнем сармате), в ходе работ обнаружены ранее неизвестные в сарматских отложениях средиземноморские иммигранты (различные виды планктонных фораминифер), а также статолиты мизид.

Полифаціальність сарматських образований визначила значительні труднощі в сопоставленні в просторі і во часі комплексів форамініфер і їх значення для детальної стратиграфії сармата Молдови, застосований палеогідрологічний метод, оснований на визначенні шовів, сформованих в умовах різних глибин, солоності, температурного і газового режимів вод, характеру дна. Для виявлення вказаних параметрів осади накоплення використовували дані по екології сучасних форамініфер, які потім екстраполювали на іскопаєму матеріал. В подальшому ця інформація використовувалася для виділення етапів морського басейну і визначення біономічних умов.

Складена регіональна стратиграфічна схема і проведена міжрегіональна кореляція її з аналогічними підрозділами сусідніх територій (України, Румунії, Польщі).

Литература

1. Luczkowska E. Stratigrafia micropaleontologiczna miocenu w rejonie Fartobrzegchmielnik. Prace Geol.Pan. 20, Warszawa, 1964, p. 7-56.
2. Macarovici N., Paghida N., Ionesi-Cehan S. Microfauna miocenă din fundamental Podișului Central Moldovenesc. Univ. "Al I.Cuza" Anal. Științif. Iași, 1957, p. 1-11.
3. Paghida-Frelea N. Microfauna miocenului dintre Siret și Prut, Editura Academiei Republicii Socialiste România. București, 1969, p. 189.
4. Voicu G. Identification des Mysides du Miocene superior de la Paratethys Centrale et orientale et leur importance paleontologique, stratigraphique et Paleogeographique Geol. Carpath. 1974, p. 231-239.
5. Voicu G. Upper Miocene and Recent mysid statoliths in Central and Eastern Paratethys. Micropaleontology. Vol. 27, N 3, 1981, p. 227-247.
6. Ionesi B. Stratigrafia depozitelor Miocene de platformă dintre Valea Siretului și Valea Moldovei. Editura Academiei Române. București, 1968, p. 391.
7. Ionesi L., Ionesi B., Lungu A., Roșca V., Ionesi V. Sarmatianul mediu și superior de pe platformă Moldovenească. Editura Academiei Române. 2005, p. 22-99.
8. Bobrinskaya O.G., Gruzman A.D., Krashennikov V.A. s.a. Stratigraphy of the Oligocene and Miocene deposits of the Western Ukraine and Moldavia. В кн.: Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys. Frankfurt am Main, Verlag Waldemar Kramer, 1998, p. 34-43.
9. Билинкис Г.М. Неотектоника Молдавии и смежных районов Украины. Кишинев. Штиинца. 1971. Стр. 38-61.
10. Бобринская О.Г. «Комплексы фораминифер в отложениях сармата Молдавии». Сб. «Биостратиграфия антропогена и неогена юго-запада СССР», Кишинев, Штиинца, 1981, стр. 68-78.
11. Бобринская О.Г., Бурындына Л.В. «О средиземноморских фораминиферах и остракодах в сарматских отложениях Молдавии». Изв. АН МССР, сер. биол. и хим. наук, № 5, Кишинев, 1981, стр. 79-80.
12. Бобринская О.Г., Куренкова В.Г. «Новые данные о находках планктонных фораминифер в сарматских отложениях Молдавии». Сб. «Палеонтология и стратиграфия». Кишинев, Штиинца, 1986, стр.

13. Бобринская О.Г. «К стратиграфии нижне-сарматских отложений Северо-Молдавского Припрутья», «Палеонтолого-стратиграфические исследования мезозоя и кайнозоя междуречья Прут-Днестр. Кишинев. Штиинца. 1986. Стр. 53-65.
14. Бобринская О.Г. «Статолиты мизид сармата Молдавии». Сб. «Стратиграфия верхнего фанерозоя Молдавии». Кишинев, 1987, стр. 52-56.
15. Богданович А.К. «Стратиграфическое и фациальное распределение фораминифер в миоцене Западного Предкавказья и вопросы их генезиса». Тр. р. ВНИИ, вып. 16, Недрa, Ленинград, 1965, стр. .
16. Венглинский И.В. «Фораминиферы и биостратиграфия миоценовых отложений Предкарпатского прогиба». Изд-во «Наукова думка», Киев, 1975, стр. 262.
17. Дідковський В.Я. Про мікрофауну середнього сармату Причорноморської западини в межах УРСР. Геол.журнал. Т. XXII, в.1, 1962, стр. 58-65.
18. Пишванова Л.С. Стратиграфическое значение фораминифер для расчленения миоценовых отложений в западных областях Украины. Геол. журн. АН УССР, т. 25, вып. 4, 1965.
19. Пишванова Л.С. Фораминиферы верхнеолигоценых и миоценовых отложений западных областей УССР. Недрa, М., 1972, стр. 205-284.
20. Рошка В.Х. Геология СССР. Т. XLV. Из-во «Недрa». Москва, 1969. С.151-168.
21. Саянов В.С. Состав, строение и происхождение среднесарматских биогермов Молдавской ССР. В кн.: «Ископаемые рифы и методика их изучения». Свердловск, 1968, 210-224 с.
22. Серова М.Я. «Стратиграфия и фауна фораминифер миоценовых отложений Предкарпатья». Матер.по биостр. Зап.обл. УССР. Госгеолтехиздат, 1955, р. 261-458.

Дата поступления в редакцию –1 декабря 2011

УДК 551.31.233:552

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

Геологический фактор в формировании специфики минералогии и свойств стагнированных черноземов

Abstract

Mineralogical studies of stagnated chernozems identified a number of features in comparison with modern zonal chernozems, and common features with some other soils. These features apply to the composition of primary and clay minerals, and also to the character of their distribution in soil profile. A characteristic feature of stagnated chernozems mineralogical composition that stimulated many of their specific properties is high content (40-70%) of clay minerals and, in this connection, low content of primary minerals. Nomenclature composition of minerals is the same as in zonal chernozems. Another distinctive feature of stagnated chernozems, in comparison with zonal ones, is the fact that they, as part of primary minerals, contain approximately twice less skeletal minerals (quartz and feldspar) and more – layered silicates, in particular, mica. Among clay minerals they are characterized by a higher content of smectite and illite, and by a shift of balance between these minerals in favor of illite. Besides, difference between stagnated and zonal chernozems is in irregularity of profile dynamics of primary and clay minerals. It indicates the presence of more or less explicit or implicit stratification of soil-forming rock, which reflects the complicated history of formation of these soils under repeated environments shifts of swamp-lake-alluvial sedimentation in the Late Pliocene. Heterogeneity of soil-forming rock makes it difficult to diagnose these soils by pedogenic weathering of minerals as it is superimposed on the geological heterogeneity of rocks. In stagnated chernozems there are observed manifestations of clay properties. In some respects we can say that the process of destruction of primary aluminosilicates in stagnated chernozems advanced much further than in zonal chernozems, while the process of decomposition of clay minerals is inhibited. Their combination, apparently, leads to additional argillization of stagnated chernozems that extends to gleyed horizons. It's impossible to give unequivocal evidence of argillization in gley horizons of stagnated chernozems because of the heterogeneity of rocks, although probability of this process is high. The origin of gleyed horizons in these soils is explained by the specific smectite composition of swelling clays on which they are formed. Mineralogical composition of stagnated chernozems demonstrates genetic features common to other soils by habitus. Thus, high content of smectite and, especially, of illite shows an affinity of these ancient and modern alluvial compact soils. Another sign, exceptionally high contents of smectite, discovers kinship between stagnated chernozems and compact chernozems. Increased content of micas in composition of primary minerals of stagnated chernozems, and of illite - in clay minerals, indicates the natural enrichment of these soils by potassium-based minerals and therefore a high reserve of potassium. By mineralogical composition, as a source of mineral elements for plants, stagnated chernozems have higher potential fertility in comparison with zonal chernozems. Because of the long history of repeated changes in climate and soil-formation conditions throughout the Quaternary period stagnated chernozems contain relicts of past ages, which need to be considered and treated as soils of polygenetic series. Major genetic features: heavy-clayey composition, high content of smectite and of illite, exposure in dry season to formation of deep cracks and cemented lumps, and swelling during wet periods due to peculiar mineralogy - soil properties, directly related to the features of composition and properties of soil-forming rocks. Stagnated chernozems is bright example of the crucial role of the geological factors in formation of soil properties.

* Институт Почвоведения, Агротехники и Защиты почв им. Н.А. Димо, Молдова

Rezumat

Cercetările mineralogice ale cernoziomurilor stagnice au identificat un număr de caracteristici specifice lor în comparație cu cernoziomurile contemporane zonale și similarități cu unele alte soluri. Aceste caracteristici se aplică la compoziția mineralelor primare și argiloase, precum și la modul de distribuție a acestora pe profilul de sol. O trăsătură caracteristică a compoziției mineralogice a cernoziomului stagic, care a condiționat multe dintre proprietățile lor specifice, este un conținut ridicat (40-70%) al mineralelor argiloase și, prin urmare, un nivel scăzut de minerale primare. Șirul identificat de minerale este același ca și în cazul cernoziomurilor zonale. O altă trăsătură distinctivă a cernoziomurilor stagnice constă în faptul că ele în comparație cu cernoziomurile zonale în componența mineralelor primare au un conținut aproximativ de două ori mai mic de minerale de carcasă (cuarț și feldspați) și, respectiv, mai mare de silicați stratificați, cum ar fi mica. Ele sunt caracterizate, de asemenea, prin conținutul mai ridicat al smectitului și illitului în cadrul mineralelor argiloase și prin raportul dintre aceste minerale deplasat în favoarea illitului. Cernoziomurile stagnice se deosebesc de cele zonale, de asemenea, și prin dinamica neregulată pe profil a mineralelor primare și argiloase. Aceasta indică prezența caracterului stratificat al rocilor de solificare, care fiind mai mult sau mai puțin atenuat, reflectă istoria complicată de formare a acestor soluri în repetate schimburi în Pliocenul Târziu ale condițiilor mediului de sedimentare mlaștină-lac-aluvionare. Caracterul neomogen al rocilor de solificare crează dificultăți în diagnosticul acestor soluri după alterarea pedogenă a mineralelor, deoarece aceasta se suprapune pe caracterul eterogen al rocilor de origine geologică. În cernoziomurile stagnice se observă manifestări ai procesului de argilizare. După unii indici, putem constata că procesul de distrugere a aluminosilicaților primari în aceste soluri a avansat mult mai mult decât în cernoziomurile zonale, iar procesul de descompunere a mineralelor argiloase este inhibat. Combinația lor, aparent, conduce la o argilizare suplimentară a cernoziomurilor stagnice, care se extinde și la orizonturile gleizate. Noi nu putem aduce probe neechivoce de argilizare în orizonturile gleice ale cernoziomurilor stagnice din cauza caracterului neomogen al rocilor, deși probabilitatea acestui proces este mare. Originea orizonturilor gleice în aceste soluri se explică prin compoziția specifică, bogată în smectit, a argilelor expandabile pe seama cărora aceste soluri sunt formate. Compoziția mineralogică a cernoziomurilor stagnice manifestă trăsături genetice comune cu soluri de alt habitus. Astfel, conținutul ridicat de smectit și, în special, de illit prezintă o afinitate a acestor soluri străvechi cu solurile aluviale compacte contemporane. Un alt indiciu - conținutul deosebit de ridicat de smectit, apropie cernoziomurile stagnice de cele compacte. Conținutul sporit de mica în componența mineralelor primare și a illitului în componența mineralelor argiloase ale cernoziomurilor stagnice, indică la îmbogățirea naturală a acestor soluri cu minerale purtătoare de potasiu și, prin urmare, la o rezervă mare de potasiu. Compoziția mineralogică, ca o sursă de elemente utile pentru plante, în cernoziomurile stagnice, comparativ cu cernoziomurile zonale, favorizează o fertilitate potențială mai mare. Grație unei istorii de lungă durată cu repetate schimbări ale condițiilor climatice și de pedogeneză pe întreaga perioadă a Cuaternarului, cernoziomurile stagnice poartă trăsături relict ale epocilor trecute care trebuie să fie cercetate aparte și, sunt tratate ca soluri de serie poligenetică. Trăsăturile genetice majore sunt: textura argiloasă fină, conținut ridicat de smectit și illit, expunerea în sezonul uscat la formarea de fisuri profunde și bulgărilor-bolovani cimentăți și gonflarea în perioadele umede grație compoziției mineralogice specifice - proprietăților solului direct legate de particularitățile compoziției și însușirilor rocilor de solificare. Cernoziomurile stagnice reprezintă un exemplu remarcabil al rolului esențial al factorilor geologici în formarea proprietăților solului.

1. Введение

В северной части Молдовы, в среднем течении р. Реут, на платообразных водоразделах ее левобережья обнаружены фрагменты своеобразных почв. Генетически они связаны с глинами плиоценового возраста, и получили название стагниковых черноземов [1,2]. Характерные особенности этих черноземов заключаются в том, что они плотны по сложению, в сухое летнее время приобретают глубокие трещины, а на поверхности образуются большого размера цементированные глыбы. Их отличает мощный гумусовый горизонт с языками затеков и наличие под ним обогащенного карбонатами глеевого горизонта, образованного без участия грунтовых вод. В нижней части профиля отмечается застойное увлажнение водами атмосферного происхождения. Стагниковые черноземы существенно отличаются от окружающих их зональных черноземов по физическим, химическим и физико-химическим свойствам. В этой связи существенный научный интерес представляет изучение их минералогического состава, позволяющее глубже понять природу этих специфических почв.

2. Объекты и методы

Минералогические исследования проведены в шести разрезах стагниковых черноземов: 1s, 4s, 5s, 6s, 9s и 11s. Заложены они на водоразделах Теленештского района между селами Тыршицей на севере и Киштельница на юге на абсолютных отметках в интервале высот 213-290 м.

Первичные минералы изучены во фракции >1мкм, глинистые - во фракции <1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено по методике [3]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удаляли. Состав первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав первичных и глинистых минералов установлен по известным рекомендациям [4,5]. Количественный анализ проведен по методикам [6,7]. Повторность определения 4-кратная (два образца по две съемки). Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризуется следующими параметрами (отн. %): кварц - 2,9-3,3; полевые шпаты -3,8-8,9; слюды - 5-20; хлорит -15-26; группа смектита -2,5-3,0; иллит -2,2-2,6; хлорит (ил) -12-25; каолинит (ил) -15-25. Все расчеты произведены на воздушно-сухую минеральную и бескарбонатную часть фракций и почвы.

Оценка минералогического состояния стагниковых черноземов, распределения минералов по профилю почв и влияния на них процессов педогенеза проведена с помощью 10 показателей (K1, K2, K3, K4, ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС, ПИКИ, ПНКИ). В их основе лежат соотношения содержания по профилю между устойчивыми к выветриванию кварцем и диоктаэдрическим иллитом, с одной стороны, и менее устойчивыми группами минералов, с другой. Помимо высокой устойчивости к выветриванию, кварц и диоктаэдрический иллит, образованный по мусковиту, характеризуются высоким содержанием в черноземах: кварц в крупном материале размера >1мкм, диоктаэдрический иллит в тонком размера <1мкм. Эти обстоятельства имеют существенное значение в повышении точности анализа, а также в “чувствительности” оценочных показателей к изменениям в минералогии почв.

Соотношения K1, K2, K3 характеризуют степень выветривания полевых шпатов (суммарно плагиоклазов и калиевых полевых шпатов, K1), слоистых силикатов (суммарно слюд, хлорита и каолинита, K2), тех и других вместе (K3). Рассчитываются как отношения содержания в процентах кварца к содержанию указанных групп минералов в каждом горизонте, деленные на такое же отношение в породе. При допущении однородности породы показатель более 1 свидетельствует о разрушении соответствующей группы минералов. Величина отношения пропорциональна размерам разрушения. Значения отношения ниже 1 или их колебания по профилю между значениями больше и меньше 1 указывают на разные виды проявления неоднородности породы. В основе такого заключения лежит неспособность, как известно, неустойчивых минералов вулканического происхождения при нормальных температурах и давлениях к воспроизводству. Их содержание в почвах по отношению к кварцу может только уменьшаться.

K4 представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию безгумусного бескарбонатного ила (фракции <1 мкм или фракции глинистых минералов) по профилю, деленное на такое же отношение в породе. Сочетание K4 менее 1 с K3 более 1 будет указывать на наличие процесса оглинивания, поскольку свидетельствует о новообразовании глинистых минералов за счет материала первичных минералов. Возможны другие комбинации значений K4 и K3 по профилю черноземов в зависимости от характера преобразования силикатной части почвы под влиянием процессов выветривания и почвообразования или проявлений неоднородности породы [8].

Показатель интенсивности выветривания, иллит-сметитовый (ПИИС) оценивает интенсивность преобразования фракции <1 мкм по горизонтам почвы в аспекте изменения соотношения иллит/сметит. Представляет собой отношение содержания в процентах устойчивого диоктаэдрического иллита к содержанию неустойчивого сметита во фракции, умноженное на 10 с целью получения целого числа. Среди иллитов вероятно примесь триоктаэдрического иллита, который не учитывался, поскольку в присутствии диоктаэдрического иллита его небольшая примесь диагностике не поддается.

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

Показатель интенсивности выветривания, кварц-сметитовый (ПИКС) представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию сметита в каждом горизонте.

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

Показатель интенсивности выветривания, кварц-иллитовый (ПИКИ) представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию иллита в каждом горизонте. Особенность этого показателя заключается в том, что его значения вверх по профилю уменьшаются. Объясняется это тем, что в результате процессов выветривания и почвообразования относительное накопление иллита в почве опережает относительное накопление в ней кварца. Причина явления получит объяснение в соответствующем месте статьи.

Показатель напряженности выветривания, кварц-иллитовый (ПНКИ) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований по всему профилю и представляет разницу в ПИКИ (см. выше) между верхним горизонтом и породой. Особенность данного показателя заключается в том, что он приобретает отрицательное значение в силу того, что его значение в почвенной части профиля ниже, чем в породе.

Разработка показателей напряженности выветривания (иллит-сметитового, кварц-сметитового и кварц-иллитового) оказалась возможной и эффективной в диагностике преобразований глинистой части зональных черноземов Молдовы благодаря особенности этого типа почв, формирующегося на достаточно однородных лессовидных породах, и характерного для него закономерного увеличения с глубиной содержания смектита и вверх по профилю содержания иллита [9,10]. Применение этих показателей к оценке минералогического состояния стагниковых черноземов также позволяет извлечь полезную информацию о генезисе этих почв.

3. Результаты и обсуждение

Анализ полученного материала по стагниковым черноземам для наглядности проведен в сопоставлении с аналогичными данными по окружающим их зональным черноземам. Результаты исследования рассмотрены в последовательности, начиная с гранулометрического состава сравниваемых почв, от которого во многом зависит их минералогия. Отдельно показаны особенности состава первичных и состава глинистых минералов. Анализ завершен характеристикой распределения указанных групп минералов по почвенному профилю с помощью упомянутых выше интегральных показателей, что в совокупности позволило предметно судить о специфике свойств и происхождении стагниковых черноземов в сравнении с классическими зональными черноземами и сделать соответствующие выводы. Результаты исследований по шести изученным разрезам стагниковых черноземов из-за их большого объема не могут быть здесь представлены полностью. Они будут приведены частично, в порядке иллюстрации основных выявленных наблюдений.

3.1. Гранулометрический состав

Стагниковые черноземы характеризуются тяжелым глинистым составом. Содержание фракции <1 мкм (безгумусной, бескарбонатной) в изученных разрезах составило от 43 до 74%. Для сравнения, в окружающих типичных и выщелоченных зональных черноземах этот показатель находится в пределах 30-40% (диаграмма). Следует отметить также, что в стагниковых черноземах распределение фракции <1 мкм по профилю испытывает более выраженные колебания по содержанию, чем в зональных черноземах, что может свидетельствовать о первых признаках проявления неоднородности почвообразующей породы. Статистический анализ показал, что среднее по профилю содержание в стагниковых черноземах микронной фракции находится в пределах 59-65%, в выщелоченных черноземах – в пределах 34-37%, коэффициент вариации значений в стагниковых – 8-16% и увеличивается вниз по профилю, в выщелоченных черноземах – 3-10% и также увеличивается вниз по профилю. Эти данные свидетельствуют о том, что стагниковые черноземы в сравнении с зональными почти вдвое больше содержат

микронной фракции и вариабельность ее содержания по генетическим горизонтам существенно выше, чем в зональных черноземах. Общим для сравниваемых почв является то, что вариабельность показателей признака увеличивается вниз по профилю, отражая возрастание влияния геологического фактора.

Диаграмма



3.2. Первичные минералы

Содержание первичных минералов в почве определяется содержанием фракции > 1 мкм (фракция включает глинистый минерал каолинит, поэтому он в таблице сохранен). Поскольку стагниковые черноземы являются высокоглинистыми почвами, содержание в них первичных минералов, при том же качественном составе, существенно ниже, чем в зональных черноземах. Представление о количественном соотношении первичных минералов в стагниковом и зональном черноземах можно получить по данным таблицы 1.

Таблица 1.

Первичные минералы в черноземах стагниковом и выщелоченном зональном (%)

Горизонт	Глубина, см	Фракция > 1мкм	Фракция >1мкм					Почва						
			Кварц	Плагиоклазы	Кали-шпаты	Слюды	Хлорит	Каолинит	Кварц	Плагиоклазы	Кали-шпаты	Слюды	Хлорит	Каолинит
Стагниковый чернозем, разрез 6s, Ордэшей, водораздел, абс. выс, 240 м														
Ap	0-35	38,3	47,0	7,1	9,8	22,1	6,6	7,5	18,0	2,7	3,7	8,5	2,5	2,9
Ah	35-47	33,7	45,0	8,5	9,6	22,9	6,2	7,8	15,2	2,9	3,2	7,7	2,1	2,6
ABh	47-65	35,9	43,9	9,2	10,4	23,1	5,8	7,5	15,8	3,3	3,7	8,3	2,1	2,7
BG	83-100	27,9	47,0	6,7	7,9	24,2	5,0	9,2	13,1	1,9	2,2	6,7	1,4	2,6
Cg	115-140	32,4	30,5	6,6	8,0	37,5	7,3	10,0	9,9	2,2	2,6	12,1	2,4	3,2
Выщелоченный чернозем, разрез 75, Фетешты, плато, абс, выс, 227 м														
Ap	0-37	66,4	65,8	12,2	11,3	8,1	1,0	1,6	43,7	8,1	7,5	5,4	0,6	1,1
A	37-53	65,0	65,2	13,2	11,1	7,5	1,3	1,6	42,4	8,6	7,2	4,9	0,9	1,0
B1	60-72	65,5	62,1	12,3	11,2	9,5	2,0	2,9	40,7	8,1	7,3	6,2	1,3	1,9
B2	80-92	67,6	60,8	13,7	10,9	9,5	2,0	3,0	41,1	9,3	7,4	6,4	1,4	2,0
Ck	170-180	68,7	52,0	12,3	9,5	16,3	3,8	6,1	35,7	8,5	6,5	11,2	2,6	4,2

Содержание первичных минералов в стагниковых черноземах составляет менее 50% веса почвы, но может снижаться до величины менее 30%. В зональном черноземе их содержание достигает 65-70%. Фракция > 1 мкм в стагниковых черноземах, как и в зональных, представлена кварцем (10-30% в пересчете на почву), плагиоклазами (1-7), калиевыми полевыми шпатами (2-7), слюдами (4-12), хлоритом (1-3) и глинистым минералом каолинитом -2-4%. Те же показатели в зональных (типичных и выщелоченных) черноземах выглядят по другому: кварц -32-44%, плагиоклазы -7-9, калиевые полевые шпаты -6-7, слюды -3-11, хлорит -0,5-3, каолинит -1-4%. Фракцию > 1 мкм стагниковых черноземов при ее низком содержании отличает также пониженное содержание кварца и полевых шпатов и высокое содержание слоистых силикатов. Поэтому в пересчете на почву стагниковые черноземы примерно вдвое меньше, чем зональные, содержат каркасных минералов (кварца и полевых шпатов) и больше слоистых силикатов.

По содержанию первичных минералов стагниковые черноземы существенно различаются между собой, что можно видеть на примере р. 6s и р. 5s. В первом намного ниже содержание кварца (10-18 % против 18-25 % в р. 5s), а во фракции >1 мкм гор. Сg аномально высокое содержание слюд достигает 37 % (в том же горизонте р. 5s слюд 24%). Эти данные свидетельствуют о высокой вариабельности стагниковых черноземов по составу первичных минералов, связанной с особенностями образования почвообразующих пород.

3.3. Глинистые минералы

Глинистые минералы стагниковых черноземов представлены той же ассоциацией, что и в зональных. Она включает смектит (27-52% в пересчете на почву), иллит (8-30), хлорит (2-6) и каолинит -2-6%. Для сравнения, зональные черноземы содержат смектита 15-25%, иллита – 6-14%, хлорита – 2-3%, каолинита – 3-5%, т.е. содержание первых трех минералов в них примерно вдвое ниже, чем в стагниковых черноземах. Представление о количественном соотношении глинистых минералов в стагниковых и зональных черноземах дает таблица 2.

Таблица 2.

Глинистые минералы в черноземах стагниковых и выщелоченных зональных, %

Горизонт	Глубина, см	Фракция <1 мкм	Фракция <1 мкм				Почва			
			Смектит	Иллит	Хлорит	Каолинит	Смектит	Иллит	Хлорит	Каолинит
Стагниковый чернозем, разрез 6s, Ордэшей, водораздел, абс, выс, 240 м										
Ap	0-35	61,5	44,5	38,1	8,3	9,1	27,4	23,4	5,1	5,6
Ah	35-47	66,4	50,4	35,2	8,4	5,9	33,5	23,4	5,6	3,9
ABh	47-65	64,0	48,2	34,1	9,2	8,6	30,8	21,8	5,9	5,5
BG	83-100	72,2	41,4	43,2	7,5	7,9	29,9	31,2	5,4	5,7
Cg	115-140	67,7	51,0	33,0	8,2	7,8	34,5	22,3	5,6	5,3
Выщелоченный чернозем, разрез 75, Фегешты, плато, абс, выс, 227 м										
Ap	0-37	33,6	48,0	33,7	6,5	11,8	16,2	11,3	2,2	4,0
A	37-53	34,9	48,4	33,1	6,4	12,1	16,9	11,6	2,2	4,2
B1	60-72	34,4	51,2	29,6	6,8	12,5	17,6	10,2	2,3	4,3
B2	80-92	32,3	54,6	25,6	6,8	13,0	17,6	8,3	2,2	4,2
Ck	170-180	31,4	58,2	21,7	6,8	13,3	18,3	6,8	2,1	4,2

Содержание глинистых минералов в стагниковых черноземах подвержено значительным колебаниям. Так почва р. 6s отличается от почвы р. 4s резко повышенным содержанием иллита (22-31% против 8-15%). Для зональных черноземов характерно закономерное увеличение с глубиной содержания смектита и снижение содержания иллита. Причина в разрушении смектита и относительном накоплении в иле иллита под влиянием процессов выветривания и почвообразования. В стагниковых черноземах такая закономерность выражена слабо, что можно объяснить консерватизмом их свойств в связи тяжелым глинистым составом, а также проявлениями педотурбации и неоднородности породы.

Заметим, что исследованиями 70-х годов прошлого века состав глинистых отложений, послуживших почвообразующими породами для стагниковых черноземов, определен геологами как хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистый [11]. В современных терминах он должен быть обозначен как хлорит-смектит-иллитовый, что подтверждается нашими анализами. Однако уровень исследований того времени не позволял выявить присутствие в этих породах также небольшого количества каолинита.

Таким образом, из характерных особенностей состава глинистых минералов стагниковых черноземов в сравнении с зональными следует отметить две главные: первая, что содержание в них прежде всего смектита и иллита, основных компонентов ила, выше примерно в 2 раза; вторая – распределение этих двух основных глинистых минералов по профилю не подчиняется той обычной закономерности, которая постоянно присутствует в зональных черноземах и заключается в однонаправленном с глубиной увеличении содержания смектита и уменьшении содержания иллита. Причины отклонения от этой закономерности в стагниковых черноземах отмечены выше.

3.4. Профильная дифференциация минералов и процессы выветривания

Представление о минералогическом состоянии стагниковых черноземов в сравнении с зональными, в частности, с выщелоченными черноземами, можно получить на основании анализа интегральных оценочных показателей (табл. 3). Так в стагниковых черноземах показатели К1-К3, характеризующие соотношение между кварцем и другими тектосиликатами по профилю почв, как правило, изменяются хаотично (р-зы 1s и 4s). Во-первых, величина отношения по разрезам сильно колеблется, что указывает на высокую изменчивость состава первичных минералов почвообразующих пород, связанную с их геологической разнородностью. Во-вторых, нередки случаи, когда показатели К1-К3 приобретает значение меньше 1, что свидетельствует о неоднородности породы также и по профилю почв, а, точнее, о ее слоистости. Она носит явный или скрытый характер. В зональных черноземах поведение этих показателей иное. Они закономерно уменьшаются по профилю с глубиной и не приобретают значений ниже 1 (табл. 3). Такие данные указывают, что зональные черноземы формируются на сравнительно однородных породах, что позволяет оценить размеры влияния на состав первичных минералов процессов выветривания и почвообразования, которые (размеры влияния) выражаются величиной самих отношений.

Таблица 3.

Сравнительная характеристика минералогического состояния черноземов стагниковых и выщелоченных зональных

Горизонт	Глубина, см	K1	K2	K3	K4	ПИИС	ПНИС	ПИКС	ПНКС	ПИКИ	ПНКИ
Черноземы стагниковые											
Разрез 1s, Тыршицей, платообразный водораздел, абс. выс. 260 м											
Ap	0-32	0,76	1,08	0,98	1,54	7,1	-0,2	0,53	0,20	0,75	0,30
A	32-45	0,67	0,81	0,77	1,30	6,5	-0,8	0,44	0,11	0,67	0,22
B	55-70	0,56	0,71	0,67	1,23	6,2	-1,1	0,42	0,09	0,70	0,25
Gk	105-130	0,96	1,13	1,08	1,19	8,3	1,0	0,42	0,09	0,51	0,06
Cgk	130-150	1,00	1,00	1,00	1,00	7,3	0,0	0,33	0,00	0,45	0,00
Разрез 4s, Киштельница, платообразный водораздел, абс. выс. 265 м											
Ap	0-35	0,99	1,42	1,23	1,48	5,1	2,8	0,91	0,44	1,79	-0,24
A	35-65	1,05	1,50	1,30	1,40	4,5	2,2	0,82	0,35	1,84	-0,19
AB	100-125	1,00	2,15	1,52	1,45	3,7	1,4	0,69	0,22	1,72	-0,31
Gk	150-170	1,12	1,19	1,16	0,74	2,2	-0,1	0,35	-0,12	1,55	-0,48
Cgk	170-200	1,00	1,00	1,00	1,00	2,3	0,0	0,47	0,00	2,03	0,00
Разрез 5s, Киштельница, увалообразный водораздел, абс. выс. 213 м											
Ap	0-21	1,41	2,26	1,90	0,89	5,6	3,4	0,76	0,13	1,37	-1,51
A	34-42	1,30	1,76	1,58	0,86	4,5		0,68	0,05	1,50	-1,38
AB	42-60	1,21	1,78	1,54	0,93	3,7		0,68	0,05	1,87	-1,01
BG	75-100	1,02	0,95	0,97	0,64	2,9		0,44	-0,21	1,50	-1,38
Cg	125-150	1,00	1,00	1,00	1,00	2,2		0,63	0,00	2,88	0,00
Черноземы выщелоченные зональные											
Разрез 77, Тырнова, увалообразный водораздел, абс. выс. 250 м											
Ap	0-25	1,19	1,56	1,36	1,45	8,7	5,7	2,57	1,39	2,96	-0,92
A	40-50	1,16	1,50	1,31	1,27	7,4		2,09		2,82	-1,06
B1	60-67	1,15	1,37	1,25	1,33	6,3		2,03		3,23	-0,65
B2	80-88	1,07	1,32	1,19	1,29	4,5		1,72		3,85	0,03
Ck	170-180	1,00	1,00	1,00	1,00	3,0		1,18		3,88	0,00
Разрез 85, Хлыная, плато, абс. выс. 236 м											
Ap	0-22	1,13	1,71	1,41	1,49	9,2	5,1	2,65	1,30	2,89	-0,38
A	32-40	1,05	1,72	1,35	1,20	8,8		2,16		2,45	-0,82
B1	50-60	1,04	1,46	1,25	1,26	8,1		1,91		2,38	-0,89
B2	80-88	1,02	1,29	1,16	1,12	6,7		1,66		2,46	-0,81
Ck	170-180	1,00	1,00	1,00	1,00	4,1		1,35		3,27	0,00

Таким образом, по составу первичных минералов в стагниковых черноземах проявляются очевидные признаки неоднородности почвообразующей породы. К этому следует добавить, что данное обстоятельство затрудняет характеристику этих почв по педогенному выветриванию минералов, т.к. оно накладывается на геологическую неоднородность пород.

Вместе с тем встречаются разрезы стагниковых черноземов с более однородной породой, хотя бы части профиля, например р. 5s. В таких случаях можно сделать определенные заключения о размере воздействия почвообразования на минералогию этих почв. Так, в гор. Ap этой почвы K3 достигает величины 1,90, а в гор. A и AB – 1,58 и 1,54 соответственно (табл. 3). В выщелоченных зональных черноземах аналогичные показатели существенно ниже и находятся соответственно в пределах 1,41-1,16. На этом единичном примере с определенной осторожностью, учитывая сложность генезиса пород стагниковых черноземов, можно констатировать, что процесс разрушения первичных алюмосиликатов в этих

почвах продвинуто значительно дальше, чем в зональных черноземах. Такие же выводы получаем на основании анализа отношений K_1 и K_2 , отдельно характеризующих поведение полевых шпатов и слоистых силикатов.

Профильную динамику глинистых минералов в стагниковых черноземах отражают 7 показателей – K_4 , ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС, ПИКИ и ПНКИ, содержание которых приведено в методической части сообщения. Их анализ в сопоставлении с такими же показателями зональных черноземов можно провести также по данным таблицы 3. В разрезах 1s и 4s стагниковых черноземов показатель K_4 указывает на потерю глинистых минералов по отношению к кварцу, которая увеличивается вверх по профилю. Но на фоне установленной выше неоднородности почвообразующей породы в этих разрезах такие данные нельзя однозначно связывать с процессом почвообразования. Показатели ПИИС и ПНИС, характеризующие соотношение по профилю между иллитом и смектитом, ведут себя в тех же разрезах по-разному. В р.1s их значения изменяются хаотично, а ПНИС приобретают даже отрицательные величины, что указывает на отсутствие какой-либо закономерности в распределении этих двух минералов по профилю. Те же показатели в р. 4s обнаруживают накопление вверх по профилю иллита. Значения ПИКС и ПНКС в обоих разрезах указывают на увеличение с глубиной по отношению к кварцу содержания смектита. В р. 1s то же самое происходит с иллитом. Но в р. 4s наблюдается обратная картина: иллит аккумулируется в верхней части профиля, на что указывают отрицательные значения ПНКИ. Все эти противоречивые данные принципиально отличают стагниковые черноземы от зональных, где все анализируемые показатели изменяются по профилю однонаправлено и закономерно. Приведенные примеры показывают разнообразие минералогических ситуаций в стагниковых черноземах, главной причиной которых является геологический фактор, в данном случае разнородность пород, на которых они образуются, как по профилю, так и по разрезам.

Возвращаясь к р.5s стагникового чернозема, обратим внимание на то, что на фоне разрушения первичных минералов в гор. Ар, А и АВ значения K_4 (соотношение кварц/минеральный ил) меньше 1 в тех же горизонтах указывают на наличии в них процесса оглинивания (табл. 3). В выщелоченных зональных черноземах, в отличие от стагниковых, отношение K_4 выше 1, что, напротив, свидетельствует о разрушении глинистых минералов (табл. 3). Показатели ПИИС и ПИКС (соотношения иллит/смектит и кварц/смектит) в р.5s с глубиной закономерно уменьшаются, что еще раз подтверждает относительную однородность почвообразующей породы и нормальность профиля выветривания. Это обстоятельство позволило показатель ПНИС (напряженность выветривания по иллиту) выразить одной максимальной цифрой (разницей между ПИИС верхнего горизонта и породы), как и в зональных черноземах. Данный показатель в р.5s равен 3,4, что ниже, чем в выщелоченных зональных черноземах (5,7 и 5,1) и указывает на то, что выветривание в стагниковых черноземах в сравнении с окружающими зональными черноземами затронуло глинистые минералы в меньшей степени. Причиной может быть высокая степень глинистости стагниковых черноземов, тормозящая процессы выветривания и перераспределения минерального вещества по профилю. Сочетание более глубокого выветривания первичных минералов с менее интенсивным разрушением глинистых минералов, чем в зональных черноземах, возможно, и приводит к оглиниванию стагниковых черноземов в их верхних горизонтах. Абсолютные значения ПИКС, ПНКС, ПИКИ,

ПНКИ в стагниковых черноземах в сравнении с теми же показателями в зональных черноземах ниже по величине в связи с более низким содержанием кварца и более высоким содержанием смектита и иллита в первых в сравнении со вторыми. Продолжая анализ данных р. 5s, следует отметить, что распределение в нем по профилю иллита также близко к такому в зональных черноземах: по отношению к кварцу с глубиной его содержание уменьшается. Отрицательные значения ПНКИ показывают, что содержание иллита вниз по профилю уменьшается быстрее, чем содержание кварца. Это явление имеет место в некоторых стагниковых и всегда в зональных черноземах (табл. 3).

Уменьшение с глубиной содержания иллита, а, правильнее, накопление его вверх по профилю является известным процессом иллитизации. Он полностью не изучен, но вероятные причины обозначены [9]. Их несколько: 1) относительное накопление иллита в связи с выносом смектита; 2) новообразование иллитоподобных структур в результате необменной фиксации биоциклического калия высокозарядными смектитами; 3) "рекристаллизация", когда новообразование иллита рассматривается как процесс воссоздания педогенной слюды; 4) "гидро-ксерогенный" эффект, вызванный новообразованием иллитоподобных структур при переменном увлажнении и высушивании почвы. Наиболее вероятны первые две причины и в некоторой степени последняя. Здесь мы отметим только два обстоятельства: первое, что стагниковым черноземам не чужд процесс иллитизации и, второе, что его конечному проявлению должно препятствовать свойственное подобным почвам явление педотурбации или засыпание почвенной массы в глубокие трещины, что ведет к гомогенизации почвенного профиля. Однако эти два обстоятельства требуют отдельного специального изучения.

Как уже отмечалось, характерным признаком стагниковых черноземов является наличие под гумусовым горизонтом обогащенного карбонатами глеевого слоя, образованного без участия грунтовых вод. Некоторые исследователи связывают прошлый гидроморфизм почв, например, слитых черноземов, с прошлым интенсивным их оглиниванием [12 и др.]. В этом отношении представляло интерес проверить, есть ли признаки оглинивания в глеевом горизонте стагниковых черноземов, тем более, что древность этого горизонта не вызывает сомнения. Данные показывают, что в 5-ти из 6-ти разрезов этих почв в глеевом горизонте действительно наблюдается повышенное содержание глинистых минералов (микронной фракции). Причем опять же в 5 случаях из 6 это связано с повышенным содержанием смектита. Смектит является тем глинистым минералом, с которым в условиях глеевого горизонта (восстановительная среда, слабощелочная реакция) наиболее вероятно может быть связано оглинивание. К сожалению, из-за неоднородности породы стагниковых черноземов нельзя для однозначного решения данного вопроса применить метод расчета баланса минералов. Но такой расчет для р. 1s все-таки был проведен, и он показал, что в гор. G этой почвы оглинивание отсутствует. Напротив, по отношению к гор. Cgk в нем фиксируется потеря глинистых минералов в размере 13 кг/100 кг породы. При этом потеря первичных минералов, которые являются источником образования глинистых минералов, в этом горизонте составила всего 1,4 кг/100 кг исходной породы. Дело в том, что гор. Cgk скорее всего не является материнской породой для гор. G. Таким образом, из-за неоднородности пород однозначно доказать наличие оглинивания в глеевых горизонтах стагниковых черноземов оказалось невозможно.

В то же время вероятность этого процесса в связи с повышенным содержанием в этих горизонтах глинистой фракции и смектита остается высокой.

Приведенные выше сведения об особенностях минералогического состава стагниковых черноземов позволяют объяснить происхождение в их нижней части профиля глеевых горизонтов. По причине высокой глинистости и, особенно, высокого содержания набухающего минерала смектита эти почвы в сухой летний период обладают свойством сильного сокращения объема с образованием глубоких трещин. Во время выпадения осадков ливневого характера происходит провальное проникновение вод в глубокие горизонты, где, после набухания почвы и закрытия трещин, создается восстановительная среда. Сохранение вод в этих горизонтах обусловлено их водоупорными свойствами, связанными с высокой глинистостью и высоким содержанием набухающего глинистого минерала смектита. Законсервированная восстановительная среда, вполне вероятно, способствует дополнительному новообразованию смектита и оглиниванию глеевых горизонтов. Следует заметить, что до сих пор в литературе не получили освещения доказательства новообразования глинистых минералов и глинообразования в подобных условиях, хотя теоретические предпосылки к этому имеются.

В отношении разреза 4s было высказано предположение о наличии в его профиле как бы двух почв - современной (до глубины 65см) и погребенной (на глубине от 65см до 125см), что подтверждается некоторыми различиями в аналитических данных (Чербарь, 2007). Со стороны минералогии различия между этими двумя частями профиля почвы имеются, но они обусловлены постепенными изменениями с глубиной. В минералогическом отношении верхние 65-см профиля разреза 4s не могут принадлежать современной почве, подобной окружающим зональным черноземам, поскольку они примерно в 1,5 раза меньше содержат кварца и полевых шпатов, во столько же раз больше слюд, других слоистых тектосиликатов и глинистых минералов. В этой части профиля вдвое больше смектита и в полтора раза больше иллита. Минералогические различия настолько велики, что следует говорить о принципиально ином генезисе этого слоя породы по отношению к лессовидным породам зональных черноземов. Другое дело, что гумус в этой части профиля, в силу высокой изменчивости в сравнении с минералогией, мог приобрести свойства, аналогичные гумусу окружающих современных черноземов.

3.5. Общее и специфическое в минералогическом составе и генезисе стагниковых черноземов в сравнении с другими почвами

По ряду признаков и прежде всего высокому содержанию смектита и, особенно, иллита почвообразующие породы стагниковых черноземов очень схожи с породами современных аллювиальных слитых почв [13]. В отличие от этих почв современной поймы больших рек (Днестр, Прут) стагниковые черноземы фрагментарно размещаются на самых высоких отметках платообразных водоразделов, представляющих собой остатки позднеплиоценовой поверхности выравнивания [11, 14 -16]. Общим для современных аллювиальных слитых почв и стагниковых черноземов является то, что последние также сформировались на породах слоистой природы, озерно-аллювиальных отложениях, но отложениях древнего происхождения. Возраст этих пород, а, соответственно, и почв измеряется временем более одного миллиона лет. В связи с тектоническим поднятием

территории в плейстоцене они заняли свойственные им сегодня абсолютные отметки, превышающие 200 м.

Следует отметить, что по морфологии, физическим свойствам и минералогическому составу к стагниковым черноземам близки также черноземы слитые, тоже нередко приуроченные к древним поверхностям водоразделов преимущественно южной половины Молдовы. Особенность этих слитых черноземов в том, что они привязаны к выходам бентонитоподобных пород, характеризуются исключительно высоким содержанием смектита, но от стагниковых черноземов отличаются пониженным содержанием иллита. Им также свойственно в сухое летнее время приобретать поверхность, нарушенную глубокими трещинами и глыбистое строение. Причина такого явления заключена в особом составе породообразующих минералов, среди которых доминирующую роль играет смектит. Он относится к категории набухающих глинистых минералов, в результате чего изменение влажности почвы сопровождается значительным изменением ее объема. Во влажный период почва сильно набухает, становится вязкой и практически водонепроницаемой, в сухое время ее объем сокращается с образованием глубоких трещин. Это обстоятельство свидетельствует о важной роли минералогии, а, иначе говоря, геологического фактора в формировании свойств стагниковых черноземов.

За прошедшее время более миллиона лет территория, на которой размещены стагниковые черноземы, находилась за пределами непосредственного воздействия оледенений четвертичного периода. Благодаря чему данная группа почв смогла сохраниться. Но за огромное время их существования не раз менялись климат и условия почвообразования. Поэтому следует иметь в виду, что почвы, получившие название стагниковых черноземов, не всегда были черноземами. На этом основании их следует рассматривать как почвы полигенетичные.

С учетом полигенетичности стагниковых черноземов и исключительно большого возраста если не самих почв как черноземов, то их минералогических профилей, унаследованных от более древних этапов почвообразования, большой интерес представляют те изменения в минералогии этих специфических почвенных образований, которые должны были произойти за время, измеряемое не менее, чем в миллион лет. На земной поверхности такого рода почв найдется немного. Этот интерес связан с тем, что стагниковые черноземы являются уникальным объектом для изучения изменчивости почвенных минералов во времени и в определенных условиях среды, масштаба изменений, сохранности реликтовых признаков. Сложности подобного рода исследований обусловлены неоднородностью почвообразующих пород этих почв, затрудняющих, а, возможно, исключающих использование метода баланса масс, кроме тех случаев, когда этот метод можно применить именно для доказательства неоднородности породы. В сообщении данный вопрос не рассматривается, но отметить его важность считаем необходимым.

Выводы

Минералогические исследования стагниковых черноземов выявили ряд их особенностей в сравнении с современными зональными черноземами и общие черты с некоторыми другими почвами. Эти особенности распространяются на состав первичных и глинистых минералов, а также характер распределения их по почвенному профилю.

Характерной особенностью минералогического состава стагниковых черноземов, обусловившей многие их специфические свойства, является высокое содержание (40-70%) глинистых минералов и, в связи с этим, низкое содержание первичных минералов. Номенклатурный состав минералов такой же, как и в зональных черноземах.

Другая отличительная особенность стагниковых черноземов в сравнении с зональными заключается в том, что они в составе первичных минералов примерно вдвое меньше содержат каркасных минералов (кварца и полевых шпатов) и больше – слоистых силикатов, в частности, слюд. Для них характерно также более высокое содержание среди глинистых минералов смектита и иллита и смещение соотношения между этими минералами в пользу иллита.

Стагниковые черноземы от зональных, кроме того, отличает нерегулярность профильной динамики первичных и глинистых минералов. Она указывает на наличие более или менее явной или скрытой слоистости почвообразующей породы, что отражает непростую историю образования этих почв в условиях неоднократной смены обстановок болотно-озерно-аллювиального осадкообразования в позднем плиocene. Неоднородность почвообразующей породы затрудняет диагностику этих почв по педогенному выветриванию минералов, т.к. оно накладывается на геологическую неоднородность пород.

В стагниковых черноземах наблюдаются проявления оглинивания. По некоторым признакам можно констатировать, что процесс разрушения первичных алюмосиликатов в них продвинул значительно дальше, чем в зональных черноземах, а процесс разложения глинистых минералов заторможен. Их сочетание, по-видимому, ведет к дополнительному оглиниванию стагниковых черноземов, что распространяется и на глеевые горизонты. Однозначного доказательства наличия оглинивания в глеевых горизонтах стагниковых черноземов из-за неоднородности пород привести невозможно, хотя вероятность этого процесса высока. Происхождение глеевых горизонтов в этих почвах находит свое объяснение в специфическом смектитовом составе набухающих глин, на которых они образуются.

Минералогический состав стагниковых черноземов обнаруживает генетические признаки, общие с другими по габитусу почвами. Так, высокое содержание смектита и, особенно, иллита обнаруживает сродство этих древних почв с современными аллювиальными слитыми почвами. Другой признак, исключительно высокое содержание набухающего смектита, роднит стагниковые черноземы со слитыми черноземами, в силу чего те и другие подвержены в сухое время образованию глубоких трещин и глыб.

Повышенное содержание в составе первичных минералов стагниковых черноземов слюд, а среди глинистых минералов – иллита, свидетельствует о природной обогащенности этих почв калийсодержащими минералами и в связи с этим высоким резервом калия. По минералогическому составу как источнику полезных для растений элементов стагниковые черноземы обладают более высоким потенциальным плодородием в сравнении с зональными черноземами.

В силу пережитой длительной истории, многократных изменений климатических условий и условий почвообразования на протяжении всего четвертичного периода стагниковые черноземы содержат реликты прошлых эпох, требующие изучения, и рассматриваются как почвы полигенетического ряда.

Основные генетические признаки: тяжелоглинистый состав, высокое содержание смектита и иллита, подверженность в сухое время к образованию глубоких трещин и цементированных глыб и набуханию во влажные периоды по причине своеобразной минералогии – свойства почвы, непосредственно связанные с особенностями состава и свойств почвообразующих пород. Стагниковые черноземы являются ярким примером той важной роли в формировании свойств почвы, какую играет геологический фактор.

Литература

1. Чербарь В.В. Черноземы стагниковые – результат сочетания современного и реликтового процессов почвообразования. Почвоведение и Агрохимия, Минск, 2007, с. 37-46.
2. Cerbari V. Sistemul de clasificare și bonitare a solurilor Republicii Moldova pentru elaborarea studiilor pedologice. Chișinău: Pontos, 2001. 103 p.
3. Алексеев В.Е., Арапу К.Г., Бургеля А.Н. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе. Почвоведение, N7, 1996, с. 873-878.
4. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Под ред. Брауна Г., М.: Мир, 1965, 599 с.
5. Рентгенография основных типов породообразующих минералов. Под ред. Власова В.С., Волкова С.А. и др., Л.: Недра, 1983, 359 с.
6. Алексеев В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии. Почвоведение, N1, 1994, с. 104-109.
7. Алексеев В.Е., Грати В.П., Моток В.Е. и др. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии. Генезис и рациональное использование почв Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1977, с. 23-41.
8. Алексеев В.Е. Минералогический анализ в диагностике оподзоливания, лессиважа и оглинивания. Почвоведение, N10, 1983, с. 12-18.
9. Алексеев В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы. Кишинев, 1999, 241с.
10. Алексеев В.Е., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Происхождение и возраст минералогических профилей черноземов Молдавии. Почвоведение, N4, 2008, с. 454-466.
11. Геоморфология Молдавии. Кишинев, Штиинца, 1978, 188 с.
12. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. М.: Прогресс, 1970, 590 с.
13. Слитые почвы Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1990, 168 с.
14. Атлас Молдавской ССР. М., 1978, 131 с.
15. Билинкис Г.М. Геодинамика крайнего юго-запада Восточно-Европейской платформы в эпоху морфогенеза. Кишинев, «Бизнес-элита», «Lextoria», 2004, 184 с.
16. Покатилов В.П. Геолого-литологические структурно-геологические факторы, определяющие инженерно-геологические условия Северной Молдавии. Геология четвертичных отложений Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1983, с. 89-100.

Дата поступления в редакцию – 2 июня 2011

CZU 544.72 : 661.184.23 + 661.183.444

Bolotin O., Romanov L., Neaga V., Samohvalov N.

Particularitățile bentonitelor modificate din nordul Republicii Moldova și posibilitățile lor de utilizare în economia națională

Rezumat

În lucrare se reflectă structura geologică a zăcămintului de argile bentonitice „Prodănești” rezervele, proprietățile fizico-chimice după modificarea lor și domeniile de utilizare în economie.

Резюме

В Молдове минерально – сырьевая база бентонитов представлена в основном щелочно-земельными бентонитами и бентонитоподобными глинами. Балансовые запасы бентонитов в Молдове на 2008 год составляют 5936,5 тыс.т. Собственное производство бентонитов в Республике на сегодняшний день не налажено и примерно 600 – 700 тонн ежегодно импортируется из стран СНГ, Франции, Германии, Италии, Румынии, Китая и др. Наиболее качественным сырьем являются щелочные (натриевые) бентониты, которых в нашей Республике нет. Создавшаяся ситуация вынуждает не только увеличивать объем поисковых работ, но и разрабатывать новые эффективные технологии модифицирования щелочноземельных бентонитовых глин с целью повышения качества бентонитовой продукции. В нашей работе рассматриваются изменения физико – химических и реологических свойств мономинеральных монтмориллонитовых глин уникального для Молдовы месторождения Проданештских бентонитов в результате механохимической активации. Инструментальными методами было убедительно показано, что в результате активации происходит процесс перевода щелочно-земельного проданештского бентонита в щелочной.

Abstrat

For Moldova the mineral and stock basis of bentonite is mainly presented by alkaline earth alkaline and like clay bentonites. The balance resources of bentonite are 5936.5 thousands tons for 2008 year. Powder bentonite industry is still not supported in our country and that is why about 600 – 700 tons are imported from Newly Independent Countries, France, Germany, Italy, Romania, China and other countries. Alkaline (with sodium) bentonite are most qualitative and such type is absent in Moldova. In similar situation in order to modify the quality of alkaline – earth bentonite clay the volume of exploration geology need to be increased and new effective technologies should be developed. In this publication as the results of mechanical activation the changes of physical – chemical and rheology properties of monomineral clay from Prodanesti deposit are studied. Using instrumental methods conversion of alkaline – earth bentonite to alkaline is shown.

Introducere

Argilele bentonitice prezintă o rocă fin dispersată și constituită din minerale din grupul montmorilonitei în volum de 60-70%, cu capacități liante ridicate, schimburi de ioni și proprietăți de albire. Aceste proprietăți valoroase asigură spectrul larg de folosire a lor în multiple ramuri economice. Din această cauză cerințele privind calitatea lor sunt

foarte stricte. În prezent sunt cunoscute peste 200 de ramuri industriale care folosesc argilele bentonitice.

Categoria calitativă de materie primă cu capacități ridicate formează bentonitele potasice (sodice), care dispun de anumiți, parametri necesari cum ar fi plasticitatea și capacitatea de absorbție. Bentonitele din categoria pământuri alcaline (calciu-magniu), în care se încadrează și bentonitele zăcămintului Prodănești, cedează celor potasice și din aceste considerente ele trebuie supuse unor procese de prelucrare suplimentare prin activare și modificare chimică.

În R. Moldova baza materiei prime o constituie bentonitele din categoria pământuri alcaline și argile subbentonitice [1,2,3,4,12,13]. Rezervele de argile bentonitice autohtone, evaluate în a. 2010 constituiau 5936,5 mii t, însă din cauza lipsei întreprinderilor industriale de prelucrare a lor anual în R. Moldova se importă circa 600 – 700 tone de argile bentonitice din țările CSI, Franța, Germania, Italia, România, China.

Materialul și metoda de cercetare

Pentru efectuarea cercetărilor au fost folosite probele de argile bentonitice colectate din zăcămintul Prodănești, r-nul Florești, preponderen de culoare brun deschisă (fig.1).

Compoziția chimică a bentonitelor a fost determinată folosind metodele clasice [6,11]. Rezultatele analizelor chimice au demonstrat că în structura lor predomină siliciu și aluminiu cu amestecuri neînsemnate de oxizi de fier, magneziu și calcar. Pentru analiza cantitativă a extrasului de acid acetic a fost folosită metoda fotocalorimetrică, iar pentru determinarea gradului de concentrație al lor s-a utilizat metoda cristalizării grafice. Ea presupune prepararea scării comparative (corelații) de soluții care se compară cu scări de concentrații deja cunoscute ale acestor elemente, determinarea densității optice și mai departe întocmirea curbelor calibrate. Măsurările volumului PH ale extractelor apoase cercetate au fost efectuate prin metoda potențiometrică. În acest scop a fost folosit PH-metru de laborator MANNA AD8000R3 (Ungaria).

Spectrele Roentgendifracționale de analiză de fază ale argilelor bentonitice au fost realizate la instalația difractometrică DPOH-2 (Fe_2K_2 – iradiere). Proba (a fost) instalată într-o rigolă-plan cu rotație permanentă și poziție verticală.

Rezultatele cercetărilor, discuții

Scopul principal al acestei lucrări constă în simplificarea, procedurii de obținere a bentonitei îmbogățită cu *Na* și elaborarea tehnologiei avansate de activare chimică. Acest scop poate fi atins prin amestecul direct al reactivului primar cu praful bentonitic la temperaturi normale. În așa mod se exclud stadiile de înmuiere preventivă a argilelor bentonitice, decontarea și filtrarea lor, lucrări dificile, deasemenea reducerea de pierderilor energetice în procesul de uscare a suspensiei bentonitice, concomitent oprește productivitatea și scade sinecostul produsului final.

Este cunoscut că activarea bentonitelor poate fi efectuată prin diferite metode [7,9], însă cele mai răspândite sunt 3 – umed, uscat și activarea în suspensie.

Activarea umedă consta în pregătirea amestecului compus din anumite proporții de bentonită, apă și sodiu. Amestecul se usucă apoi se macină. În așa mod se obține bentonită activată și precipitat format săruri insolubile ori slab insolubile de tipul $CaCO_3$. În așa mod se obține bentonita și se formează sărurile insolubile ori slab insolubile de tipul $CaCO_3$ sub formă de precipitat.



Fig. 1. Zăcămîntul de argile bentonitice Prodănești.

Activarea „uscată” se efectuează prin amestecul mecanic al sodiului și bentonitei în anumite proporții [7,9]. Metoda de activare în suspensie constă în dezvoltarea (dizolvarea) argilei bentonitice în apă cu sodiu, apoi măcinată în moara cu bile [5]. Această metodă necesită cantități mari de apă și energiei electrice pentru uscarea produsului final.

În procesul de cercetare al argilelor bentonitice din zăcămîntul Prodănești a fost folosită metoda clasică mecanică modificînd unii parametri calitativi pînă la obținerea bentonitelor din grupa „pămînturi alcaline”. Transferarea bentonitelor obișnuite în categoria „pămînturi alcaline” a fost efectuată prin adăugarea în proba inițială o cantitate anumită de carbonat de natriu. În experimentele realizate în perioadele anterioare, la procedura de modificare a bentonitelor naturale în pămînturi alcaline a fost folosit numai carbonatul de natriu (1 – 3%) în diferite concentrații.

Componența cationilor de schimb al bentonitelor activate din Prodănești se deosebește prin conținutul natriului (mg-ekv)/100g. de rocă: 0,17 – pentru proba inițială (naturală) și 21,07 pentru aceeași probă după activare.

Aceste experimente au demonstrat o legitate clară de trecere a argilelor din forma pământuri alcaline în forma alcalină. Trecerea bentonitelor din forma pământuri alcaline în forma alcalină se confirmă prima refracția bazală a difractogramei activate mecanochemic de la 1,56 nm (Fig. 2) și până la 1,459 nm (1% Na_2CO_3), 1,199 nm (2% Na_2CO_3) și 1,171 nm (3% Na_2CO_3) pentru eșantionul natural (Fig. 3 a, b, c).

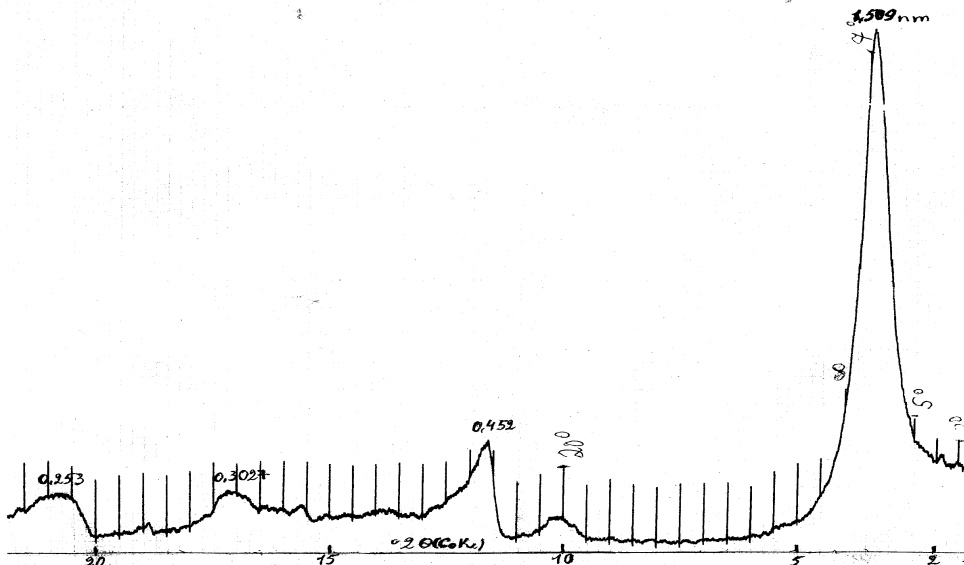


Fig.2. Difractograma mostrei de bentonit natural din zăcământul Prodănești.

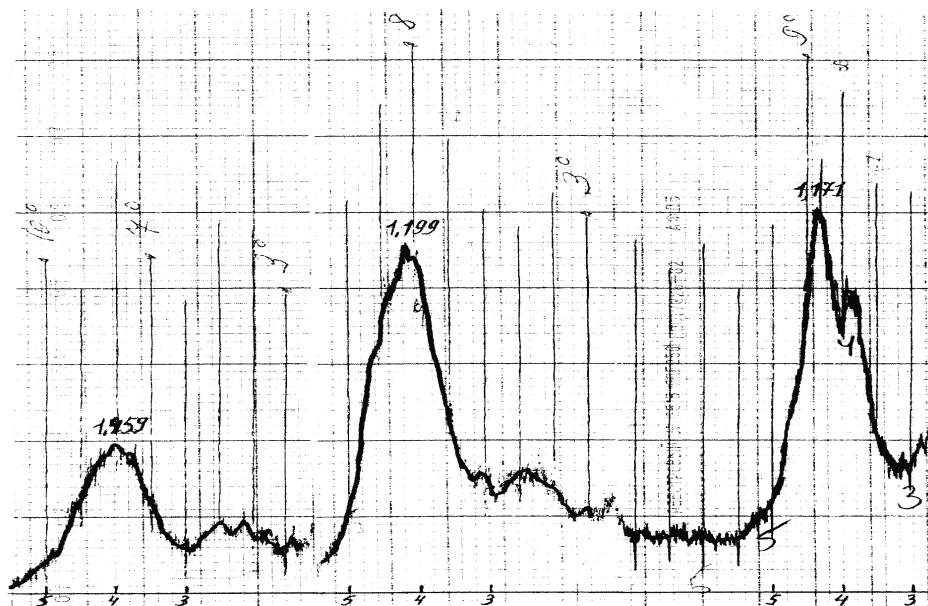


Fig.3. Difractograme argilelor bentonitice activate mecanochemic

Pentru stabilirea condițiilor de prelucrare a bentonitelor și modificările structurale în procesul de activare au fost efectuate un șir de cercetări termoanalitice. Analiza rezultatelor obținute din descifrarea curbelor termometrice au condus la soluționarea următoarelor probleme:

1. Precizarea conținutul de fază a eșantioanelor (probelor) și componența masei argiloase în particular, a montmorilonitei;
2. Aprecierea stabilității termice a bentonitei;
3. Determinarea intervalelor de degajare ale unui sau altui tip de apă influența tipului de cationi de schimb asupra formei curbei analitice în aria temperaturilor scăzute (100-250°C) etc.

a) 1% $NaCO$; b) 2% $NaCO$; c) 3% $NaCO$.

Derivatograma bentonitei naturale (fig. 4) tipică pentru montmorilonită monominerală. Primul efect endotermic dublu apare în intervalul 100-250°C, urmată de o pierdere esențială a masei (~16%) din cauza eliminării apei de adsorbire. Treapta apărută pe termogramă în regiunea 220°C confirmă predominarea în complexul de schimb în bentonite a cationilor Ca^{2+} .

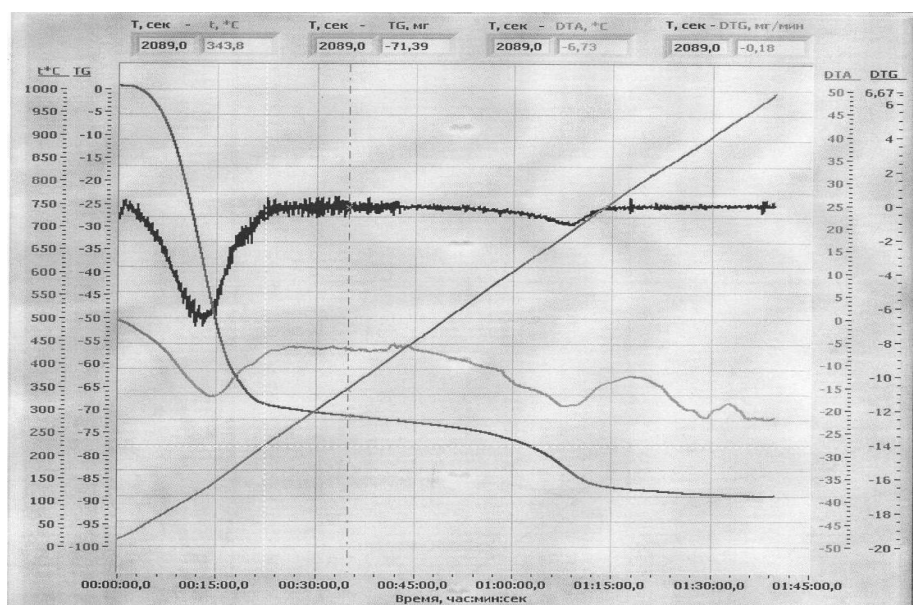


Fig.4. Derivatograma argilelor bentonitice naturale din zăcământul Prodănești.

Al doilea endoeffect termic este legat cu pierderea masei în urma eliminării grupului hidroxil din rețeaua cristalină a mineralului. Acest efect endotermic se fixată între 660 și 730°C conform datelor unor cercetători și obținute de noi în laborator noastre se lămurește prin pierderea esențială a masei asociate, probabil, cu resturi (reziduu) de hidroxil.

În derivatograma argilelor bentonitice Prodănești activate cu sodiu în mărime de la 1 până la 3% se observa clar dispariția treptată vârfului de 220°C, care este caracteristic pentru montmorilonita alcalino-pământoase (fig. 5,6,7).

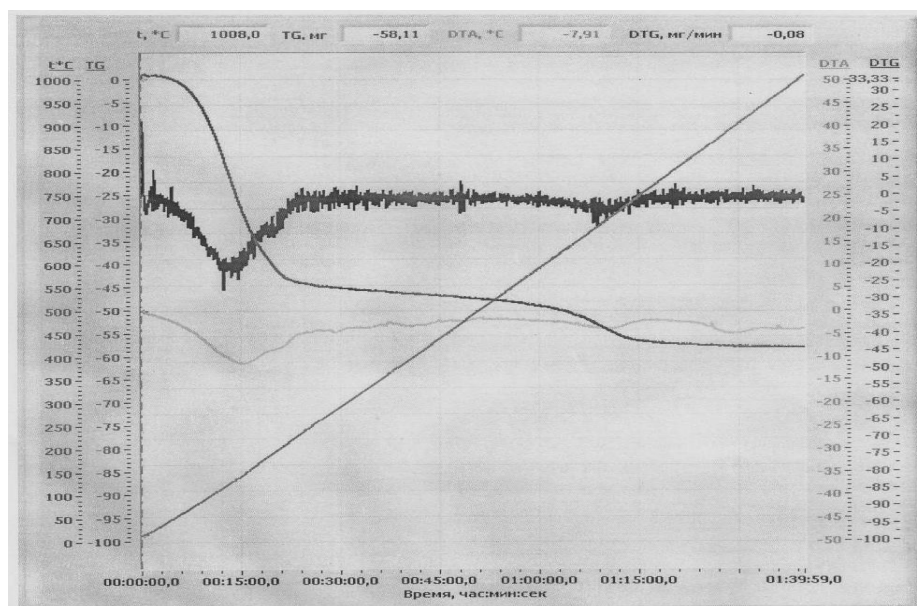


Fig.5. Derivatograma argilelor bentonitice activate cu sodiu în mărime de la 1%.

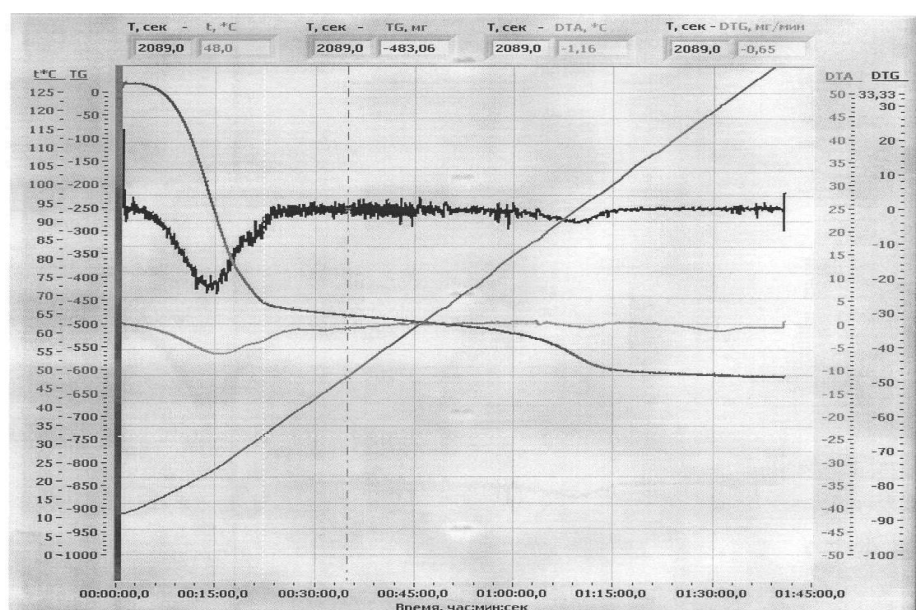


Fig.6. Derivatograma argilelor bentonitice activate cu sodiu în mărime de la 2%.

După cum reiese din derivatograma (fig.7) agiei bentonitice tratată cu 3% Na_2CO_3 se evidențiază un vârf endotermic bine reflectat în intervalul 100-200°C și confirmă despre o predominare a schimbului ionului Na între stratele cristalului mineralului.

Un rezultat esențial în procesul de activare mecanică, constă în micșorarea conținutului de Ca^{2+} în extractul acetic de la 710 mg/gr rocă până la 364 mg/ 100 gr rocă, ce are o importanță pentru calitatea vinurilor, de oarece cantitate a lui se reglementează de standarde.

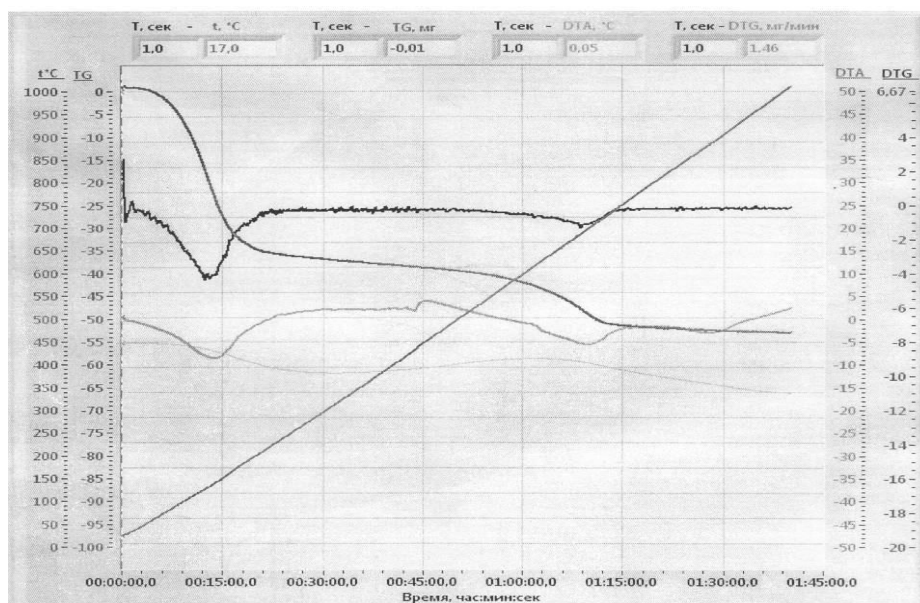


Fig.7. Derivatograma bentonitei activate cu sodiu în mărime de la 3%.

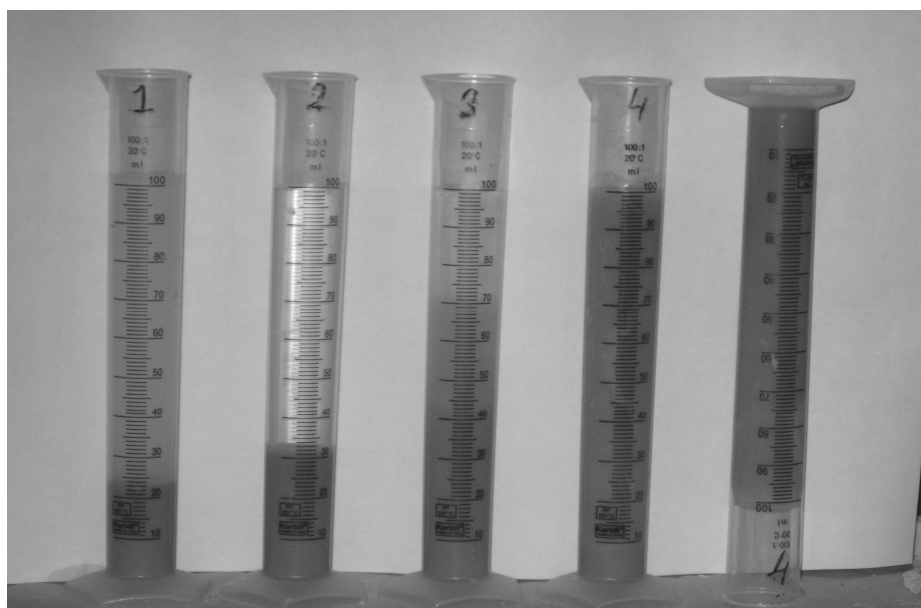


Fig. 8. Determinarea gradului de umflare a bentonitelor [măsură (1-4)]:

- 1 – Suspensii apoase instabile a bentonitelor Prodănești sunt instabile cu precipitație rapidă a bentonitelor alcalino – pământoase (stânga).
- 2 – Suspensia de precipitație parțială subocalină, subbazică (bentonitul activat).
- 3 – Acelasi precipitat parțial. Stabil suspensia din care precipitatul se obține îndelungat, a bentonitului basic.
- 4 – Suspensia stabilă se îngroșată (tixotropă) după 24 ore de sedimentare (dreapta).

Ціле експозиції раніше підтверджується результатами вимірювань ступеня набування аргілів бентонітичних активуваних (Fig. 8). Якщо бентоніти природні, тобто, неактивуваних мають ступінь набування лише 20% після активування їх за допомогою механічної активування за допомогою дезінтегратора, використовуючи різні пропорції реактивів Na_2CO_3 отримують ступінь набування 100%, одночасно формуючись у гел.

Висновки

Результати експериментів виконаних в умовах лабораторії продемонстрували, що після механічної активування аргілів бентонітичних та введення в проби хімічних реагентів, катіонів інтерстратичних Ca^{2+} в присутності солей відбувається перехід катіонів Na^+ , які притягують більше молекул води та сприяють збільшенню гідрофільності аргілів бентонітичних.

На основі досліджень впливу процесів механічної активування на властивості фізико-хімічні та технологічні аргілів бентонітичних була розроблена технологія обробки аргілів з високим ступенем набування з содових розчинів для промислової виноградарства.

Можливо зазначити, що на поточному етапі технологічні властивості мінералів промислових залежать не тільки від хімічного та мінералогічного складу, але й від умов формування.

Бібліографія

1. Жеру М.І. Глинисті утворення Молдавії. Вид-во «Штиинца». Кишинев. 1978.
2. Билинкис Г.М., Бобринський В.М., Бургеля Н.К. і др. Пліоценові бентоніти Молдавії та їх практичне значення. Кишинев. 1976.
3. Болотин О.А. Фізико-хімічні особливості бентонітових глин пліоцену Молдавії // Збірник статей «Мінералогія та геохімія Молдавської ССР». Кишинев. «Штиинца». 1980. С.32-46.
4. Болотин О.А. Мінералогія та фізико-хімічні властивості пліоценових бентонітів юга Молдавії: Автореферат канд. дис. Київ. 1987. 23 с.
5. Горюшкин В.В. Технологічні властивості бентонітів палеоцену вороніжської антиклізи та можливості їх зміни // Вестник Воронежського університету. Геологія. 2005. № 1.
6. Методичні основи дослідження хімічного складу гірських порід, руд та мінералів / Під ред. Г.В.Остроумова. Москва: «Недра». 1987. С. 98-103
7. Патент РФ № 2191794. Спосіб отримання глино-порошку для бурових розчинів. Автори: Айріш М.В., Трофимова Ф.А. 25.07.2000.
8. Грім Р.Э. Мінералогія та практичне використання глин. М.: Мир, 1967. 512 с.
9. Трофимова Ф.А., Лыгіна Т.З., Сабітов А.А. і др. Вплив механоактиваційних процесів на зміну колоїдних та реологічних властивостей бентонітових глин // Збірник статей. Петрозаводск. 2006.
10. Айрін М.В., Пермяков Е.Н. Кристаллохімічні та структурні особливості монтмориллоніту та їх вплив на властивості бентонітових глин // Збірник статей «Бентоніти». М.: Наука. 1980. С. 53-58.

11. Молчанов В.И., Юсупов Т.С. Физические и химические свойства тонко-диспергированных минералов. М.: Недра. 1981. 161 с.
12. Попович В. Отчет: «О детальной разведке Проданештского месторождения бентонитовых глин». МТГУ. № 1992. Кишинев. 1976.
13. Покутная М.П. Отчет: «Оценка пригодности бентонитовых глин Молдавии для местной промышленности». МТГУ. № 1583. Кишинев. 1971.1

Primit la redacție – 22 noiembrie 2011

УДК 556.56.(478.9)

Арнауٹ Н.А.

Влияние водохранилища Костешты-Стынка на режим стока воды и транспорта взвешенных наносов р. Прут

Rezumat

În baza generalizării diferitor date hidrologice de la punctele de măsurare de pe râul Prut, au fost analizate modificările regimului hidrologic (debitul apei) și regimul de transport al aluviunilor în suspensie din râu sub influența bazinului de acumulare Costești-Stânca și a regularizării scurgerii apei. Verificarea șirului de observații cu valori medii anuale ale debitului de apă conform criteriului Vilkokson până la construcția bazinului de acumulare Costești-Stânca și după aceasta, nu a evidențiat o abatere esențială de la uniformitatea lor. Aceasta confirmă nemodificarea regimului hidrologic al râului Prut în condițiile regularizării debitului apei. Totodată, analiza seriilor de observații asupra scurgerii aluviunilor în suspensie la punctele de măsurare în aval de baraj, a relevat abateri esențiale în uniformitatea acestor serii. Acest lucru este condiționat de acțiunea diferitor factori antropogeni, cel de bază fiind captarea de către bazinul de acumulare a aluviunilor în suspensie ce se scurg de pe sectoarele superioare ale bazinului hidrografic. În rezultatul modificării regimului de transportare ale aluviunilor în suspensie în sectorul râului de după baraj, scurgerea aluviunilor s-a micșorat aproximativ de la 4 până la 6 ori. Acest fapt poate duce în viitor la transformarea procesului de albie al râului Prut și formarea unui deficit de depuneri de fund de nisip și pietriș în unele sectoare ale râului. În aceste condiții apare necesitatea unei reglementări științific a posibilității de exploatare a nisipului și pietrișului din albia râului Prut în condiții noi

Резюме

На основе обобщения различных гидрологических данных по водомерным постам р.Прут, проанализированы изменения водного режима (стока воды) и режима транспорта взвешенных наносов реки под влиянием водохранилища Костешты-Стынка и зарегулированности стока воды. Проверка рядов наблюдений за среднегодовыми значениями стока воды по критерию Вилькоксона до строительства водохранилища Костешты-Стынка и после, не выявила существенности в нарушениях их однородности. Это свидетельствует о неизменности водного режима реки Прут в условиях зарегулированности стока воды. В то же время, анализ рядов наблюдений за стоком взвешенных наносов на водомерных постах ниже плотины водохранилища выявил существенность нарушения однородности этих рядов. Оно обусловлено воздействием различных антропогенных факторов, основным из которых является перехват водохранилищем поступающих с верхних участков водосбора взвешенных наносов. В результате изменения режима транспорта взвешенных наносов на участке реки ниже плотины водохранилища приток наносов уменьшился, по приближенным расчетам, в 4 - 6 раз. Со временем это может вызвать трансформацию руслового процесса р. Прут и привести к дефициту песчано-гравийных донных наносов на отдельных участках реки. В этих условиях возникает необходимость научно-обоснованного регламентирования возможности добычи песчано-гравийных смесей из русла р. Прут в новых условиях.

Введение

Режим стока взвешенных наносов реки Прут определяется различными гидрологическими, русловыми и антропогенными факторами. Основными из них являются:

- зарегулированность стока воды и наносов плотиной гидроузла Костешты-Стынка (после 1977 г.);
- добыча из русла р. Прут песчано-гравийных строительных материалов (1970 - 1985 гг.);
- обвалование берегов (после 1969 г.);
- неупорядоченные водозаборы из реки на различные водохозяйственные нужды;
- распашка склонов, лесоразведение или вырубка лесов, урбанизация территорий и мелиорация земель и др.

Наиболее значительное воздействие на изменение естественного водного режима реки оказывает водохранилище Костешты-Стынка. Створ плотины расположен в 6 км ниже с.Корпач. В 1978 г. созданный гидроузел был введен в эксплуатацию и предназначен для комплексного использования, а также регулирования паводочного стока в целях защиты пойменных земель и населенных пунктов от затопления.

Общая емкость водохранилища составляет 1285 млн. м³, включая мертвый, полезный и форсированный объемы, обеспечивающие поддержание напора воды для работы гидроэлектрической станции (ГЭС) и потребностей в воде на орошение земель (140 тыс.га). Использование водных и гидроэнергетических ресурсов водохранилища осуществляется совместно с Румынией в соответствии с трансграничным соглашением.

Естественно, что создание и эксплуатация водохранилища определенным образом, повлияло на изменение водного режима, стока наносов и, как следствие, на русловые процессы в нижнем бьефе реки Прут. Это, прежде всего, связано со следующими особенностями бассейна реки:

Водосборная площадь р. Прут делится на две четко выраженные зоны—зону формирования стока, включающую верхнюю горную и предгорную часть бассейна (от истока до примерно с.Корпач), и зону транзита, охватывающую остальную часть бассейна. Более 90% стока воды и наносов формируется в верхней части. Ввод в эксплуатацию водохранилища Костешты-Стынка изменил естественные условия формирования стока в средней и нижней частях р.Прут, расположенных ниже плотины водохранилища. Как следствие этого, произошли изменения в естественном водном режиме реки.

Кратковременные сбросы из водохранилища во время паводков являются непродолжительными, и они ненадолго повышают уровни воды в реке. При этом режим сброса расходов в нижний бьеф сопровождается трансформацией гидрографа паводка, что приводит к уменьшению максимального расхода, увеличению продолжительности графика сброса. Расходы и уровни воды в нижнем бьефе при сбросах паводков обычно возрастают в 3-4 раза, а уровни повышаются в среднем на 45-80 см. Кроме того, зарегулированность стока воды водохранилищем привела к изменению синхронности в колебаниях расходов в отдельных створах с учетом изменения времени добегания.

Значительное влияние на режим твердого стока оказывает емкость водоема вследствие осаждения взвешенных и влекомых наносов, поступающих в водохранилище. Учитывая все вышеизложенное, в данной работе проведено обобщение результатов выполненных исследований стока воды и режима транспорта взвешенных наносов р.Прут под влиянием водохранилища Костешты-Стынка. Основной задачей такого анализа является оценка степени изменения водного режима и транспорта наносов на участке реки Прут от створа плотины водохранилища до устья. Такой анализ позволяет количественно обосновать регламентирование возможности добычи песчано-гравийных смесей из русла р.Прут в новых условиях зарегулированности стока воды.

Материалы и методика

Наиболее полные и систематические данные о гидрологическом режиме р.Прут на исследуемом участке содержатся в материалах многолетних наблюдений за жидким и твердым стоком на водомерных постах гидрометрических Служб Республики Молдовы, Румынии и Украины (г. Черновцы, с. Корпач, г. Унгены и г. Леово). Эти материалы опубликованы в гидрологических ежегодниках, Ресурсах поверхностных вод и содержатся в гидрометеорологических фондах этих государств. Периоды наблюдений на указанных водомерных постах неодновременны и составляют соответственно – г.Черновцы (1894-1895 гг, 1919-1924 гг, 1926-1935 гг, 1945-по настоящее время), с. Корпач (1960-1977 гг), г. Унгены (1956-1975 гг, 1977-по настоящее время гг), Леово (1956-1978 гг.) - периоды наблюдений за стоком воды, и Черновцы (1956-1983 гг), Корпач (1964-1967 гг, 1969-1976 гг), Унгены (1956-1990 гг), г. Леово (1959-1978 гг.) - периоды наблюдений за твердым стоком. [7,9]. Однако количество выполненных измерений расходов воды и наносов за разные годы на указанных створах сильно различается и часто не обеспечивает надежный подсчет характеристик твердого стока. Кроме того, наблюдения на водомерных постах г.Унгены и г. Леово после ввода в эксплуатацию Костештско-Стынской ГЭС (1977 г.) характеризуют уже трансформированный (за счет зарегулированности стока воды и наносов плотиной ГЭС) гидрологический режим и режим стока наносов р.Прут.

При обобщении материалов многолетних наблюдений использовался метод статистического и корреляционного анализа взаимосвязи жидкого и твердого стока. Для выявления пространственной изменчивости изучаемых гидрологических характеристик был применен метод водного баланса и оценки однородности рядов наблюдений. Использование отмеченных методических принципов дало возможность получить ряд количественных и качественных оценок изменения жидкого и твердого стока под влиянием водохранилища Костешты-Стынка.

Результаты и анализ

Качественной характеристикой изменения режима взвешенных наносов может служить интегральная кривая нарастания среднегодовых значений наносов, составленная по данным наблюдений в створе водомерного поста г.Унгены (рис.1,а). Как видно из рисунка, наиболее отчетливо понижение расходов наносов выражено для периода после 1978 г. по графику связи:

$$\sum Q_s = f(T),$$

где:

$\sum Q_s$ - последовательная сумма среднегодовых расходов твердого стока, режим которого с определенного момента искажен влиянием хозяйственной деятельности; T -годы наблюдений.

На этом же рисунке приведена разностно-интегральная кривая расходов воды $\sum(K-I) = f(T)$ для створа г.Унгены, K -модульный коэффициент годового стока воды (рис. 1,б).

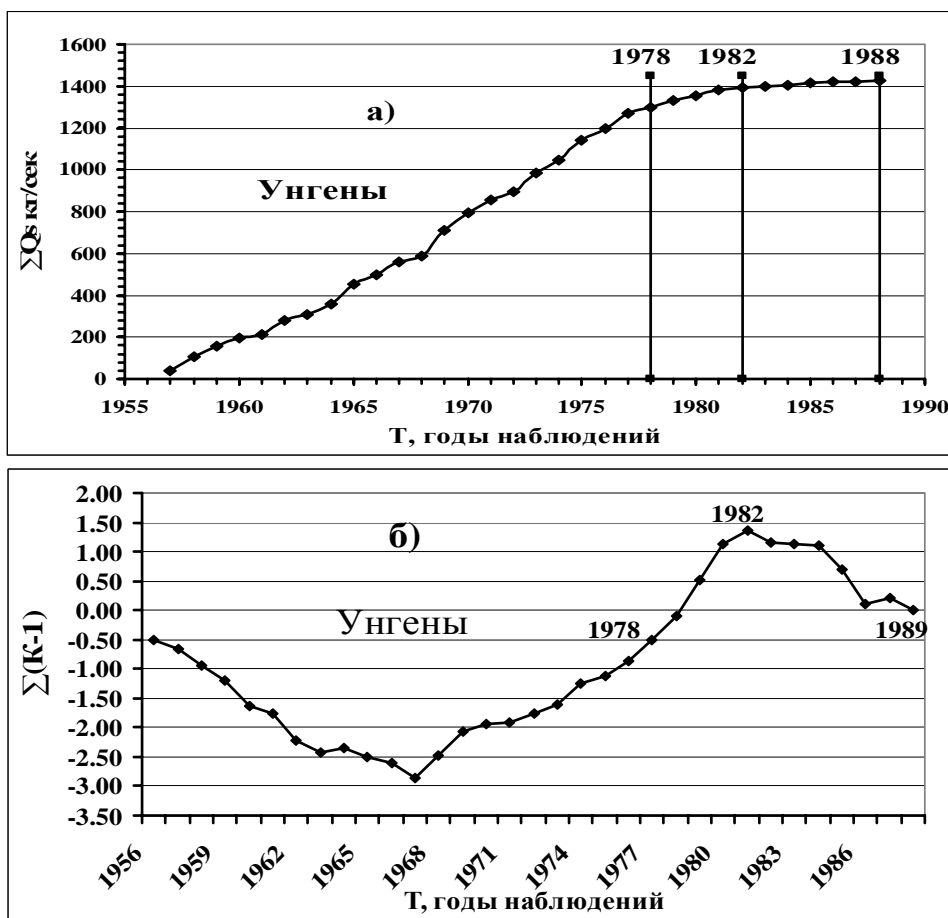


Рис.1. Интегральные кривые изменения стока взвешенных наносов ($\sum Q_s$) во времени, (а) и разностно-интегральная кривая среднегодовых расходов воды $\sum(K-I)$ (б) для водомерного поста г.Унгены.

Начало нарушения гидрологического режима проявляется по точке перегиба кривой на графике (рис.1,а) для 1978 года, периода введения в эксплуатацию водохранилища. Как видно из приведенного графика отрезок кривой правее точки перегиба (1978 г) не является линейным и его, с определенным приближением можно разделить на 2 линейных участка, соответствующих периодам: 1978-1982 гг.

и 1982-1989 гг. Эти участки характеризуются переменными углами наклона относительно оси абсцисс. Такой характер изменения этой кривой вызван изменениями фаз гидрологического режима, что наглядно подтверждается графиком разностно-интегральной кривой среднегодовых расходов воды $\sum(K-1)$ (рис.1,б). Для многоводной фазы модульный коэффициент равен $K=1,32$, а для маловодной $K=0,83$.

Влияние гидроузла Костешты-Стынка на режим твердого стока проявляется через перехват водохранилищем взвешенных и влекомых частиц, поступающих с верхней части реки, и уменьшение размыва русла вследствие преобладания процессов отложения наносов из-за понижения скоростей потока в пределах водохранилища. Анализ различных материалов [4,7,9] показал, что водохранилище перехватывает до 95% поступающих с верхних участков водосбора взвешенных наносов. Согласно приближенным расчетным оценкам, среднегодовой расход взвешенных наносов в створе г.Леово в 4 раза меньше, чем следовало бы ожидать при естественном режиме стока. Аналогичный характер изменения наносов выявлен и по данным наблюдения на водомерном посту г.Унгены [4]. При этом степень уменьшения среднегодового расхода взвешенных наносов зависит от водности конкретного года.

Значительное влияние на общее снижение объемов твердого стока оказало обвалование русла реки (после 1969 г.), препятствующее боковому притоку продуктов смыва с поверхности водосбора. На изменение характера руслового режима р.Прут сильно повлиял также перехват водохранилищем практически всех влекомых донных наносов и увеличение транспортирующей способности потока в коренном русле. Практически полный перехват влекомых и донных наносов, а также периодическая добыча из русла реки песчано-гравийных строительных материалов, в 1970-1985 гг., обусловили дефицит песчаных и гравийных фракций на многих участках р.Прут, возобновление которых в настоящее время не происходит в полной мере.

Для определения влияния антропогенных факторов была использована оценка критерия однородности по методу Вилькоксона или Манна и Уитни для малых рядов наблюдений [1-3,5-6]. Существенность нарушения однородности рядов среднегодового стока воды по критерию Вилькоксона показала, что нулевая гипотеза не отвергается при 5%-ном уровне значимости, что указывает на отсутствие существенного влияния хозяйственной деятельности, в том числе зарегулированности стока водохранилищем. Кроме того, при оценке антропогенных изменений стока воды и наносов нами был использован метод сравнения данных наблюдений до входного створа (г.Черновцы) и на участке нижнего бьефа, а также данных до строительства водохранилища и после.

На основе данных совместных наблюдений (1956-1987гг) были получены графики зависимости среднегодового стока воды у г.Унгены и г.Черновцы, представленные на рис.2,а,б. Аналитические аппроксимации уравнений, выражающих регрессионную зависимость среднегодового стока воды в створе водомерного поста Унгены от стока в зоне формирования, т.е створа Черновцы до строительства водохранилища (1956-1977гг) (1) и после (1978-1987гг) (2) имеют вид:

$$Q_V = 1.25 Q_C \quad (1)$$

$$Q_V = 1.23 Q_C \quad , \quad (2)$$

где Q_U и Q_C , соответственно, среднегодовые расходы в створах г.Унгены и г.Черновцы. Их коэффициенты корреляции (R^2) составляют, соответственно 0,84 и 0,91. Как видно из (1) и (2), коэффициент регрессии в уравнении (2) на 0,02 меньше, чем в (1), что можно объяснить влиянием зарегулированности стока воды водохранилищем. На рис.3 представлены графики связей аналогичных характеристик стока между створами Корпач-Черновцы (рис.3,а), Унгены - Корпач (рис.3,б) и Леово –Унгены (рис.3,с). Из уравнения (1) следует, что средний многолетний сток р. Прут у г.Унгены в 1,25 раза был больше по сравнению со стоком в горной части водосбора до строительства водохранилища, и в 1,23 раза больше после строительства, т.е. в настоящее время. На транзитном участке от поста с.Корпач до г. Леова, тенденция роста годового стока замедляется, и годовой сток практически остается постоянным, так как коэффициенты пропорциональности, приведенные на рис. 3,б и 3,с близки к единице (см. уравнения в поле координат).

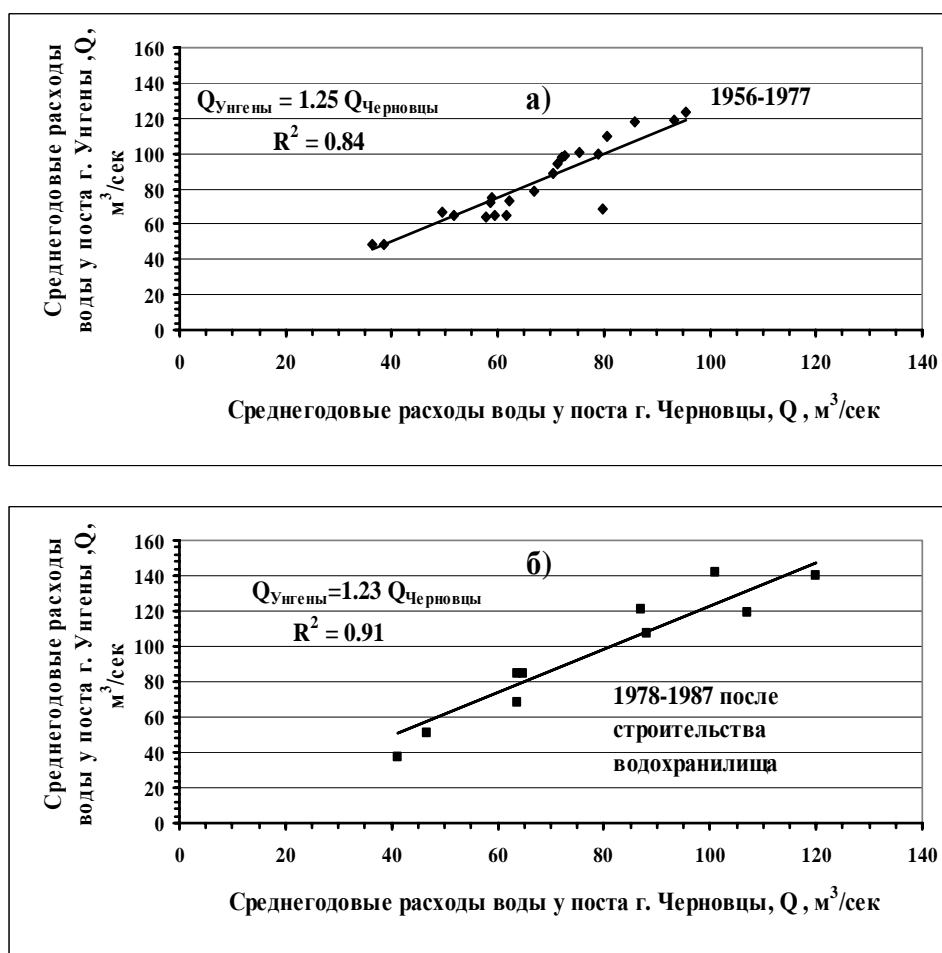


Рис. 2. Связь среднегодовых расходов воды в створах г.Унгены и г.Черновцы до строительства водохранилища (а) и после (б).

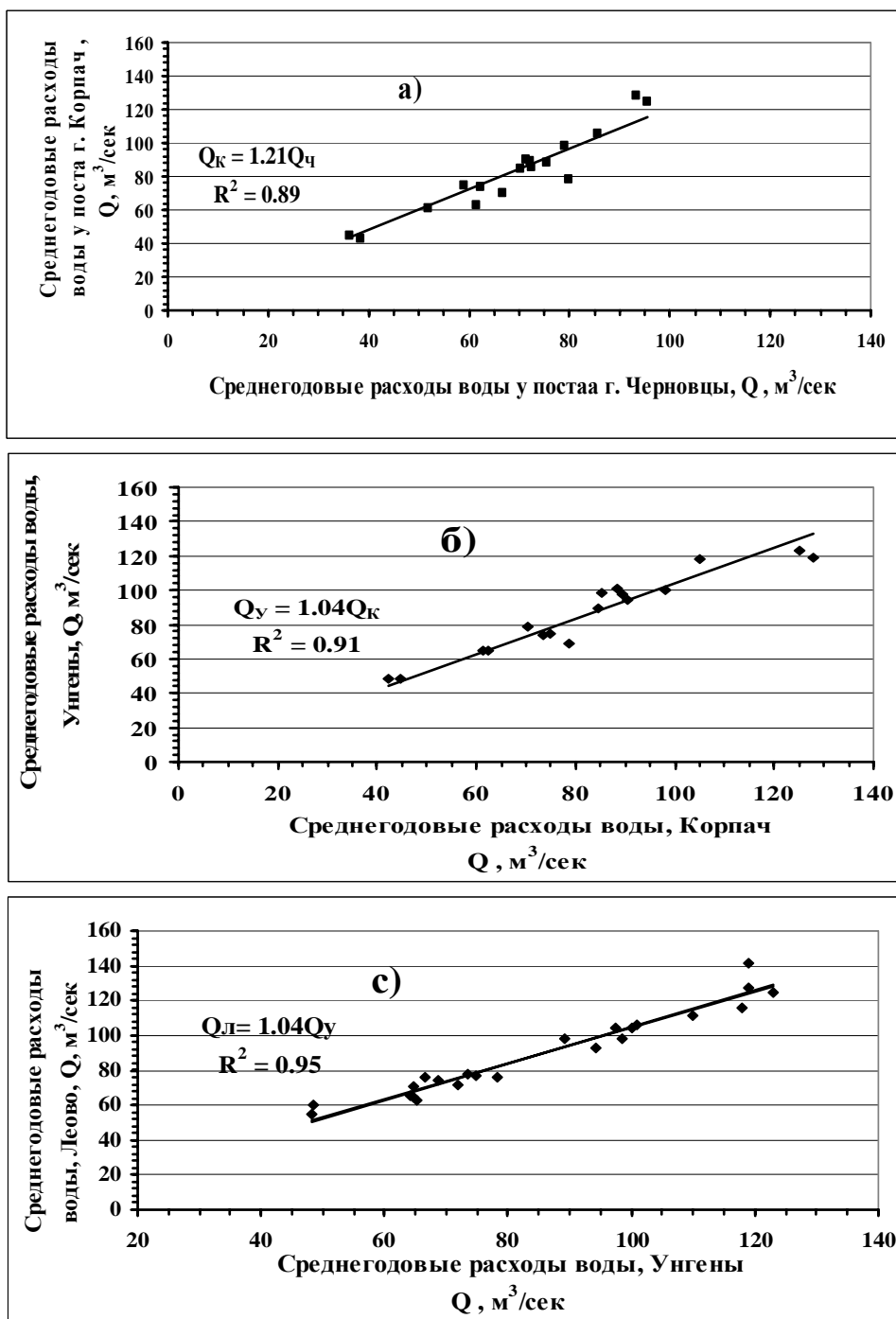


Рис. 3. Связь среднегодовых расходов воды по створам:
 а) с.Корпач и г.Черновцы
 б) г.Унгены и с.Корпач
 в) г.Леово и г.Унгены

Полученные результаты указывают на то, что годовой сток воды на участке реки от г.Черновцы до устья претерпевает незначительные изменения под воздействием хозяйственной деятельности, в т.ч. и водохранилища. Это подтверждается и сопоставимостью коэффициентов пропорциональности, представленных на графиках (рис.3б,с). Для участка от створа, с.Корпач до г.Унгены взаимосвязь годового стока реки выражается уравнением:

$$Q_Y = 1,04Q_K \quad (3)$$

Это означает, что в связи с ростом площади водосбора более чем на 4,0 тыс. км², годовой сток на этом участке в среднем возрастает на 4 % или 106 млн. м³/год от нормы годового стока в створе г. Унгены, составляющей 2,66 км³/год [9].

Для участка реки от створа г.Унгены до г.Леово связь годового стока выражается соотношением:

$$Q_L = 1,04Q_Y \quad (4)$$

Из этого выражения следует, что годовой сток здесь также возрастает в среднем на 4 %, в то время как площадь водосбора увеличивается более чем на 8 тыс. км² относительно створа г.Унгены.

Для анализа однородности рядов наблюдений за стоком взвешенных наносов может быть использован выше приведенный график связи $\Sigma Q_s = f(T)$ (рис.1,а). При этом предполагается, что режим твердого стока (взвешенных наносов) с какого-то момента времени искажен влиянием хозяйственной деятельности (ΣQ_s , последовательная сумма среднегодовых расходов (взвешенных наносов)), а водный режим не искажен за весь период наблюдений. Начало нарушения гидрологического режима определяется по точке перелома на кривой (рис. 1,а).

Как видно из графика (рис.1,а), на кривой, построенной по данным наблюдений в створе г.Унгены, выделяется точка перелома, которая относится к 1978 г. Для створа водомерного поста г.Леово заметный перелом кривой в поле графика наблюдается также для 1978 года. Перелом кривой в поле аналогичных графиков для постов г.Черновцы и с.Корпач отсутствует. Учитывая методические требования [1,2,3,5,6,8], а также выявленный факт однородности рядов наблюдений за стоком воды, были проанализированы графические зависимости средних годовых расходов взвешенных наносов (Q_s) от расходов воды (Q) (рис.4-7).

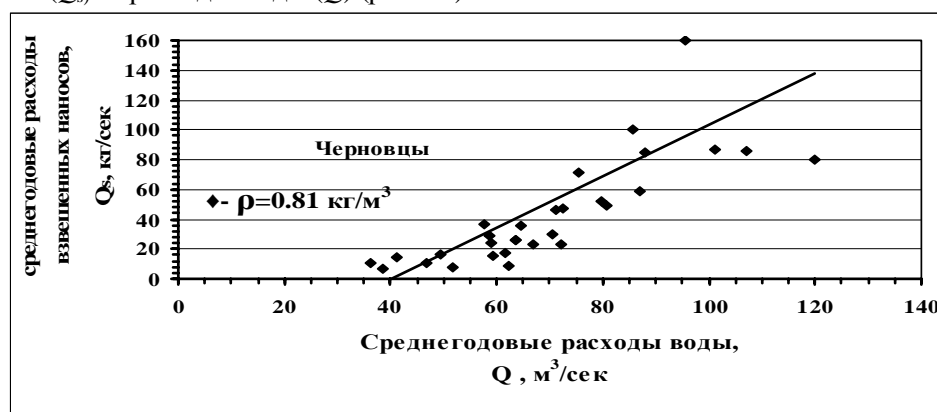


Рис. 4. Зависимость среднегодовых расходов взвешенных наносов (Q_s) от среднегодовых расходов воды (Q), р. Прут - г. Черновцы.

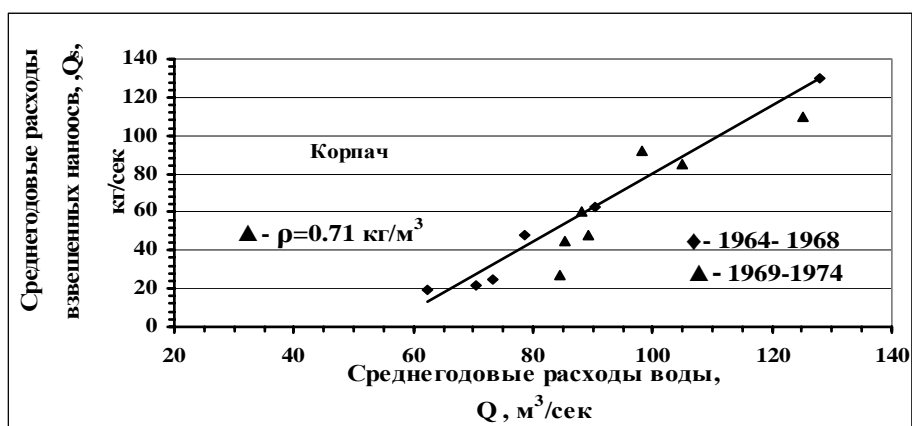


Рис. 5. Зависимость среднегодовых расходов взвешенных наносов (Q_s) от среднегодовых расходов воды (Q), р. Прут - с. Корпач

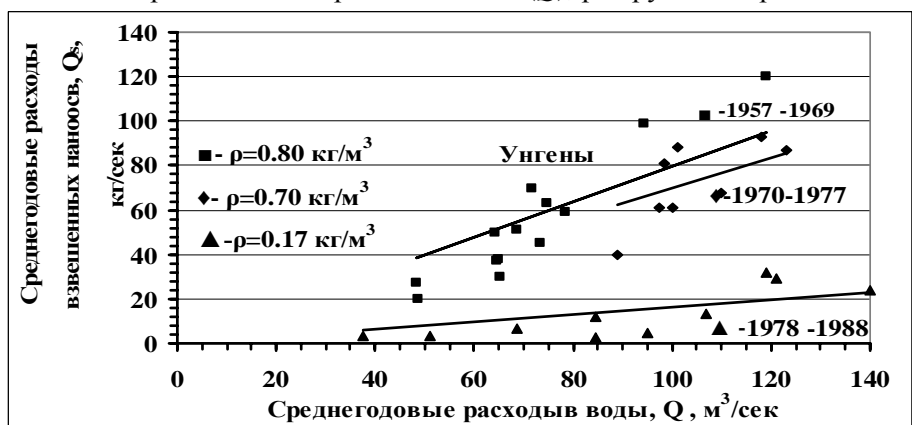


Рис. 6. Зависимость среднегодовых расходов взвешенных наносов (Q_s) от среднегодовых расходов воды (Q), р. Прут - г. Унгены

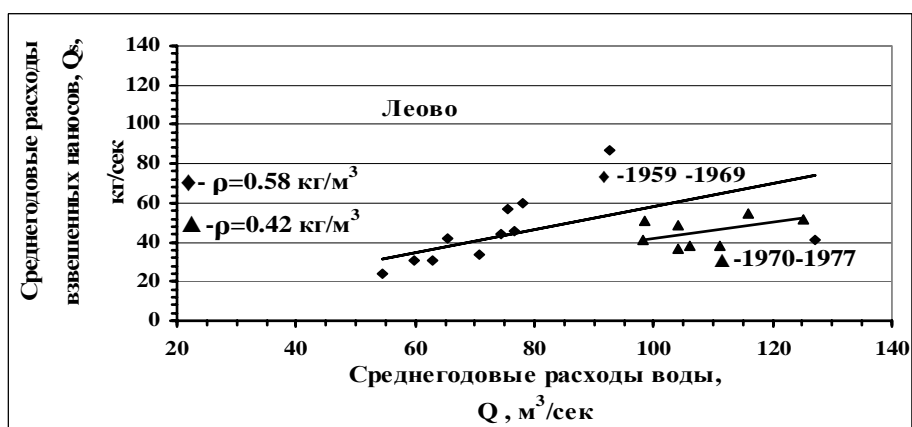


Рис. 7. Зависимость среднегодовых расходов взвешенных наносов (Q_s) от среднегодовых расходов воды (Q), р. Прут - г. Леово.

Анализ кривых $Q_s=f(Q)$ показал, что в створах г.Черновцы и с.Корпач ряды среднегодовых взвешенных расходов в течение всего периода наблюдений имеют достаточно выраженную зависимость от расходов воды. Несколько повышенный разброс точек на графике $Q_s=f(Q)$ для створа г.Черновцы объясняется погрешностью измерений и характером водного режима и носит случайный характер. Меньший разброс точек относительно осредняющей линии наблюдается на аналогичном графике для створа водомерного поста с.Корпач и также носит случайный характер.

В целом, для указанных створов наблюдается устойчивая зависимость $Q_s=f(Q)$, которая дает основание сделать вывод об отсутствии заметного влияния хозяйственной деятельности на режим твердого стока. Об этом свидетельствуют и стабильные значения среднегодовых величин мутности ρ , которые приведены на рис.4,5 и равны соответственно для створа г.Унгены- 0,81 кг/м³ и для г.Корпач - 0,71 кг/м³.

В отличие от упомянутых створов, однородность рядов наблюдений за твердым стоком для створов г.Унгены и г.Леово нарушена. Это хорошо видно на графиках (рис.6 и 7). Анализ их позволил выделить три периода, внутри которых степень воздействия антропогенных факторов на режим твердого стока различен. Это влияние проявляется через изменение интенсивности пойменно-руслового процесса. Так, например, русло р.Прут выше створа с.Корпач имеет корытообразную форму, пойма выражена слабо, а имеющиеся отдельные пойменные массивы мало подвержены хозяйственному освоению, в связи, с чем антропогенное влияние на режим твердого стока в пределах данного участка существенно не сказывалось вплоть до 1976 года, когда наблюдения были прекращены из-за строительства водохранилища Костешты-Стынка.

На участке между створами с.Корпач и г.Унгены пойма имеет более выраженный характер, освоена и введена в хозяйственный оборот.

Кроме того, существенное влияние на сокращение поступления твердого стока в русло реки Прут оказало обвалование берегов, которое началось и проводилось после катастрофического паводка 1969 года. Паводок нарушил интенсивность пойменно-руслового обмена наносов. После строительства дамб, берегоукрепительных и противопаводковых сооружений, поступление продуктов поверхностно-склоновой и овражной эрозии значительно сократилось, и, как следствие, сток взвешенных наносов в реке существенно уменьшился. Это хорошо видно на графике зависимостей между величинами стока и взвешенных наносов (рис.6 и 7). После строительства берегоукрепительных сооружений среднегодовой расход взвешенных наносов уменьшился примерно на 40 кг/с или на 1000 тонн/год. Если в период 1957 - 1969 гг. изменению среднегодового расхода воды Q в створе г.Унгены от 80 до 120 м³/с соответствовало изменение Q_s в диапазоне от 70 до 134 кг/с, то в период 1970-1977 гг. величина твердого стока в том же интервале расходов воды изменилась от 30 до 94 кг/с, т.е почти в 2 раза (рис.6).

На участке между г.Унгены и г.Леово пойма выражена значительно сильнее, чем на вышерасположенных участках, в составе пойменных отложений преобладают тонкодисперсные илистые грунты. Из-за дамб обвалований значительно сократился смыв с поверхности бассейна и локализованных очагов склоновой эрозии (оврагов, оползней). В результате среднегодовой расход взвешенных наносов в створе Леово уменьшился на 60 кг/с или 2000 тонн/год. Так, например, если за период 1956-1969 годов изменению расходов воды от 80 до 120

$\text{м}^3/\text{с}$ соответствовало изменению расхода взвешенных наносов в диапазоне от 60 до 115 $\text{кг}/\text{с}$, то в период 1970-1977 гг. такому же изменению водности соответствует изменение расхода взвешенных наносов от 15 до 70 $\text{кг}/\text{с}$ (рис.7).

Наиболее ошутимое воздействие на режим твердого стока оказало заполнение водохранилища Костешты-Стынка. Это влияние на режим твердого стока, как было отмечено выше, проявляется через перехват водохранилищем взвешенных и донных наносов, поступающих с верхней части реки, уменьшение смыва с поверхности водосбора и уменьшение размыва русла из-за регулирования стока воды. К сожалению, из-за прекращения наблюдений за твердым и жидким стоком на водомерном посту г.Леово в 1978 году и отсутствия данных, нет возможности оценить в полном объеме величину изменения твердого стока под влиянием водохранилища в этом створе. Тем не менее, данные наблюдений за 1978 год показывают, что при среднегодовом расходе воды 141 $\text{м}^3/\text{с}$ среднегодовой расход взвешенных наносов составил всего 31 $\text{кг}/\text{с}$ т.е. примерно в 4 раза ниже, чем следовало ожидать при естественном режиме реки.

Влияние водохранилища Костешты-Стынка на режим твердого стока р. Прут можно более достоверно оценить по данным водомерного поста Унгены, где наблюдения не прерывались. График на рис.6 наглядно демонстрирует изменение характера зависимости $Q_s = f(Q)$ для периода после 1978 года. Точки в поле этого графика, соответствующие 1978 и 1979 гг. расположились немного левее общей зависимости, что можно объяснить промывкой русла после начала функционирования водохранилища. В наиболее многоводные годы (1980, 1981), при среднегодовых расходах воды соответственно 140 и 142 $\text{м}^3/\text{с}$, среднегодовые расходы взвешенных наносов составляли 25-27 $\text{кг}/\text{с}$, а в близкие к средним по водности годам (1983, 1984), когда расход воды был равен 68-82 $\text{м}^3/\text{с}$, расход взвешенных наносов составлял менее 10 $\text{кг}/\text{с}$. Эти изменения отразились также и на значениях среднегодовых характеристик мутности воды ρ , которые для вышеуказанных периодов в створе г.Унгены изменяются от 0,80 $\text{кг}/\text{м}^3$ до 0,17 $\text{кг}/\text{м}^3$, т.е. почти в 5 раз, а для створа г.Леова от 0,58 $\text{кг}/\text{м}^3$ (до 1969 г.) до 0,42 $\text{кг}/\text{м}^3$ (1977 г.).

Существенность нарушения однородности рядов оценена по критерию Вилькоксона. Оказалось, что для постов г.Черновцы и с.Корпач нулевая гипотеза при 5%-ном уровне значимости не отвергается, а для поста Унгены при том же уровне значимости она не подтвердилась, что указывает на значимые изменения режима твердого стока.

Выводы

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что недостаток необходимых материалов и данных гидрологических наблюдений не позволяет с высокой точностью количественно оценить изменения водного режима и транспорта взвешенных и донных наносов под влиянием водохранилища Костешты-Стынка. Тем не менее, приведенные результаты дают основание сделать следующие выводы:

1) Зарегулированность стока воды после строительства водохранилища Костешты-Стынка не привело к существенному изменению водного режима р. Прут, о чем свидетельствует отсутствие нарушения однородности в рядах наблюдений за стоком воды на водомерном посту г. Унгены;

2) Выявлено нарушение режима транспорта взвешенных наносов на участке р. Прут от плотины ГЭС до устья, основной причиной которого является перехват водохранилищем почти 95% поступающего твердого стока. Значимость нарушения однородности в рядах наблюдений за взвешенными наносами у г.Унгены подтверждается проверкой с использованием критерия Вилькоксона;

3) Уменьшение взвешенных наносов на водомерных постах г.Унгены и г.Леово после строительства водохранилища для среднесуточных значений расходов воды ориентировочно составляет 4 раза. Оно зависит от водности года и для многоводного периода может достигать 6 и более раз;

4) Полученные данные об изменении стока взвешенных и донных наносов на участке р. Прут ниже плотины водохранилища Костешты-Стынка дают основание для разработки научного обоснования регламентирования возможности добычи песчано-гравийных смесей из русла и поймы, а также проведения других гидротехнических работ в современных условиях. По предварительным оценкам величина среднесуточного объема взвешенных наносов после строительства водохранилища для створа г.Унгены уменьшилась с 1934,1 тыс. тон в год до 453,2 тыс. т в год, а для створа г.Леова –от 1431,7 тыс. т в год до 358 тыс. т в год, что составляет в среднем 4 раза.

Литература

1. Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановления его характеристик. Л., Гидрометеоздат, 1986, 79 с.
2. Михалев М.А. Инженерная гидрология. Гидрологические расчеты. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999, 92 с.
3. Орлов А.И. Прикладная статистика М., «Экзамен», 2004.
4. Оценка влияния добычи песка и песчано-гравийных смесей из русловых месторождений на гидрологический режим р. Прут у г. Унгены Отчет о научно-исследовательской работе Одесского гидрометеорологического института. Одесса, 1990, 94 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., Гидрометеоздат, 1984, 490 с.
6. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока - Л., Гидрометеоздат, 1984, 78 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР, т.6. Украина и Молдавия, вып.1. Л., Гидрометеоздат, 1978, 490 с.
8. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии - Л.: Гидрометеоздат, 1974, 384 с.
9. Cadastrul de stat al apelor al Republicii Moldova pe anul 2007. Chișinău. 2009. p. 75.

Дата поступления в редакцию –15 декабря 2011

УДК 556.3:631.6(478.9:477.4)

Морару К.Е., Матвеева Е.Н.

Вариации уровней подземных вод зоны активного водообмена крайнего юго-запада Причерноморского артезианского бассейна

Abstract

Analysis of the groundwater monitoring network in the active hydrodynamic zone of the Black Sea artesian basin was performed. From geographical point of view this territory belongs to the Republic of Moldova. Sort historical data about monitoring network were presented. Method of research was based on the selection of representative wells and graphical analysis of the groundwater variation in time. Main mistakes during water level registration were described. In conclusions has been mention that unconfined shallow aquifers have the tendency in water level changes in relationship with atmospheric precipitations variation. Confined or deep aquifers have the water level rising due to decreasing of economic activities and water extraction.

Rezumat

A fost efectuată analiza informației rețelei de sonde monitoring instalate în cadrul zonei hidrodinamice active a bazinului artezian a Marii Negre. Din punct de vedere geografic teritoriul studiat aparține Republicii Moldova. În mod succint se arată evoluția istorică a dezvoltării monitoringului apelor subterane în Moldova. Metodologia de studiu constă din selectarea reprezentativă a sondelor de monitoring și analiza grafică a variației nivelului apei subterane în acviferele de la vârsta cuaternară până la cea proterozoică. În concluzii se menționează, că nivelul apei în acviferele freatice are tendința de corelare cu volumul precipitațiilor atmosferice. În acviferele adânci se atestă o creștere a nivelului apei, care are ca consecință descreșterea activității economice a țării și scăderea bruscă a extragerii apei subterane.

Резюме

Выполнен анализ данных существующей сети режимных скважин зоны активного водообмена крайнего юго-запада Причерноморского артезианского бассейна. Географически исследуемая площадь относится к Республике Молдова. Приведены краткие исторические сведения о развитии мониторинга подземных вод. Методика исследований включала выбор репрезентативных скважин и графический анализ вариаций уровней подземных вод от четвертичного до верхнепротерозойского возрастов. Выявлены основные ошибки регистрации изменения уровня воды во времени. В заключение отмечено, что для безнапорных, близко залегающих к поверхности водоносных горизонтов, видна тенденция связи уровня воды с внешними природными факторами, сезонными годовыми колебаниями. Четкая зависимость положения уровней грунтовых вод от объема водозабора для этих водоносных горизонтов не выявлена. Для глубоко залегающих водоносных горизонтов повсеместно наблюдается повышение уровня подземных вод. Это обусловлено общим затуханием хозяйственной деятельности человека в республике за последние годы, отсутствием централизованных мелиоративных мероприятий, остановкой работы некоторых предприятий и в целом существенным снижением водозабора подземных вод в региональном плане.

Введение

С географической точки зрения крайний юго-запад Причерноморского артезианского бассейна включает, в основном, территорию Республики Молдова. Здесь, до 1992 г. были характерны интенсивная эксплуатация подземных вод, мелиорация земель, промышленное и гражданское строительство, интенсивное применение пестицидов и минеральных удобрений в сельском хозяйстве. В настоящее время эти процессы возобновляются, происходит загрязнение земной поверхности промышленными и бытовыми отходами, бурятся новые скважины на воду и особенно интенсивно эксплуатируются грунтовые воды. Суммарно эти действия вызывают существенное нарушение естественного водного режима Молдовы, что, в конечном счете, приводит к региональному изменению гидрогеологических условий республики.

Вариации уровня подземных вод являются результирующим показателем реакции водоносного горизонта на разнообразные естественные и искусственные факторы окружающей среды. Регулярные наблюдения за режимом подземных вод в Республике Молдова ведутся с 1960 года. Работа проводилась гидрогеологической станцией Управления геологии и охраны недр при СМ Молдавской ССР, Молдавской гидрогеологической станцией, Институтом геологии и полезных ископаемых МССР. В шестидесятые годы прошлого столетия в республике была создана государственная сеть гидрогеологических скважин по наблюдению за режимом подземных вод. На базе опорной сети наблюдательных скважин предполагалось выявлять закономерности изменения гидродинамических, геохимических и термальных условий водоносных горизонтов под влиянием естественных и искусственных факторов.

Региональная сеть режимных скважин не является постоянной, число наблюдательных скважин и их расположение периодически изменяется. Это зависит от состояния скважин (засорение, подтопление, консервация), их прочистки и проходки новых скважин, пригодных для исследования режима определенных водоносных горизонтов. Периодически, Институт геологии и сейсмологии создавал свою сеть мониторинговых скважин для решения научно – исследовательских проблем [1, 4, 6, 8].

Наблюдения за уровнем подземных вод и за состоянием наблюдательных скважин регулярно проводятся и в настоящее время Государственным агентством по геологии («AGeoM») и Государственным предприятием Молдавской гидрогеологической экспедицией (Î.S. «ENGeoM») при Министерстве экологии и природных ресурсов Молдовы [5, 7].

Так, по состоянию на 1 января 2008 года, на балансе находилось 169 режимных скважин, значительная часть которых имеет нарушенный режим (54 имеют естественный режим, 115 – нарушенный [7]).

Исторические сведения о мониторинге подземных вод Молдовы

Институт геологии и полезных ископаемых МССР (нынешний Институт геологии и сейсмологии республики Молдова) стоял у истоков создания государственной сети глубоких скважин по наблюдению за режимом подземных вод. Начиная с 60-х годов и до настоящего времени, в институте ведутся работы по изучению режима и баланса подземных вод страны.

В 80-е годы прошлого столетия лабораторией гидрогеологии под руководством д.г.-м.н. И.В.Зеленина проводился анализ существующей сети режимных скважин, и разрабатывались мероприятия по ее реконструкции [2], изучался уровенный режим отдельных скважин за многолетний период, сопоставлялись изменение глубин залегания уровней подземных вод в близко расположенных скважинах. С целью оценки изменений, обусловленных процессами водообмена через зону аэрации, рассматривались вариации баланса грунтовых вод в лизиметрах [3], что дало возможность охарактеризовать составляющую хода уровня грунтовых вод, определяемую взаимодействием атмосферной и подземной влаги, изолированно от других воздействий. Эти исследования показали, что основные закономерности особенно четко проявляются при рассмотрении среднегодовых значений.

Лизиметрические исследования показали центральную тенденцию внутригодовой изменчивости водобалансовой результирующей, определяемую, прежде всего, климатической сезонностью (цикличность в изменении уровня подземных вод) и глубиной залегания водоносного горизонта (затухание этого влияния с глубиной). Так при глубинах уровня подземных вод, превышающих 10 м, закономерности колебаний (например, сезонность), определяемые водообменом через зону аэрации, практически не проявляются [3].

Общая направленность внутригодовой изменчивости водобалансовой результирующей, выявленная при рассмотрении среднегодовых значений, в общем, сохраняется и для конкретных лет. Однако, в пределах каждого отдельного года, водобалансовая результирующая может существенно отличаться от среднегодового значения.

При выявлении закономерностей внутригодовой изменчивости уровней подземных вод основывались в первую очередь на среднегодовых данных. Это позволяет сгладить изменения, не имеющие закономерного характера, а также возможные недостатки измерений (ошибки, пропуски) и влияние более длиннопериодических флуктуаций [4].

В качестве шага дискретизации выбран календарный месяц, поскольку, с одной стороны, месячные приращения уровня подземных вод обобщают все изменения внутри этого периода, а с другой – такое разбиение достаточно для выявления крупномасштабных систематических изменений, происходящих на протяжении года [4].

Длина периода деления временного ряда принята равной 12 месяцам по следующим соображениям [4]:

- 1) этот временной период соответствует климатическому циклу, который при всех погодных изменениях является достаточно стабильным режимообразующим фактором при любой длине ряда наблюдений;
- 2) наличие цикличности (лизиметрические исследования) в балансе грунтовых вод, соответствующей холодному и теплomu сезонам года, особенно четко проявляющейся при неглубоком залегании водоносного горизонта;
- 3) изменения уровня, возникающие на участках влагообмена с атмосферой, передаются в водоносных горизонтах (особенно напорных) практически мгновенно;

- 4) нарушения естественного режима подземных вод, вызываемые многочисленными водозаборными скважинами, в целом обладают тенденцией, совпадающей с установленной лизиметрами. Это обусловлено сезонной цикличностью в работе скважин: в теплое время года многие скважины эксплуатируются более интенсивно, что ведет к понижению уровня подземных вод;
- 5) уровень воды в скважинах, расположенных вблизи рек, четко отражает годовую цикличность режима речного стока.

Однако следует иметь в виду и возможность проявления и других эффектов. Трансформация годового хода уровня, обусловленная увеличением мощности и свойств зоны аэрации или особенностями геофильтрационных свойств и размещения источников «возмущения» (например, откачки) в пласте могут вызвать изменение продолжительности всего цикла или его составляющих.

При наличии устойчивой тенденции к периодичности изменений уровня среднесуточная характеристика такого периода отражает присущие ему закономерности режима подземных вод.

Необходимо отметить, что каждая скважина обладает своими особенностями среднесуточной внутригодового распределения, которые определяются характерным для нее сочетанием природных и техногенных условий формирования режима.

Опираясь на вышеизложенное, лаборатория гидрогеологии Института геологии и сейсмологии АН РМ под руководством к.г.-м.н. Морару К.Е. в настоящее время продолжает исследования в области изучения режима подземных вод.

Методика проведения исследований

Для изучения режима уровня подземных вод было отобрано 57 скважин на шести репрезентативных участках (рис. 1), пробуренных на различную глубину и вскрывающих водоносные горизонты различного возраста (таб. 1).

Таблица 1. Распределение режимных скважин по водоносным горизонтам

№	Водоносный горизонт	Количество скважин
1	Q	20
2	N _{2p}	2
3	N _{1S₃} +N _{1m}	1
4	N _{1S₃}	1
5	N _{1S₂}	11
6	N _{1S₁₊₂}	3
7	N _{1S₁}	13
8	K ₂	4
9	S ₁	1
10	R _{3sr}	1

Началом наблюдений на выделенных мониторинговых скважинах выбран 1989 год. Для проверки основных тенденций изменения уровня подземных вод, выявленных за период с 1989 по 2007 года и для более детального изучения этих закономерностей за более длительный период, в процессе работы по восьми

мониторинговых скважинах были добавлены данные (из архива лаборатории), начиная с более ранних периодов наблюдений. Так большая часть мониторинговых скважин имеет период наблюдения 19 лет, за исключением нескольких вышедших из строя по причине консервации или вышедших из строя по другим различным причинам (всего 15 скважин). Большинство из приведенных в настоящей работе скважин продолжает наблюдаться и в настоящее время.

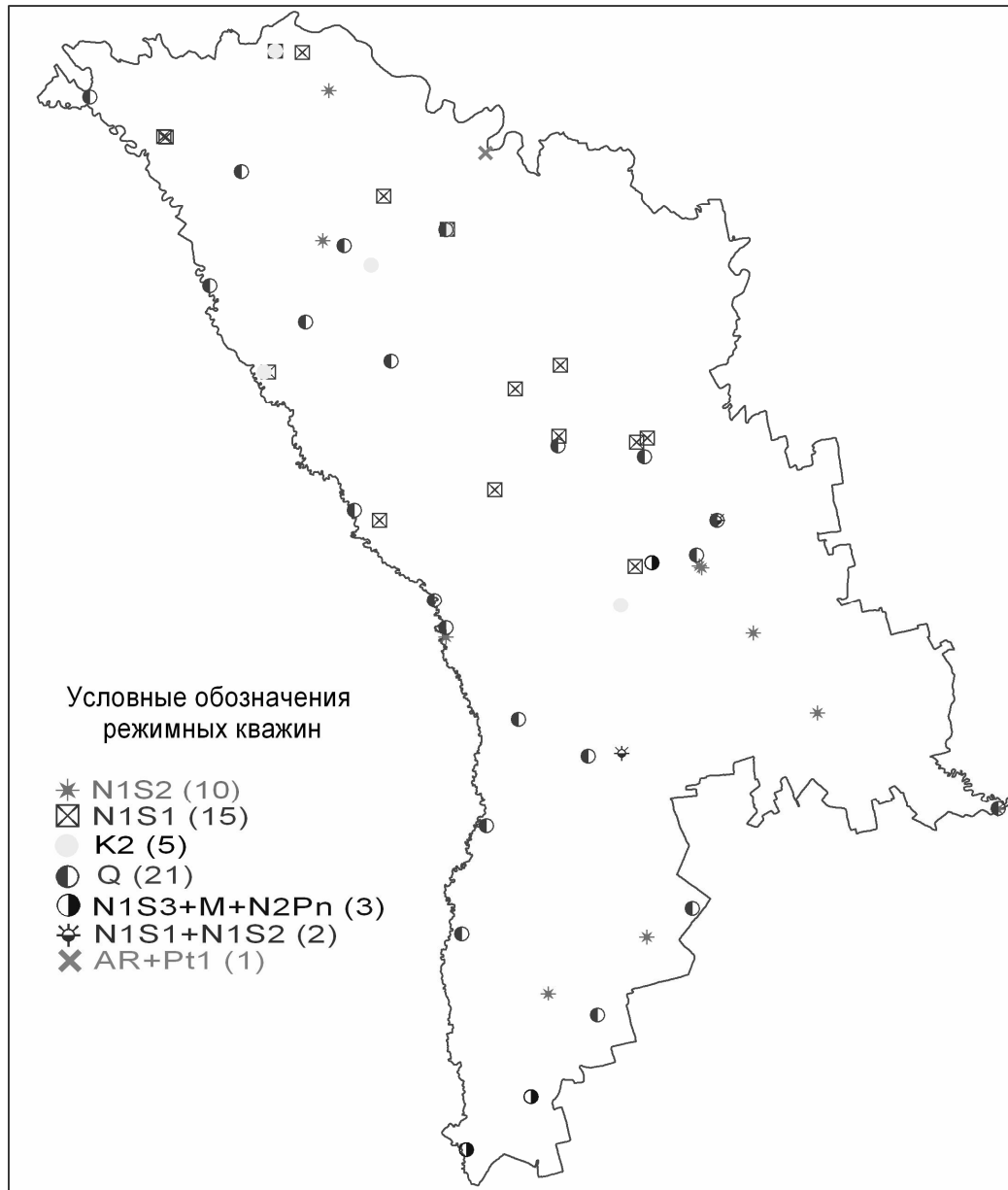


Рис. 1. Расположение мониторинговых скважин режима подземных вод.

Для наглядности и лучшего понимания природы происходящих процессов, а также для сравнения скважин пробуренных в различных геологических условиях, для всех мониторинговых скважин были построены литологические колонки, с указанием гидрогеологической информации по скважине и стратиграфического возраста пройденного горизонта.

Региональная наблюдательная сеть предназначена для выявления и изучения сравнительно крупных изменений и тенденций в развитии гидрогеологических процессов. Проведенный анализ показал, что для этой цели достаточен интервал между замерами уровней, равный одному месяцу. Этот интервал рассчитывался как среднестатистическое значение месячных данных, которые, по сути, являются замерами с частотой 1 раз за 3 дня. Принимается условие, что уровень подземных вод является интегральной характеристикой всех изменений, происходящих в течение месяца, причем внутримесячные флуктуации носят незакономерный, случайный характер. Они могут быть охарактеризованы с помощью статистических методов на основе уже имеющихся данных, а также наблюдений, проводящихся с месячным интервалом. Фиксация происшедших в течение месяца изменений вполне достаточна для оценки внутригодовой изменчивости и тенденций долгосрочного изменения уровней подземных вод.

Для интерпретации полученных по режимным скважинам данных использовалась статистическая обработка результатов и компьютерная программа SPSS и инструменты Microsoft Excel для построения графиков уровня режима подземных вод по каждой скважине.

Графики представляют собой изображение среднемесячных значений уровня подземных вод за многолетний период: ось X – показывает временной период наблюдений, а ось Y – глубину фиксации уровня подземных вод в метрах. Масштаб каждого графика подбирался отдельно. Также на каждом графике указывается информация о номере скважины по каталогу, возрасте опробываемого горизонта подземных вод и название населенного пункта в котором расположена режимная скважина. По каждому водоносному горизонту были выбраны наиболее репрезентативные скважины.

Результаты исследований

1. Водоносный комплекс четвертичных отложений (Q), первый от поверхности и поэтому наиболее используемый и доступный для опробования и наблюдений за изменением уровня режима. Распространен водоносный комплекс повсеместно на всей территории республики. Это в основном грунтовые воды. Из четвертичных отложений наиболее водообильными являются аллювиальные отложения. Подземные воды здесь содержатся в песках с линзами гравия и гальки. Глубина залегания подземных вод составляет от 2 до 10 метров. Это наиболее гидродинамически нестабильный из водоносных комплексов, так как располагается в непосредственной близости от поверхности земли, а, следовательно, он наиболее подвержен воздействию внешних факторов: изменению температуры воздуха, количества атмосферных осадков и др.

Для наглядности, на рис. 2 – 4 приведены примеры графиков уровня режима для нескольких скважин водоносного комплекса, пробуренных в различных районах республики и на различную глубину залегания уровня.

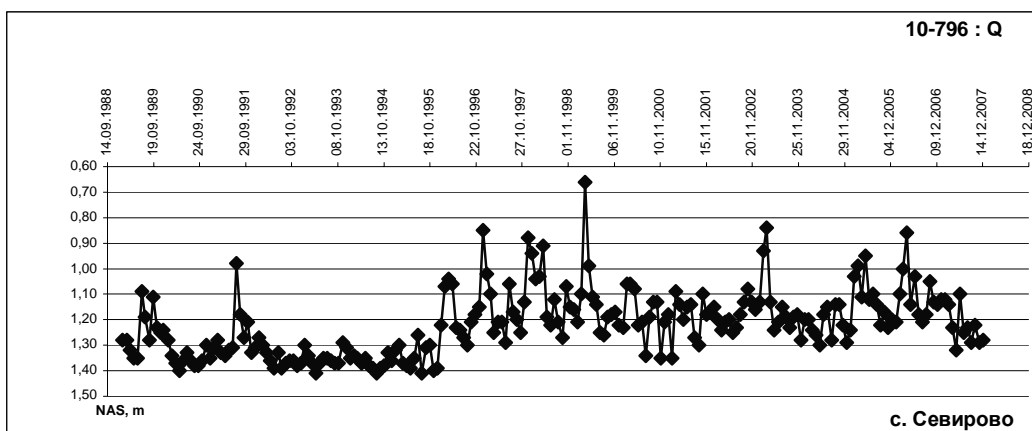


Рис. 2. Вариации уровня грунтовых вод в с. Севирово, Флорештского района (здесь и далее NAS - уровень подземных вод, измеренный от поверхности земли, м).

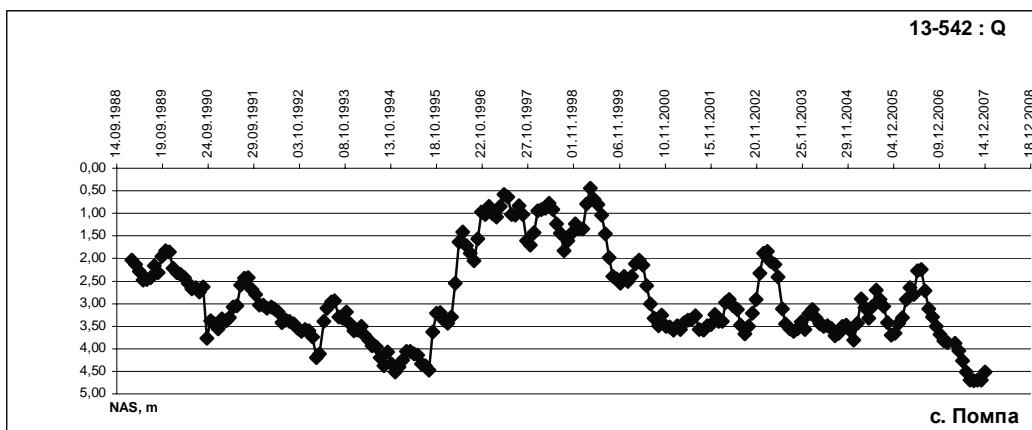


Рис. 3. Вариации уровня грунтовых вод в с. Помпа, Фалештского района.

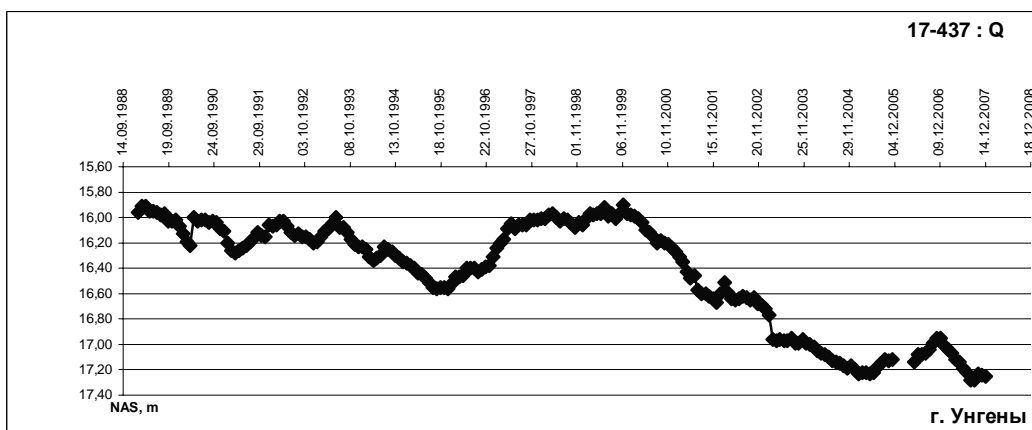


Рис. 4. Вариации уровня грунтовых вод в г. Унгены.

2. Водоносный комплекс понтических отложений (N_{2p}) развит на юге Молдовы. Водовмещающими отложениями являются пески и известняки, переслаивающиеся с глинами. Подземные воды понтических отложений в зависимости от условий их залегания бывают напорные и безнапорные. Пример вариации уровня воды понтического водоносного комплекса приведен на рис. 5.

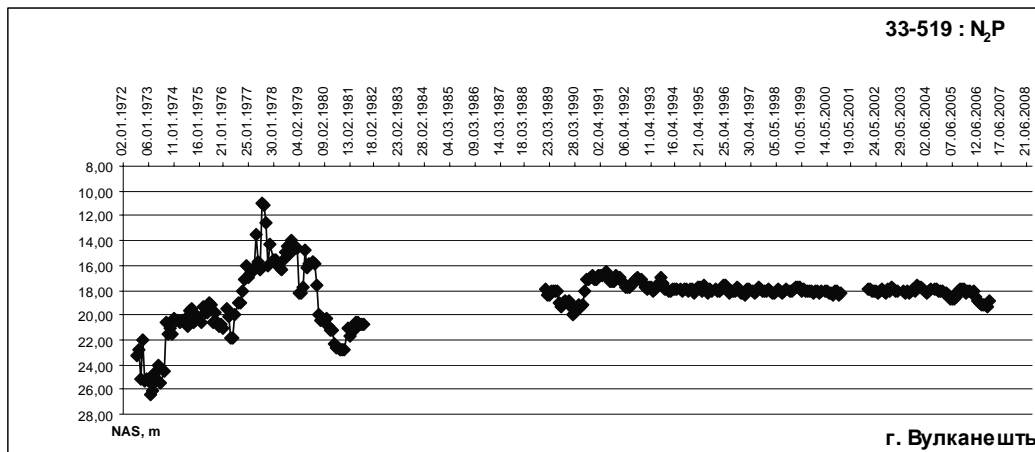


Рис. 5. Вариации уровня воды понтического водоносного горизонта в г. Вулканешты.

3. Водоносный комплекс мэотических отложений (N_{1m}) распространен на крайнем юге Молдовы. Он содержит подземные воды в маломощных прослойках песков, гравийно-галечниковых отложений и конгломератов, залегающих в глинистой толще. Водоносные горизонты мэотиса дренируются местной гидрографической сетью. Режим уровня воды показан на рис. 6.

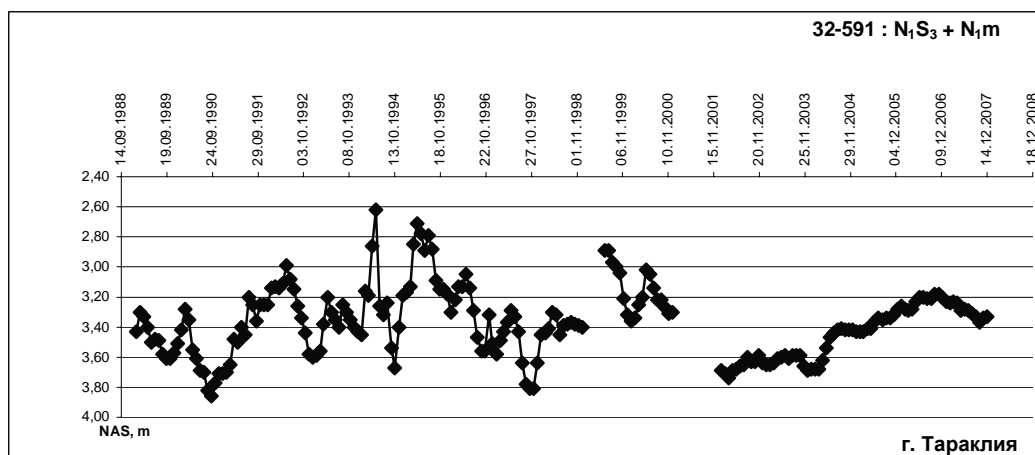


Рис. 6. Вариации уровня воды мэотического водоносного горизонта в г. Тараклия.

4. Водоносный комплекс верхнесарматских отложений (N_{1S_3}) распространен на юге Молдовы. Подземные воды залегают в песках, песчаниках и известняках, переслаивающихся с глинами, и имеют характерный режим уровня воды (рис. 7).

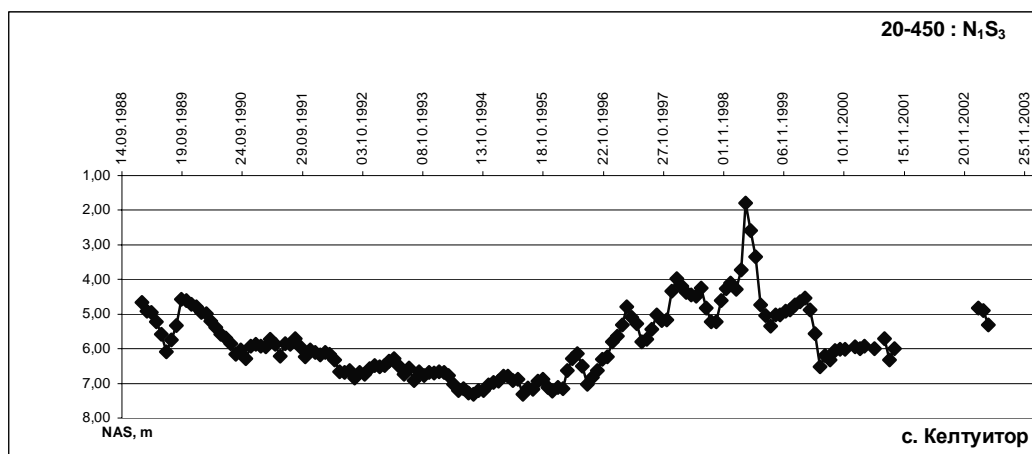


Рис. 7. Вариации уровня воды вернесарматского водоносного горизонта в с. Келтуиторь, муниципии Кишинэу.

5. Водоносный комплекс среднесарматских отложений (N₁S₂) широко развит на всей территории Молдовы. Отложения обнажаются в северной и центральной части республики, а к югу погружаются под отложения верхнего сармата и залегают на глубине до 200 – 300 м. Подземные воды приурочены к известнякам, пескам и мергелям. Глины образуют пространственно невыдержанные водоупоры. Водоносные горизонты напорные или безнапорные, в случаях обнаженности водопроницаемых пластов. Пример режима уровня воды – см. рис. 8.

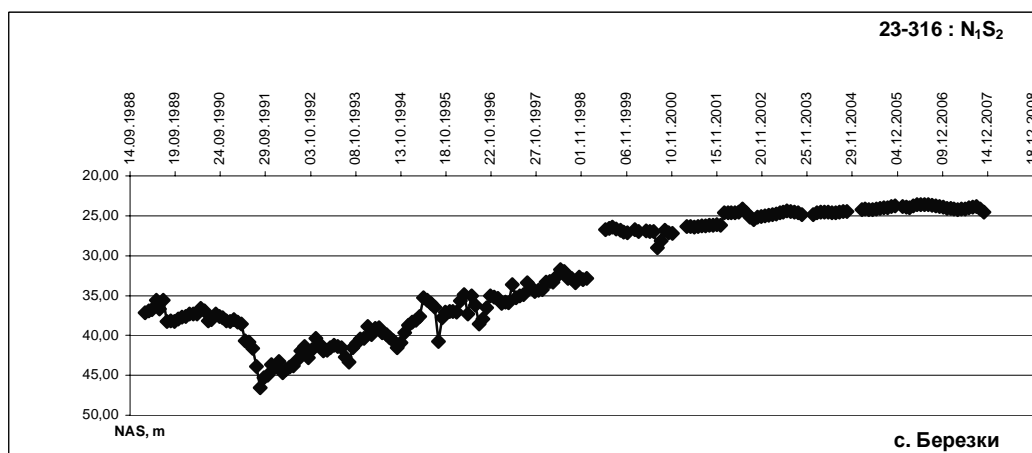


Рис. 8. Вариации уровня воды среднесарматского водоносного горизонта в с. Березки, Новоаненского района.

6. Водоносные горизонты нерасчлененной толщи средне-нижнесарматских отложений (N₁S₁₊₂). Отложения обладают общими чертами характерными как для среднего, так и для нижнего сармата (затруднена четкая идентификация). Это достаточно распространенный случай. Водовмещающими породами являются известняки, мергели, пески. Воды как напорные, так и безнапорные. Пример изменения уровня подземных вод приведен на рис. 9.

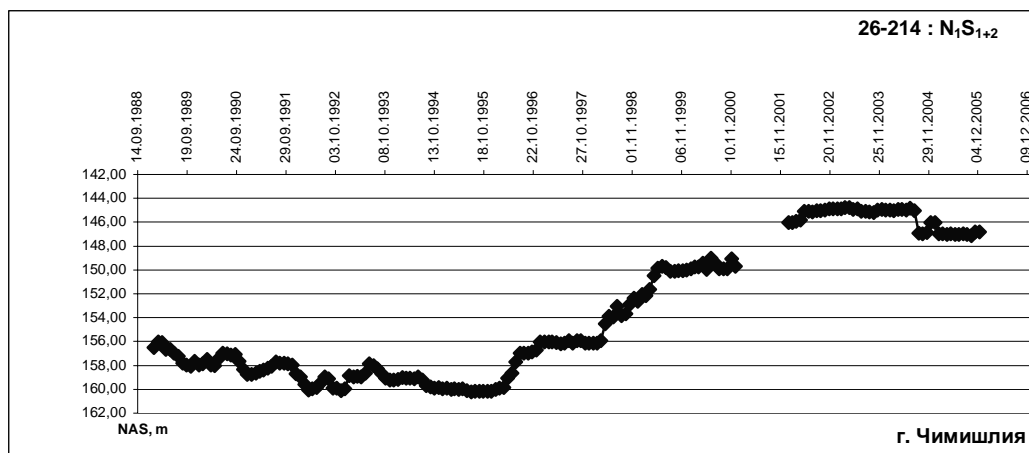


Рис. 9. Вариации уровня воды средне-нижнесариатского водоносного комплекса в г. Чимишлия.

7. Водоносный комплекс нижнесарматских отложений (N_1S_1) в Молдавии распространен почти повсеместно, за исключением погруженного склона Добруджи и некоторых участков Преддобруджского прогиба. На севере, примерно, до широты г. Бельцы, нижнесарматские отложения выходят на дневную поверхность и содержат безнапорные и напорные воды, а к югу погружаются под более молодые образования на глубину до 250 – 350 м и содержат только напорные воды. Водовмещающими породами являются мергели и известняки, а также пески и песчаники, разделенные на некоторых участках глинами.

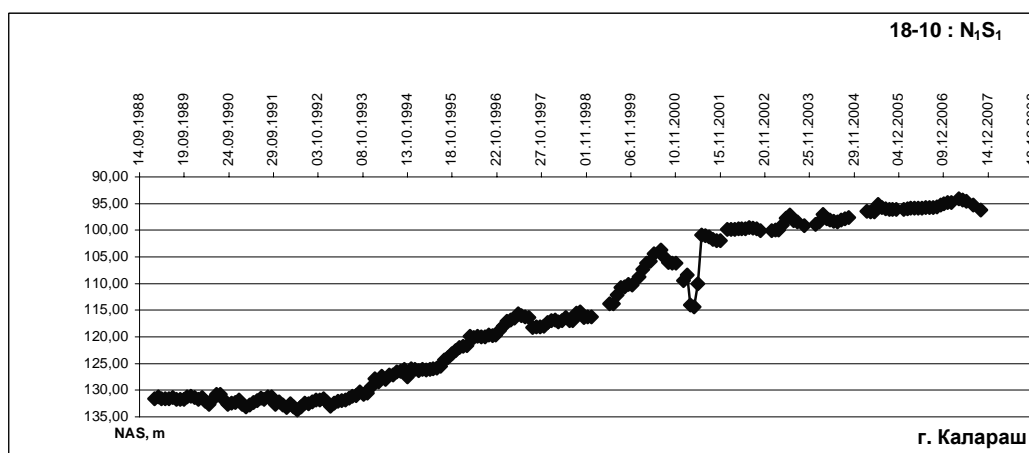


Рис. 10. Вариации уровня воды нижнесарматского водоносного горизонта в г. Калараш

8. Водоносный комплекс меловых отложений. Отложения мелового возраста широко развиты в пределах Молдовы. Подземные воды в них приурочены к трещиноватым песчаникам и пескам. В Сорокском районе они дренируются долиной Днестра, где наблюдаются родники, приуроченные к меловым породам. К югу, в соответствии с общим погружением геологической структуры, глубина

залегания водоносного комплекса увеличивается до 400 – 500 м (в пределах Преддобруджского прогиба).

Во всех представленных мониторинговых скважинах УПВ определяется на разных глубинах, однако он достаточно удален от поверхности земли. Во всех скважинах в разной степени наблюдается тенденция постепенного повышения уровня воды. Характерным примером может служить скважина в с. Калинешты (рис. 11).

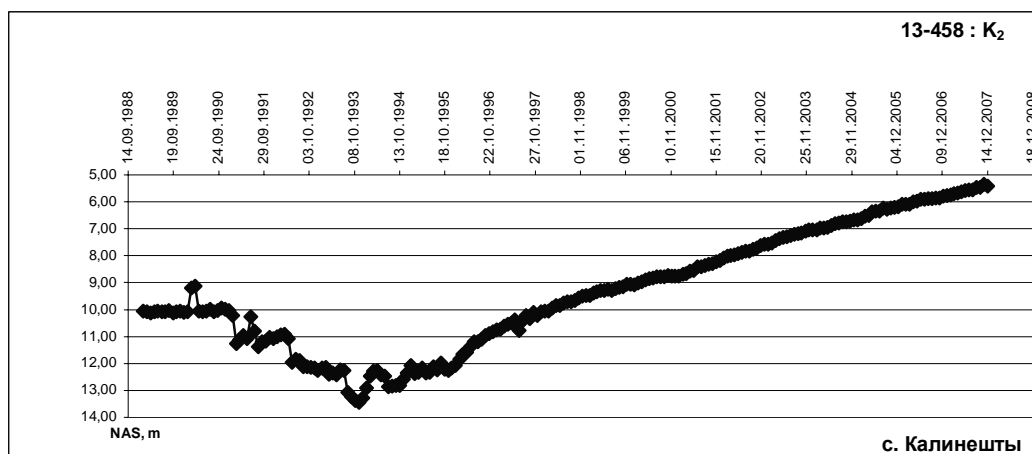


Рис. 11. Вариации уровня воды мелового водоносного комплекса в с. Калинешты, Фалештского района.

9. Водоносный комплекс силурийских отложений в пределах северной и центральной части Молдовы представлен известняками, мергелями и доломитами. В Унгенском районе глубина залегания водовмещающих толщ силура составляет 250 – 300 м. К юго-востоку глубина погружения комплекса возрастает.

В северо-западной части Преддобруджского прогиба (с. Вишневка, Еникиой, Ферапонтьевка) силурийские породы залегают на глубинах 1000 – 1400 м. Подземные воды в них приурочены к аргиллитам, алевролитам, доломитам и известнякам. Воды здесь напорные. Режим уровня воды показан на рис. 12.

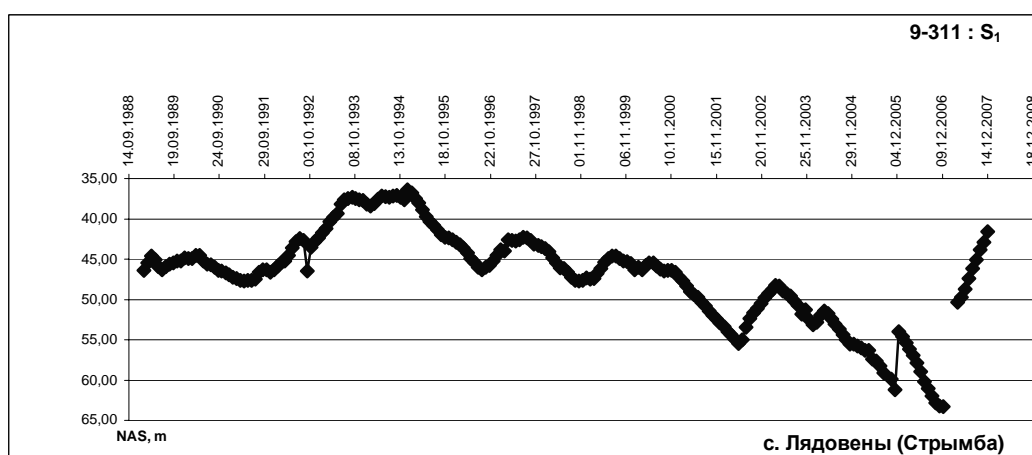


Рис. 12. Вариации уровня воды силурийского водоносного комплекса в с. Лядовены, Рышкского района.

10. Верхнепротерозойский водоносный комплекс (рифейский водоносный горизонт) близко к поверхности подходит только на самом северо-западе республики. Водовмещающими породами являются конгломераты, гравелиты, алевролиты, аргиллиты. Горизонт практически не используется и мало изучен, в связи с малым распространением на территории республики. В мониторинге представлен одной скважиной (рис. 13).

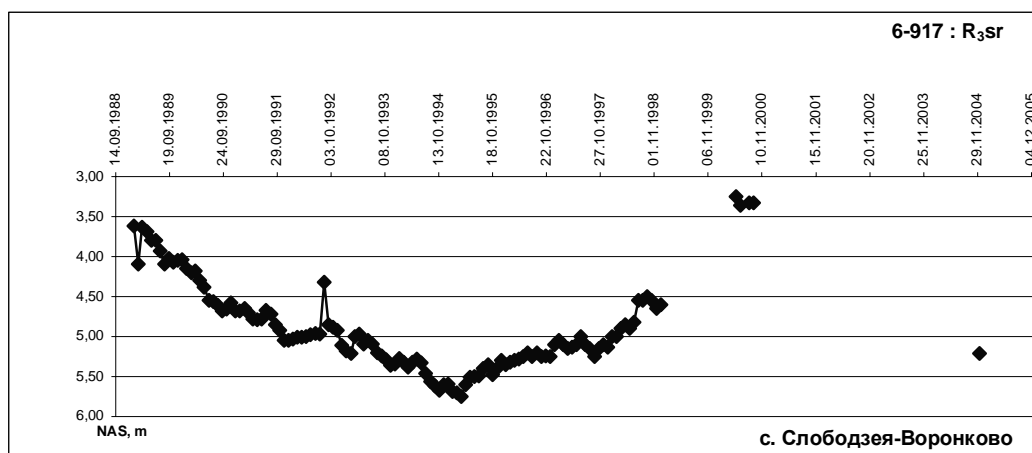


Рис. 13. Вариации уровня воды верхнепротерозойского водоносного комплекса в с. Слободзея-Воронково, Сорокского района

Данная скважина не является показательной, т.к. начиная с 1999, наблюдения на ней практически не проводились, и по этой причине не удалось выстроить достаточно информативный график.

Работая с информацией, полученной по мониторингу уровня подземных вод в республике Молдова, необходимо отметить, что внутри сроков наблюдений по некоторым скважинам имеются перерывы. Существенные затруднения при анализе данных обусловлены также недостаточной надежностью замеров и отсутствием постоянного контроля за состоянием скважин, как приемников происходящих в пласте измерений.

Существуют три типа наиболее распространенных ошибок, влияющих на конечный результат интерпретации данных наблюдений за режимом подземных вод на мониторинговых скважинах:

- 1) ошибки при проведении замеров уровня подземных вод (рис. 14);
- 2) механические ошибки при переносе данных на носители информации (рис. 15);
- 3) отсутствие данных, вызванное значительными перерывами в наблюдениях из-за состояния скважины или по другим причинам (рис. 16).

Кроме того, рассмотрение связи режима подземных вод с определяющими его факторами затруднено отсутствием на территории республики водобалансовых станций.

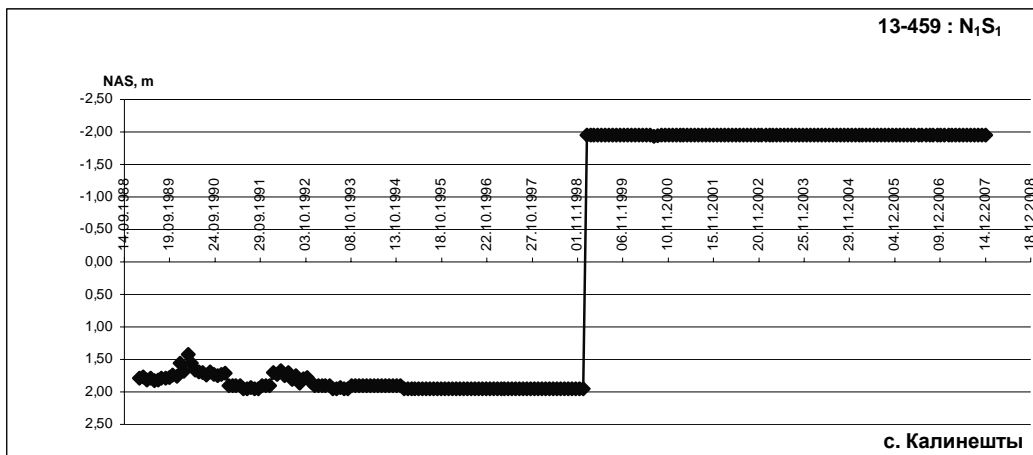


Рис. 14. Ошибочные вариации уровня воды нижнесарматского водоносного горизонта в с. Калинешты, Фалештского района

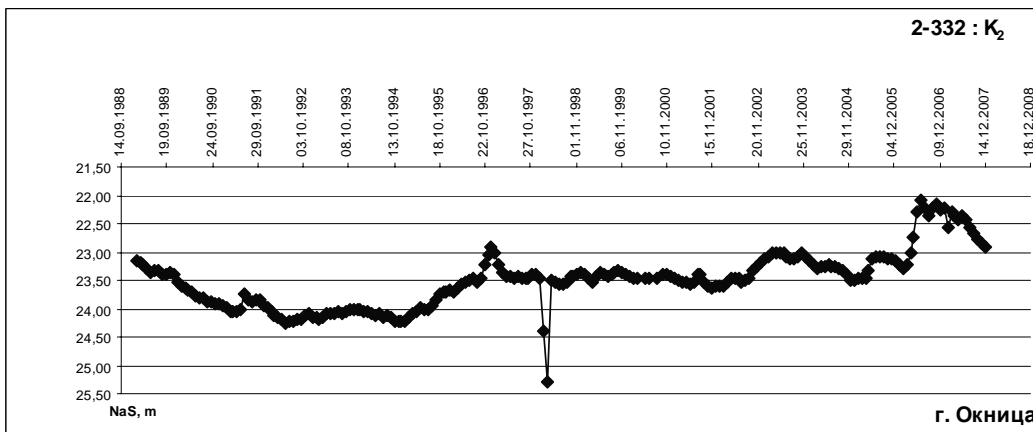


Рис. 15. Ошибочные вариации уровня воды мелового водоносного комплекса в г. Окница

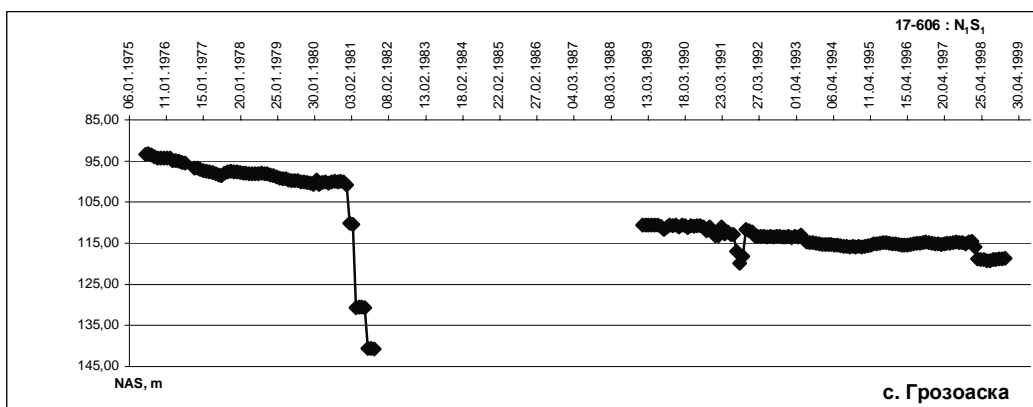


Рис. 16. Ошибочные вариации уровня воды нижнесарматского водоносного горизонта в с. Грозоваска, Унгенского района

Выводы и рекомендации

Рассматривая в целом результаты предварительной интерпретации мониторинговых данных, можно отметить следующее и главное:

- Для безнапорных, близко залегающих к поверхности водоносных горизонтов, видна тенденция связи уровня воды с внешними природными факторами, сезонными годовыми колебаниями. Четкая зависимость уровней грунтовых вод от водозабора для этих водоносных горизонтов не выявлена.
- Для глубоко залегающих водоносных горизонтов повсеместно наблюдается повышение уровня подземных вод, и чем глубже залегает горизонт, тем более это очевидно, так как практически исключается внешнее воздействие природных факторов. Последнее обусловлено общим затуханием хозяйственной деятельности человека в республике за последние годы, отсутствием централизованных мелиоративных мероприятий, остановкой работы некоторых предприятий и в целом существенным снижением водозабора подземных вод в региональном плане.
- Необходимы специальные работы по проверке скважин в качестве режимных по системе: водоносный горизонт – пьезометр. Это позволит определить качество исходной информации.
- Приведенную информацию о режиме подземных вод Молдовы следует считать констатирующей. В дальнейшем все поступающие данные о режиме подземных вод необходимо подвергать обработке методами геостатистики и теории временных рядов.

Литература

1. Бюллетень сейсмопрогностических наблюдений западной зоны СССР (квартальный) № 1/88, 2/88, 3/88, 4/88, 1/89, 2/89, 3/89, 4/89, 1/90, 2/90 – АН МССР, Институт геофизики и геологии, Молдавская опытно-методическая партия – Кишинев, 1988-1990.
2. Зеленин И.В. и др. Анализ существующей сети скважин по наблюдению за режимом подземных вод Молдавии и разработка мероприятий по её реконструкции.- Отчет, Фонды ИГС АНМ, Кишинев, 1984, 45 с.
3. Зеленин И.В. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1984, 153 с.
4. Зеленин И.В. и др. Изучить режим подземных вод Молдавии. – Отчет, Фонды ИГС АНМ, Кишинев, 1985, 273 с.
5. Изучение режима и элементов баланса подземных вод, государственный учет и введение ГВК на территории республики Молдова. – Отчеты 1988 - 2007 г. - Фонды АГеоМ, Кишинев.
6. Морару К.Е. Гидрогеохимия подземных вод зоны активного водообмена крайнего юго-запада Восточно-Европейской платформы. – Кишинев: «Elena V.I.», 2009, 288 с.
7. Щербакова В.Н. и др. Изучение режима и элементов баланса подземных вод, государственный учет и введение ГВК на территории республики Молдова. – Отчет. - Фонды АГеоМ, Кишинев, 2008.
8. Moraru Constantin, Anderson Jerry A Comparative Assessment of the Ground Water Quality of the Republic of Moldova and the Memphis, TN Area of the United States of America. – Ch: “Elena V.I.”, 2005, 188 p.

Дата поступления в редакцию – 14 декабря 2011

УДК 550.423:546.23:550.47(478.9)

Капитальчук И.П. *, Капитальчук М.В. *, Измайлова Д.Н., Богдевич О.П.

Биогенные микроэлементы в почвах и растениях долины Днестра

Abstract

The results of analysis of sample of soils and plants of sunflower, collected in the valley of the river Dniester, are presented in the article. Quantitative correlations and intercommunication of microelements of Se, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, are set in soils and plants, and also in the system "soil - plant".

Correlation of microelements in relation to Fe in soils it is possible to present as a next sequence: $1,0 (Fe) > 2,7 \cdot 10^{-2} (Mn) > 2,3 \cdot 10^{-3} (Zn) > 1,4 \cdot 10^{-3} (Cu) > 2,0 \cdot 10^{-5} (Cd) > 8,4 \cdot 10^{-6} (Se)$. In the plants of sunflower the sequence of elements remains the same, however their quantitative correlation changes: $1,0 (Fe) > 0,4 (Mn) > 0,1 (Zn) > 0,1 (Cu) > 3,6 \cdot 10^{-3} (Cd) > 2,4 \cdot 10^{-4} (Se)$.

Intensity of accumulation of microelement plants characterizes the coefficient of biological accumulation, which is equal to the relation of amount of element in a plant to his maintenance in soil. It is set that in the plants of sunflower is accumulated on the average Fe - 1 %, Mn - 15 %, Se - 37 %, Zn - 55 %, Cu - 101 %, Cd - 210 % general maintenance of these elements in soil.

In the article the charts of cross-correlation intercommunications of microelements are presented in soils, plants and system "soil-plant". The meaningful cross-correlation of concentration is educed statistically in soils of Se and Zn, and also for Fe with Mn and Zn. The most close intercommunication is traced between an amount in soils of Fe and Mn.

Between in size maintenances of different microelements in plants correlation mainly is not observed. However for a concentration meaningful positive cross-correlation dependence is set in the plants of Fe and Mn statistically.

As a result of cross-correlation analysis of concentration of microelements in the system "soil-plant" separate intercommunications are educed between microelements in this system. A display statistically of meaningful cross-correlation is set between maintenance of Mn in soil and in size his accumulations by the plants of sunflower. In addition, an increase in soil of Cu is accompanied by the height of accumulation by the plants of Zn, and growth in soil of Cd results in an increase in the plants of Cu. A tendency to antagonism is observed for Cd on the relation of accumulation by plants Se.

Negative correlation of necessary for plants microelements of Fe and Cu is educed with their coefficients of biological accumulation. It means that at diminishing of maintenance of Fe and Cu in soil, plants accumulate them more intensively, to provide a physiological optimum. At statistically meaningful level negative cross-correlation dependence of coefficient of biological accumulation of Cd and Se shows up also on their amount in soil, although these elements are not necessary for plants.

Antagonistic attitude toward the coefficient of biological accumulation of Se is shown by Zn and Cd. An increase in soil of Zn and Se can stipulate some diminishing of coefficient of biological accumulation for iron. At the same time growth in soil of maintenance of iron can be accompanied by diminishing of size of coefficient of biological accumulation of Cu. For Mn and Cu in soil, vice versa a loosely-coupled positive cross-correlation interface is marked with the coefficients of biological accumulation of Cd and Zn accordingly.

* ПГУ им. Т.Г. Шевченко

Rezumat

Pe baza analizei eșantioanelor de sol și plante de floarea-soarelui, colectate în valea râului Nistru, au fost determinate coraporturile și corelațiile microelementelor de Se, Fe, Mn, Zn, Cu și Cd din soluri și plante, precum și din sistemul „sol – plantă”.

Raportul de microelemente față de Fe în soluri se poate reprezenta sub formă de următoarea succesiune: $1,0 (Fe) > 2,7 \cdot 10^{-2} (Mn) > 2,3 \cdot 10^{-3} (Zn) > 1,4 \cdot 10^{-3} (Cu) > 2,0 \cdot 10^{-5} (Cd) > 8,4 \cdot 10^{-6} (Se)$. la plantele de floarea-soarelui ordinea elementelor rămâne aceeași, cu toate acestea proporția lor se schimbă: $1,0 (Fe) > 0,4 (Mn) > 0,1 (Zn) > 0,1 (Cu) > 3,6 \cdot 10^{-3} (Cd) > 2,4 \cdot 10^{-4} (Se)$.

Intensitatea acumulării microelementului în plante caracterizează coeficientul de acumulare biologică (CAB), care este egal cu cantitatea relativă a elementului din plantă și conținutul său în sol. S-a stabilit, că în partea subterană a florii-soarelui în mediu se acumulează: Fe – 1%, Mn – 15%, Se – 37%, Zn – 55%, Cu – 101%, Cd – 210% din conținutul general al acestor elemente în sol.

În lucrare sunt prezentate schemele corelării interacțiunii microelementelor din sol, plante și sistemul „sol – plantă”. A fost elaborată corelația statistică pozitivă în soluri pentru elementele Se cu Zn, precum și pentru Fe cu Mn și Zn. Astfel, cea mai strânsă legătură se observă între cantitatea Fe și Mn din sol.

Între măsura acumulării diferitor microelemente în plante corelația lipsește, cu excepția Fe și Mn, pentru care a fost stabilită dependența corelativă statistică pozitivă.

Impactul conținutului total de microelemente studiate din sol asupra mărimii acumulării lor de către plantele de floarea-soarelui în general este statistic nesemnificativ. Manifestarea interacțiunii corelative statistic pozitive a fost determinată între Mn din sol și mărirea acumulării lui în plante. În afară de aceasta, creșterea Cu din sol este însoțită de acumularea Zn în plante, iar creșterea Cd din sol duce la creșterea Cu din plante. Tendința la antagonism se urmărește și pentru Cd relativ cu acumularea Se de către plante.

A fost determinată corelarea negativă a microelementelor necesare pentru plante Cu și Fe cu coeficienții lor de acumulare biologică. La nivelul statistic semnificativ se manifestă de asemenea o dependență corelativă negativă a CAB al Cd și Se de cantitatea lor în sol, cu toate că aceste elemente nu sunt necesare pentru plante.

Relația antagonistică la coeficientul de acumulare biologică al Se manifestă Zn și puțin mai slab Cd. creșterea Zn și a Se în sol poate condiționa o oarecare micșorare a CAB al Fe. În același timp, creșterea conținutului de Fe în sol poate fi însoțită de micșorarea valorii CAB al Cu. Pentru Mn și Cu invers, se observă o slabă legătură corelativă pozitivă cu CAB al Cd și Zn corespunzător.

Резюме

На основе анализа образцов почв и растений подсолнечника, собранных в долине реки Днестр установлены соотношения и взаимосвязь микроэлементов Se, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd в почвах и растениях, а также в системе «почва – растение».

Соотношение микроэлементов относительно Fe в почвах можно представить в виде следующей последовательности: $1,0 (Fe) > 2,7 \cdot 10^{-2} (Mn) > 2,3 \cdot 10^{-3} (Zn) > 1,4 \cdot 10^{-3} (Cu) > 2,0 \cdot 10^{-5} (Cd) > 8,4 \cdot 10^{-6} (Se)$. В растениях подсолнечника последовательность элементов остается такой же, однако их количественное соотношение изменяется: $1,0 (Fe) > 0,4 (Mn) > 0,1 (Zn) > 0,1 (Cu) > 3,6 \cdot 10^{-3} (Cd) > 2,4 \cdot 10^{-4} (Se)$.

Интенсивность аккумуляции микроэлемента растениями характеризует коэффициент биологического накопления (КБН), который равен отношению количества элемента в растении к его содержанию в почве. Установлено, что в надземной части подсолнечника в среднем аккумулируется Fe – 1%, Mn – 15%, Se – 37%, Zn – 55%, Cu – 101%, Cd – 210% от общего содержания этих элементов в почве.

В статье представлены схемы корреляционных взаимосвязей микроэлементов в почвах, растениях и системе «почва–растение». Выявлена статистически значимая

положительная корреляция в почвах для Se с Zn, а также для Fe с Mn и Zn. При этом наиболее тесная взаимосвязь прослеживается между количеством в почвах Fe и Mn.

Между величиной аккумуляции разных микроэлементов растениями корреляция отсутствует, за исключением Fe и Mn, для которых установлена статистически значимая положительная корреляционная зависимость.

Влияние валового содержания в почвах рассмотренных микроэлементов на величину их накопления растениями подсолнечника в основном статистически незначимо. Проявление статистически значимой положительной корреляционной взаимосвязи установлено между содержанием Mn в почве и величиной его накопления растениями. Кроме того, увеличение в почве Cu сопровождается ростом аккумуляции растениями Zn, а возрастание в почве Cd приводит к увеличению в растениях Cu. Тенденция к антагонизму наблюдается для Cd по отношению аккумуляции растениями Se.

Выявлена отрицательная корреляция необходимых для растений микроэлементов Fe и Cu с их коэффициентами биологического накопления. На статистически значимом уровне проявляется также отрицательная корреляционная зависимость КБН Cd и Se от их количества в почве, хотя эти элементы не являются необходимыми для растений.

Антагонистическое отношение к коэффициенту биологического накопления Se проявляет Zn и несколько слабее Cd. Увеличение в почве Zn и Se может обуславливать некоторое уменьшение КБН Fe. В то же время возрастание в почве содержания Fe может сопровождаться уменьшением величины КБН Cu. Для Mn и Cu в почве, наоборот, отмечается слабая положительная корреляционная связь с КБН Cd и Zn соответственно.

Введение

Рассматриваемые в данной работе микроэлементы Se, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, мигрируя в экосистемах, могут непосредственно влиять на метаболические функции растений, животных и человека [1–6]. Все они относятся к группе элементов со средней токсичностью [1]. Вместе с тем их недостаток в экосистемах также может вызывать различные патологии у растений, животных и человека.

Вследствие важной биологической роли этих элементов в 70–80-е годы прошлого века изучению биогеохимии микроэлементов в Молдове уделялось большое внимание. Об этом свидетельствуют, например, монографии [2–3]. В монографии В.П. Кирилюка [4], вышедшей в свет в 2006 году, также обобщены данные по биогеохимии микроэлементов, полученные в основном более 20 лет тому назад в период интенсивной химизации сельского хозяйства [7].

За последние два десятилетия геохимическая обстановка на территории Молдовы коренным образом изменилась. Резкое сокращение использования минеральных и органических удобрений, а также химических средств защиты растений в сельскохозяйственном производстве привело к трансформации баланса и круговорота в экосистемах многих химических веществ. Проблема загрязнения окружающей среды в Молдове, вызванная химизацией сельского хозяйства, сменилась к концу XX века угрозой истощения почв, вследствие безвозвратного изъятия из них основных питательных элементов [7–8].

В создавшихся геохимических условиях необходимо контролировать в почвах не только содержание основных питательных веществ для растений, но также количество содержащихся в них биогенных микроэлементов, избыток или недостаток которых в растительной пище может вызывать патологии у человека и животных. Именно с этой целью нами были проведены представленные здесь

исследования в долине реки Днестр по определению содержания микроэлементов Se, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd в почвах и накоплению их в растениях.

Следует отметить, что селен в долине Днестра, в отличие от других рассматриваемых элементов, до недавнего времени был практически не изучен. Его системное изучение на этой территории было осуществлено только в последние годы [5, 9]. Современное содержание кадмия и железа в природных компонентах долины Днестра изложены в работах [6, 10]. Целью настоящего исследования является установление соотношения и взаимосвязи микроэлементов Se, Fe, Mn, Zn, Cu, Cd в почвах, растениях, а также в системе «почва – растение».

Материалы и методы

Для изучения содержания микроэлементов в долине Днестра на участке от с. Косоуцы на севере до с. Незавертайловка на юге нами были взяты почвенные образцы в слое 0–40 см для крупных ареалов распространения типов и подтипов почв. При этом для лабораторного анализа составлялась усредненная проба из 10 образцов, взятых в пределах отдельного почвенного ареала. В местах взятия почвенных образцов отбирались также растения подсолнечника. Всего таким способом были взяты образцы в двенадцати почвенных ареалах.

Содержание микроэлементов в полученных образцах определялось атомно-абсорбционным способом с использованием спектрофотометра Aanalyst800 фирмы Perkin Elmer в лаборатории геохимии Института геологии и сейсмологии АНМ. Более подробно методика отбора образцов и лабораторного анализа освещена в работе [6].

Статистическая обработка полученных данных и корреляционный анализ проводился с применением обычных методов математической статистики [11].

Результаты и обсуждение

Общеизвестно, что нормальное функционирование растительного организма осуществляется при строго определенном соотношении ионов во внешней среде. Если увеличение количества элемента, находящегося в недостаточной концентрации, способствует поглощению других элементов, проявляется синергизм. В то же время избыток какого-либо элемента приводит к антагонизму, проявляющемуся в ограничении поступления других элементов питания. Кроме того, элементы могут взаимодействовать друг с другом и в растительных клетках. Взаимодействие это может быть антагонистическим или синергическим, и его несбалансированные реакции могут служить причиной химических стрессов у растений. Наибольшее число антагонистических реакций наблюдалось для Fe, Mn, Cu, Zn, которые, считаются ключевыми в физиологических процессах у растений. В антагонистических отношениях к ним оказываются Cr, Mo, Se. Синергическое взаимодействие между тяжелыми металлами обычно не наблюдается. В некоторых экспериментах проявлялся синергизм Cd с Pb, Fe, Ni [1, 4].

Данные по содержанию рассматриваемых микроэлементов в почвах и растениях подсолнечника в долине реки Днестр представлены в таб. 1. Кроме того, в этой таблице для каждого микроэлемента приведено значение коэффициента его биологического накопления (КБН), определяемого как отношение количества элемента в растении к его валовому содержанию в почве.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в почвах и растениях подсолнечника

Элемент	Содержание элемента, мг/кг				КБН	
	Почва		Растения		Диапазон значений	Среднее± ср. кв. откл.
	Диапазон значений	Среднее± ср. кв. откл.	Диапазон значений	Среднее± ср. кв. откл.		
Fe	12300-37700	24900±6000	177,4-386,2	272,6±77,4	0,007-0,19	0,01±0,004
Mn	445,6-1459,6	673,6±198,7	48,0-214,5	103,9±56,2	0,08-0,36	0,15±0,08
Zn	34,0-74,0	57,1±13,2	13,5-63,0	30,1±15,3	0,29-1,21	0,55±0,29
Cu	12,8-73,0	31,6±15,0	17,6-55,6	27,7±10,9	0,28-2,54	1,01±0,64
Cd	0,42-0,50	0,47±0,2	0,8-1,2	1,0±0,1	1,70-2,60	2,1±0,3
Se	0,095-0,345	0,209±0,080	0,028-0,097	0,065±0,026	0,12-1,04	0,37±0,28

Прим. ср. кв. откл – среднеквадратичное отклонение.

По величине абсолютного содержания в почвах рассматриваемые нами микроэлементы располагаются в следующем порядке: Fe > Mn > Zn > Cu > Cd > Se. Если этот ряд пронормировать относительно средней концентрации железа, то соотношение микроэлементов в почвах долины Днестра можно представить в виде следующих относительных коэффициентов: 1,0 (Fe) > 2,7 · 10⁻²(Mn) > 2,3 · 10⁻³(Zn) > 1,4 · 10⁻³(Cu) > 2,0 · 10⁻⁵(Cd) > 8,4 · 10⁻⁶(Se).

Количество железа в почве, как и других химических элементов, определяется составом материнских пород и характером почвенных процессов. При этом даже на бедных железом почвах не отмечается его абсолютного дефицита для растений. Обычно фиксируется лишь недостаток легкорастворимых форм железа [12]. Из анализа таблицы 1 следует, что на рассматриваемой территории содержание железа в почвенном слое 0-40 см. изменяется в диапазоне от 12,3 до 37,7 г/кг при среднем значении 23,6 г/кг. В генетическом ряду почв долины Днестра наблюдается тенденция к уменьшению валовых форм железа по мере усиления аридности климатических условий почвообразования.

Марганец не считается загрязняющим почвы металлом [1]. По среднему содержанию в земной коре этот элемент превосходит все тяжелые металлы, уступая только железу. Его содержание в почвообразующих породах Молдовы изменяется в пределах от 180 до 900 мг/кг, при среднем значении 610 мг/кг. Валовое количество марганца в почвах республики, как правило, превышает его среднее содержание в почвообразующих породах, а растворимые формы этого элемента составляют от десятых долей до двух-трех процентов его общего содержания в почве [3].

Количество марганца в почвенных образцах варьирует в широком диапазоне от 445,59 мг/кг в образце чернозема карбонатного, взятого в окрестностях с. Н. Андрияшевка, до 1459,62 мг/кг в серой лесной почве у села Н. Кугурешты. Несмотря на это, его среднее количество в различных подтипах черноземов находится в довольно узком интервале значений 589 – 672 мг/кг.

Содержание цинка в почвообразующих породах долины Днестра составляет преимущественно 30–40 мг/кг, за исключением южной части, где концентрация микроэлемента в почвообразующих породах террас Днестра может достигать 50 мг/кг и более. [13]. По данным работы [3], содержание цинка в почвах Молдовы колеблется от 10 до 166 мг/кг, при среднем его значении 71 мг/кг. Это в среднем выше, чем в почвах долины Днестра (см. таб.1). Более высокое содержание цинка в почвах по сравнению с почвообразующими породами объясняется, прежде всего, тем, что образующийся в процессе выветривания подвижный ион цинка легко адсорбируется как минералами, так и органическими компонентами. Поэтому в

большинстве типов почв наблюдается его накопление в поверхностных горизонтах. Кроме того, атмосферное поступление этого металла превышает его вынос за счет выщелачивания и образования биомассы [14].

По своим свойствам кадмий очень сходен с цинком, является его постоянным спутником в природных соединениях, однако, если Zn – жизненно необходимый элемент и только в сравнительно больших концентрациях обладает токсичностью, то Cd – примесный токсичный элемент.

Содержание кадмия в почвообразующих породах составляет [1]: 0,02 мг/кг в элювии третичных песков, 0,04 мг/кг в известняках и 0,3 мг/кг в коренных третичных глинах. В то время как среднее содержание кадмия в почвах Молдовы достигает 0,5 мг/кг, варьируя в пределах от 0,2 до 0,84 мг/кг [3]. Как следует из данных таблицы 1, диапазон колебаний концентрации кадмия в почвах долины Днестра заключен в интервале значений 0,42-0,50 мг/кг. Среднее содержание микроэлемента в почвах исследуемого района составило $0,47 \pm 0,02$ мг/кг, что близко к среднему значению для Молдовы [3]. Наблюдается однородный фон пространственного распределения кадмия на всем протяжении рассматриваемого участка долины Днестра.

В почвообразующих породах Молдовы содержится от 2 до 34 мг/кг меди, при среднем значении 22 мг/кг, в то время как среднее содержание меди для незагрязненных почв на территории Молдовы составляет 32 мг/кг, а пределы колебаний заключены в интервале 2 – 400 мг/кг [3]. На рассматриваемом участке долины Днестра в почвенных образцах валовое количество меди изменяется от 12,8 до 73,0 мг/кг при среднем содержании микроэлемента $31,6 \pm 15,0$ мг/кг, что практически равно среднему содержанию меди в почвах Молдовы.

В целом для почв юго-западной окраины Вольно-Подольской возвышенности (без учета пойменных почв) среднее содержание селена составляет 347 ± 85 мкг/кг. В почвах Южноприднестровской степной равнины в среднем содержание селена меньше и составляет 222 ± 65 мкг/кг [5]. В рассматриваемой выборке среднее содержание селена оказалось несколько меньше и составило 209 ± 80 мкг/кг.

Для анализа взаимосвязи между рассматриваемыми элементами в почве мы рассчитали соответствующие парные коэффициенты корреляции, а полученные результаты представили в виде схемы, изображенной на рис.1. Как следует из этой диаграммы, в большинстве случаев в почвах изучаемой территории взаимосвязь между валовым содержанием микроэлементов очень слабая. Но в трех случаях проявляется статистически значимая (на 5%-ном уровне) положительная корреляция. В частности, с возрастанием в почве количества Se растет содержание Zn. Коэффициент корреляции для этой пары элементов составляет 0,57. Возрастание железа в почве сопровождается увеличением Mn и Zn. При этом наиболее тесная взаимосвязь прослеживается между содержанием в почвах Fe и Mn, для которых коэффициент корреляции достигает 0,79, в то время как для Fe и Zn он равен всего 0,59.

В остальных случаях между элементами в почве наблюдается в основном слабая положительная корреляция, отражающая общую тенденцию к увеличению количества элементов с утяжелением гранулометрического состава внутри подтипа почвы, а также с переходом в генетическом ряду черноземов от карбонатного чернозема к обыкновенному, а затем к типичному и выщелоченному. [2, 4]. Наиболее заметная отрицательная корреляция наблюдается для Cd и Mn. Для этой пары микроэлементов коэффициент корреляции составляет -0,47, однако это значение статистически не обеспечено на 5%-ном уровне.

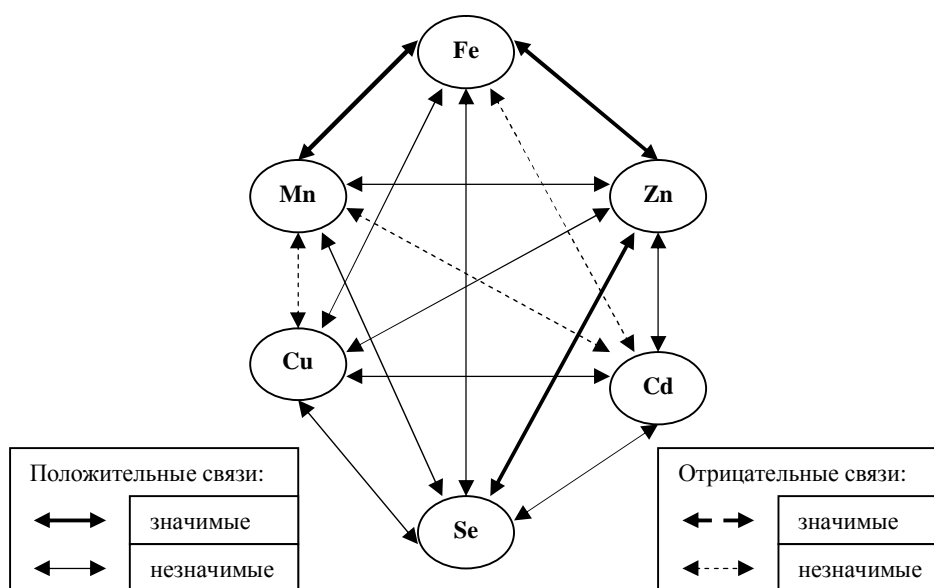


Рис. 1. Взаимосвязь микроэлементов в почве.

В надземной части растений подсолнечника порядок распределения микроэлементов по величине абсолютного содержания в среднем такой же, как в почвах: $Fe > Mn > Zn > Cu > Cd > Se$. Однако, вследствие избирательного накопления микроэлементов растениями, их численное соотношение относительно железа отличается от почв: $1,0 (Fe) > 0,4 (Mn) > 0,1 (Zn) > 0,1 (Cu) > 3,6 \cdot 10^{-3} (Cd) > 2,4 \cdot 10^{-4} (Se)$. Причем, эти отличия составляют несколько порядков.

Средние количественные соотношения Mn, Zn и Cu в растениях подсолнечника оказались однопорядковыми. Особенно близкими по величине абсолютного содержания в надземной части подсолнечника оказались Zn и Cu. В зависимости от конкретных геохимических условий в количественном соотношении эти элементы могут меняться местами.

Величина коэффициента биологического накопления растениями для разных микроэлементов варьирует в широком диапазоне (табл.1). Так, в надземной части подсолнечника в среднем аккумулируется Fe – 1%, Mn – 15%, Se – 37%, Zn – 55%, Cu – 101%, Cd – 210% от общего содержания этих элементов в почве. Таким образом, если исключить вынос микроэлементов с урожаем, то подсолнечник будет способствовать интенсивному накоплению в верхнем слое почвы меди и кадмия.

О взаимосвязи накапливаемых растениями микроэлементов дает представление рис. 2. Данные, представленные на этом рисунке, свидетельствуют о том, что между величиной накопления микроэлементов растениями статистически значимая корреляция отсутствует, за исключением Fe и Mn. Корреляционная зависимость между железом и марганцем оказалась положительной и достаточно тесной (коэффициент корреляции составил 0,74). То есть увеличение железа в растении сопровождается, как правило, возрастанием в нем марганца. И, наоборот, с уменьшением количества железа в подсолнечнике снижается интенсивность накопления в нем марганца. Как было показано выше, такая же взаимосвязь этих микроэлементов проявляется и в почвах.

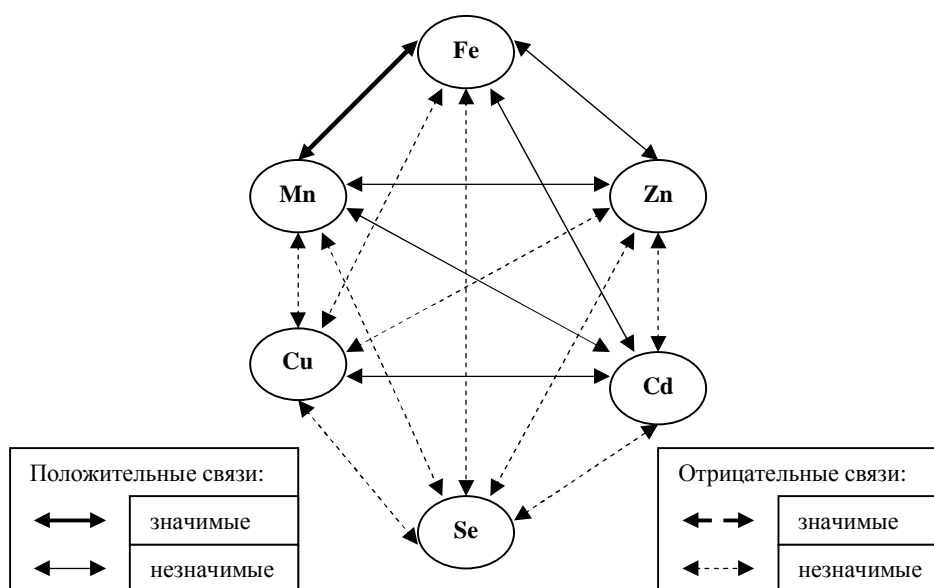


Рис.2. Взаимосвязь микроэлементов в растениях подсолнечника.

Обратим внимание на то, что в отличие от почв в растениях подсолнечника проявляется тенденция к антагонизму у селена по отношению ко всем рассматриваемым металлам, хотя в данном случае отрицательные коэффициенты корреляции для этих элементов статистически незначимы. Слабое проявление антагонистических отношений наблюдается также у меди с железом и цинком.

Таким образом, в растениях подсолнечника между Fe и Mn скорее проявляется синергизм, нежели антагонизм. Только по отношению к Se и Cu наблюдается отрицательная корреляция с другими микроэлементами, хотя и с низкими значениями коэффициентов корреляции.

Наибольший интерес представляет оценка взаимосвязи микроэлементов в биогеохимической цепи «почва–растение», так как она отражает влияние микроэлементов, содержащихся в почве, на аккумуляцию их растениями. Результаты такой оценки представлены на рис. 3. Чтобы излишне не загружать рисунок, мы исключили рассмотрение случаев, где коэффициенты корреляции были близки к нулю. На представленном графе отобразены лишь связи, где коэффициенты корреляции превосходили значение 0,4 по абсолютной величине.

В подавляющем числе случаев взаимосвязи микроэлементов в почве с их содержанием в растении не отмечается. Это еще раз подтверждает известный факт, что валовое содержание микроэлементов в почве, как правило, не коррелирует с количеством их в растениях, так как растения могут усваивать только доступные формы элементов.

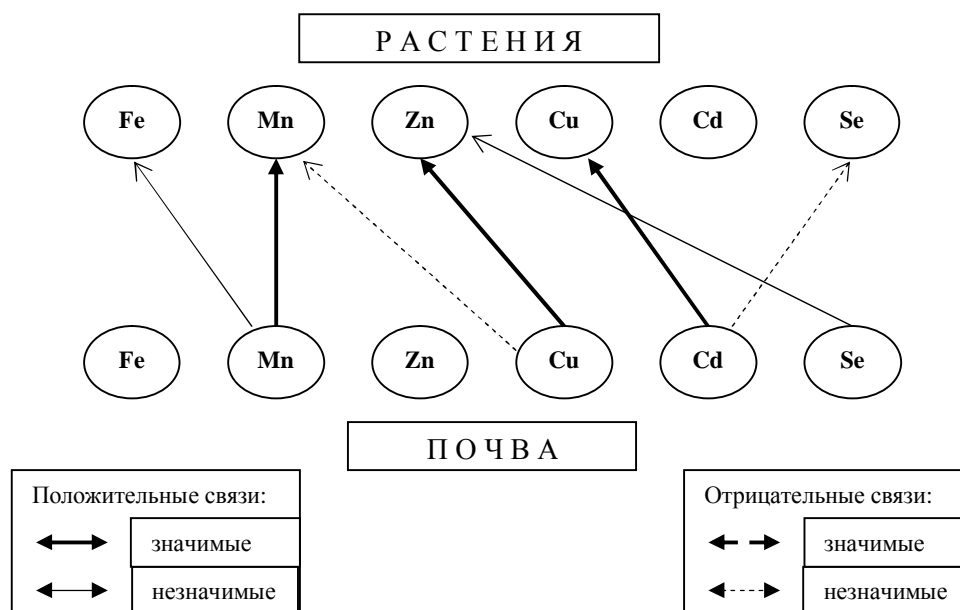


Рис. 3. Взаимосвязь микроэлементов в почве и растениях подсолнечника.

Тем не менее, можно говорить о проявлении статистически значимой положительной корреляционной взаимосвязи между содержанием в почве Mn и величиной его накопления растениями подсолнечника (рис.3). Кроме того, на значимом уровне увеличение в почве меди сопровождается ростом аккумуляции растениями цинка, а возрастание в почве кадмия приводит к увеличению в растениях меди, что означает слабое проявление синергизма между этими элементами в биогеохимических условиях долины Днестра. Более слабая положительная корреляция (коэффициент корреляции чуть более 0,4) между Se в почве и Zn в растениях, а также между Mn в почве и Fe в подсолнечнике. Тенденция к антагонизму наблюдается для кадмия по отношению аккумуляции растениями селена.

Однако, при интерпретации полученных результатов следует помнить, что в данном случае мы имеем дело с валовым содержанием микроэлементов в почвах. Как показывает рис. 4, картина взаимосвязи между микроэлементами изменяется, если рассматривать не абсолютную величину аккумуляции элементов растениями, а коэффициент биологического накопления. Здесь явно прослеживается отрицательная корреляция необходимых для растений микроэлементов Fe и Cu с их же коэффициентами биологического накопления. Причем коэффициенты корреляции в данном случае статистически значимы на 5-% уровне и составляют -0,62 и -0,69 соответственно. Это означает, что при уменьшении содержания Fe и Cu в почве, растения более интенсивно поглощают их, чтобы обеспечить физиологический оптимум.

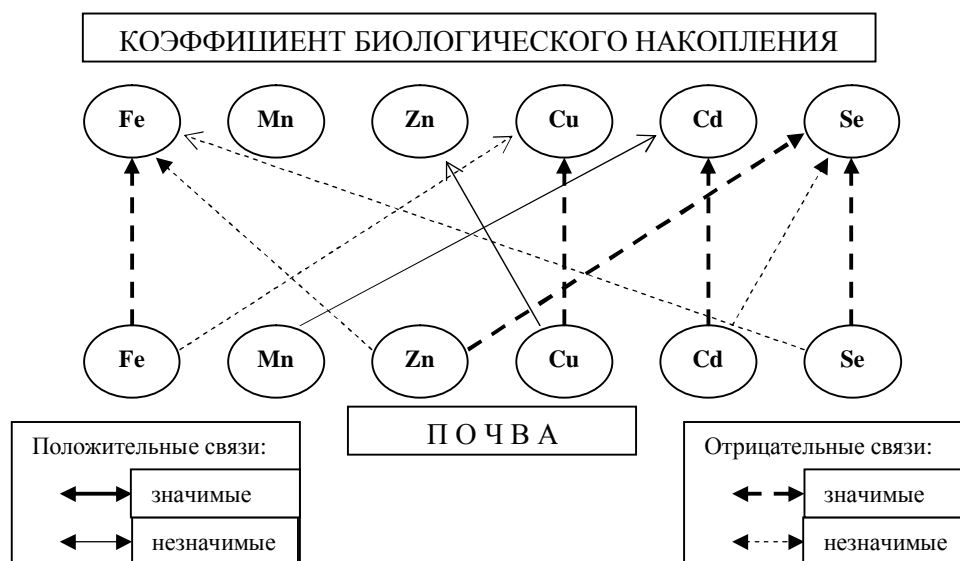


Рис. 4. Взаимосвязь коэффициента биологического накопления микроэлементов с их содержанием в почве.

На статистически значимом уровне проявляется также отрицательная корреляционная зависимость коэффициента биологического накопления Cd и Se от их количества в почве. Хотя эти элементы не входят в число жизненно необходимых для растений, в данном случае характер корреляционной зависимости соответствует жизненно важным элементам питания. Причем коэффициент корреляции для Cd составляет $-0,52$, а для Se $-0,72$. Интенсивность накопления селена подсолнечником также снижается при увеличении в почве Zn. Несколько слабее на величину КБН селена оказывает влияние кадмий.

Увеличение в почве Zn и Se может обуславливать некоторое уменьшение КБН для железа. В то же время возрастание в почве содержания железа может сопровождаться уменьшением величины КБН меди. Для содержания в почве Mn и Cu, наоборот отмечается слабая положительная корреляционная связь с КБН для Cd и Zn соответственно.

Выводы

1. В большинстве случаев в почвах изучаемой территории взаимосвязи между валовым содержанием микроэлементов не наблюдается. Статистически значимая положительная корреляция в почвах установлена только для селена с цинком, а также для железа с марганцем и цинком. При этом наиболее тесная взаимосвязь прослеживается между количеством в почвах Fe и Mn.

2. Между величиной абсолютного накопления растениями микроэлементов корреляция отсутствует, за исключением Fe и Mn, для которых установлена статистически значимая положительная корреляционная зависимость.

3. Влияние валового содержания рассмотренных микроэлементов на абсолютную величину их накопления растениями подсолнечника в подавляющем числе случаев статистически незначимо. Проявление статистически значимой положительной корреляционной взаимосвязи установлено между содержанием Mn в почве и величиной его накопления растениями подсолнечника. Кроме того, на

значимом уровне увеличение в почве меди сопровождается ростом аккумуляции растениями цинка, а возрастание в почве кадмия приводит к увеличению в растениях меди.

4. Отрицательная корреляция явно прослеживается для валового содержания микроэлементов Se, Fe, Cu и Cd с их же коэффициентами биологического накопления. Антагонистическое отношение к коэффициенту биологического накопления селена проявляет цинк и несколько слабее кадмий.

Литература

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
2. Бумбу Я.В. Биогеохимия микроэлементов в растениях, почвах и природных водах Молдавии. – Кишинев: «Штиинца», 1981. – 276 с.
3. Тома С.И., Рабинович И.З., Велисар С.Г. Микроэлементы и урожай.- Кишинев: Штиинца, 1980. – 172 с.
4. Кирилук В.П. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы. – Ch: Pontos. 2006. – 156 р.
5. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Биогеохимия селена в Молдове // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, 2007. №1, P.10–16
6. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Измайлова Д.Н. Биологическая роль кадмия и его содержание в элементах природной среды долины Днестра. // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, 2009. N 1. P. 72–80.
7. Капитальчук И.П., Дога Е.Ф. Влияние применения удобрений на устойчивое развитие агроценозов. // Вестник Приднестровского университета. Серия «Медико-биологические и химические науки», 2008. № 2 (18). С. 150–153.
8. Капитальчук И.П., Капитальчук М.В., Шеларь И.Н. и др. Почвы Приднестровья: от проблемы загрязнения к угрозе истощения. // Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами. Материалы международной научно-практической конференции. Тирасполь, 15–16 окт. 2010 г. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2010. С. 86–88.
9. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Капитальчук И.П. Селен и его антагонисты в биогеохимической цепи «почва–растение» в условиях Приднестровья // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки», 2011. № 2. С. 137–141.
10. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Измайлова Д.Н. и др. Содержание железа в почвах и растениях в долине Среднего и Нижнего Днестра. // Бассейн реки Днестр: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами. Материалы международной научно-практической конференции. Тирасполь, 15-16 окт. 2010 г. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2010. С. 97 – 99.
11. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высшая школа, 1988. – 239 с.
12. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных. – М.: Наука, 2008. – 315с.
13. Почвы Молдавии. Т.3. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 334 с.
14. Скальный А.В. Цинк и здоровье человека.- Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003, 80 с.

Дата поступления в редакцию – 20 декабря 2011

УДК 550.343

Буртиев Р.З.

Статистическая связь между коровой и подкоровой сейсмической активностью очага Вранча

Abstract

The existence of the link between the crustal and the subcrustal seismic activity has been investigated during the current study. It has been shown that there exists a significant statistical dependence between the magnitude and the depth of the earthquakes generated at the focus of Vrancea. The relationship between the magnitude and depth of the earthquakes of the Vrancea focus within the Earth's crust does not exist, but for intermediate earthquakes there is a statistical relationship of medium strength. For earthquakes with magnitudes greater than $m=3,2$ the relationship between the magnitude and the depth of the earthquakes is negligible. There is a relationship of medium strength between the annual and monthly number of earthquakes within the crust and below the Moho. There has not been found any relationship between the magnitude and the time interval between the earthquakes. There is a weak relationship between seismicity of Romania and the number of sunspots.

Rezumat

A fost studiată legătura între activitatea seismică crustală și subcrustală. A fost demonstrat că între magnitudinea și adâncimea cutremurilor focarului seismic Vrancea, există o dependență statistică semnificativă. Nu există nici o legătură între magnitudinea și adâncimea cutremurilor focarului Vrancea în limitele scoarței terestre, iar pentru cutremure intermediare, există o legatură statistică de putere medie. Pentru cutremure cu magnitudini mai mari de $m=3,2$ raportul dintre magnitudinea și adâncimea cutremurilor este neglijabil. Există o relație de putere medie între numărul anual și lunar de cutremure în cadrul crustei și sub discontinuitatea Moho. Nu au fost găsite relații între magnitudinea și intervalul de timp dintre cutremure. S-a găsit o relație slabă între seismicitatea din România și de pete solare.

Резюме

Исследовано наличие связи между коровой и подкоровой сейсмической активностью. Показано, что между магнитудой и глубиной землетрясений очага Вранча существует статистически значимая связь. Связь между магнитудой и глубиной землетрясений в пределах земной коры отсутствует, а для промежуточных землетрясений существует средней силы статистическая связь. Для землетрясений с магнитудой больше $m=3,2$ связь между магнитудой и глубиной землетрясений оказалась незначительной. Существует средней силы связь между годовым и месячным числом землетрясений в пределах земной коры и ниже границы Мохо. Не обнаружено зависимости магнитуды от интервалов времени между землетрясениями. Выявлена слабая связь между сейсмичностью Румынии и числом солнечных пятен.

Введение

Сейсмический режим Карпатского региона условно состоит из коровой и подкоровой сейсмичности. Главным источником землетрясений данного региона является очаг Вранча, сейсмический режим которого подробно изучен [1-7]. Исследована связь между параметрами землетрясений, например, между магнитудой и глубиной землетрясений, проведена проверка соответствия частотной структуры параметров различным законам распределения, анализирована стационарность сейсмического режима.

Необходимость данной работы вызвана потребностью выявить наличие статистической связи между коровой и подкоровой сейсмичностями, а также между различными параметрами сейсмического режима.

Анализ данных

Исследована совокупность румынских землетрясений за период 1978–2011 гг., содержащаяся в каталоге “ROMPLUS”. На этом интервале времени, данный каталог полон для магнитуд свыше $M_c=2.3$. Для определения связи между коровой и подкоровой сейсмичностями составляются выборки землетрясений в пределах земной коры и ниже границы M (Мохо), соответственно. Предполагается, что средняя глубина границы M составляет 60 км [4,6]. Магнитуда комплектности каталога определялась на основе самоподобия сейсмического режима.

Минимальная магнитуда комплектности каталога является важным фактором в исследовании сейсмичности. В исследовании используются землетрясения с магнитудой, превышающей порог комплектности.

Для оценки M_c применяются методы, предполагающие самоподобие сейсмического процесса:

1. Метод максимальной кривизны (*MAXC*) [8-10]
2. Устойчивость M_c при оценке коэффициента b - графика повторяемости (*MBS*) [11].

MAXC метод – определяет точку наибольшей кривизны (*MAXC*), как магнитуду комплектности при вычислении максимальной величины первой производной магнитудно-частотной кривой. *MAXC метод* – быстрый и достоверный способ оценки M_c , состоит в нахождении интервала магнитуды с наибольшим значением плотности магнитудно-частотного распределения [8-10].

Величина b наклона графика повторяемости, вычисляется для магнитуд больших M_c . Кумулятивное и некумулятивное магнитудно-частотное распределение (*FMD*) показано на (рис. 1). Стрелка указывает на магнитуду комплектности.

MBS метод – M_c определяется как первое значение нижнего порога магнитуды, для которой выполняется условие $\Delta b = |b_{ave} - b| \leq db$ (рис. 2). Среднее b_{ave} , равно арифметическому среднему значений b , соответствующих последовательным значениям нижнего порога магнитуды, равных половине длины интервала магнитуд $dM=0.4$:

$$b_{ave} = \frac{\sum_{M_{co}^i}^{N_c} b(M_{co}^i)}{N_c}$$

N_c – число значений нижнего порога магнитуды, $b(M_{co})$ - b -значение, соответствующие значениям пороговых магнитуд. Первый раз, при значении $M_{co}=2.3$ нижнего порога магнитуды, выполняется условие $\Delta b \leq db$ ($\Delta b=0.0002$ и $db=0.0053$).

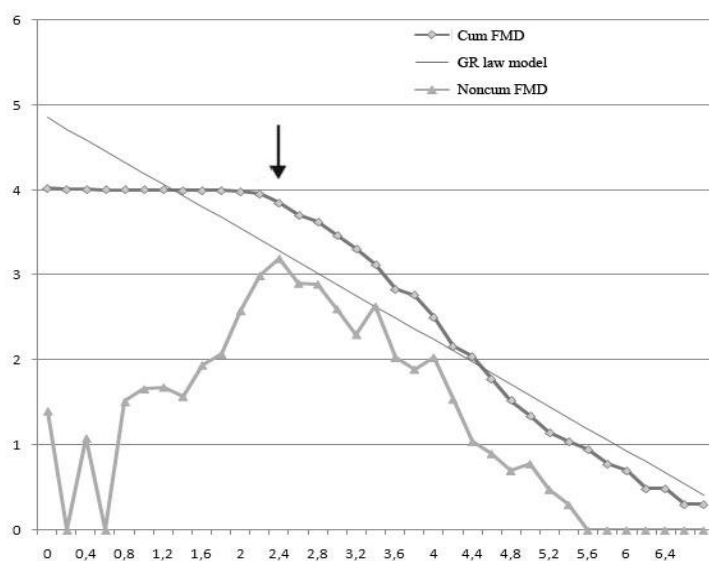


Рис. 1. Кумулятивное и некумулятивное магнитудно-частотное распределение (FMD).

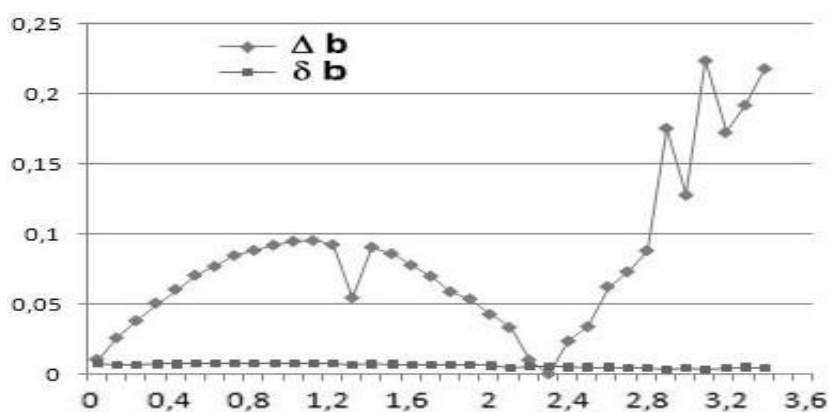


Рис. 2. Стандартное отклонение (δb) и разность $\Delta b = |b - b_{ave}|$

Методы исследований

На языке статистики исследуемые свойства объектов (событий) называются признаками. Для анализа степени возможной взаимосвязи каких-либо двух признаков составляется корреляционная таблица наблюдаемых частот этих признаков (таблица сопряженности признаков). Число строк (r) и столбцов (s) таблицы равны числу градаций первого и второго признака. В каждой ячейке на пересечении i -ой строки и k -го столбца указано число объектов (событий), относящихся к i -ой градации по первому признаку и к k -ой градации - по второму [12]. Прежде чем исследовать возможную зависимость признаков статистических событий, должна быть проверена нулевая гипотеза – предположение о попарной независимости этих самых признаков. Пусть нулевая гипотеза (H_0) утверждает, что x и y являются взаимно независимыми случайными величинами. Для проверки гипотезы H_0 вычисляется статистика критерия:

$$\chi^2 = N \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - \frac{n_i \cdot n_j}{N})^2}{n_i \cdot n_j}, \quad (1)$$

имеющая χ^2 -распределение с $(r-1)(s-1)$ степенями свободы.

Критерий χ^2 позволяет принимать решения о наличии связи между двумя переменными, с помощью таблиц сопряженности. Если гипотеза H_0 отвергается, это значит, что существует статистически значимая связь между двумя переменными. Но статистически значимая связь не указывает тесноту связи. В качестве меры взаимозависимости применяются коэффициенты: сопряженности, Крамера; корреляции; корреляционного отношения [14].

Для оценки тесноты связи в таблицах любого размера используется коэффициент сопряженности признаков [12,13]:

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + N}} \quad (2)$$

Для оценки тесноты нелинейной корреляционной связи используется корреляционное отношение η_{yx} . Выборочным корреляционным отношением называется отношение межгруппового среднеекватратического отклонения к общему среднеекватратическому отклонению:

$$\eta_{y/x} = \frac{\sigma(\bar{y}_x)}{\sigma_y}, \quad \sigma^2(\bar{y}_x) = \frac{1}{N} \sum n_x \bar{y}_x^2 - \bar{y}^2 \quad (3)$$

где σ_y – среднеекватратическое отклонение переменной y .

Корреляционное отношение является мерой тесноты любой связи. В этом его преимущество перед коэффициентом корреляции, который оценивает степень тесноты только линейной связи. Для оценки достоверности корреляционного отношения необходимо определить ошибку квадрата этого показателя из выражения:

$$m_{\eta^2} = (1 - \eta^2) \frac{k - 1}{n - k} \quad (4)$$

где k – число интервалов порядковой статистики; n – объем выборки. Далее выборочное значение критерия Фишера.

$$F_{k-1, n-k} = \frac{\eta_{y/x}^2 / (k-1)}{(1 - \eta_{y/x}^2) / (n-k)} \quad (5)$$

сравнивается со стандартным значением F -распределения, соответствующим значимости вероятности $\alpha=0,05$, со степенями свободы $\nu_1=k-1$ и $\nu_2=n-k$.

Величина:

$$\eta_{y/x}^2 - r^2 \quad (6)$$

используется в качестве меры отклонения зависимости от линейной. Если для значения критерия нелинейности справедливо неравенство:

$$F = \frac{(\eta^2 - r^2)(n-k)}{(1 - \eta^2)(k-2)} > F_{\nu_1, \nu_2} \quad (7)$$

то связь между случайными величинами нелинейна [8-10].

В качестве меры связи выступает также коэффициент ранговой корреляции Спирмена [12-14]:

$$R(x, \varepsilon) = 1 - 6 \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (8)$$

где δ_i – разность между рангами значений переменных. Значимость коэффициента ранговой корреляции оценивается по t -критерию [12,15]. Если коэффициент корреляции равен нулю, то статистика:

$$t = \frac{R(x, \varepsilon) \sqrt{n-2}}{\sqrt{1 - R(x, \varepsilon)^2}}, \quad (9)$$

имеет распределение Стьюдента с числом степеней свободы $\mu=n-2$.

Очаг Вранча характеризуется относительно стабильным сейсмическим режимом, т.е. землетрясения в заданных интервалах магнитуд происходят достаточно ритмично [16]. Это позволяет осуществлять их долгосрочный прогноз и определять интервалы времени, в пределах которых могут произойти землетрясения.

Пусть N_T - случайная величина, означающая число землетрясений за время T . Далее, предположение H_0 о том, что N_T имеет пуассоновский закон распределения с параметром λ , является нулевой гипотезой. При этом предположении достаточной статистикой для параметра λ , при фиксированном T , является наблюдаемое число землетрясений N .

В качестве точечной оценки величины λ можно взять

$$\lambda = \frac{N}{T} \quad (10)$$

Доверительными границами для среднего значения $\eta=\lambda T$ пуассоновского процесса являются [17-22]:

$$N + \frac{1}{2} c_{\frac{\alpha}{2}}^2 \pm c_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N}, \quad (11)$$

где c_{α} — верхняя α -квантиль единичного нормального распределения. Для проверки гипотезы H_0 можно воспользоваться критерием согласия для сравнения:

- а) распределения частот числа событий в интервалах времени постоянной длины h с пуассоновским распределением;
- б) распределения частот длин интервалов между последующими землетрясениями с показательным распределением.

Пусть:

$$0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T \quad (12)$$

последовательность моментов наступления землетрясений, а $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_{n-1}$ — последовательность интервалов между последовательными землетрясениями.

Относительно последовательности интервалов можно высказать три гипотезы [20]:

- 1) землетрясение, произошедшее в промежутке (t_1, t_2) , стимулирует появление землетрясения в следующем промежутке (t_2, t_3) ;
- 2) произошедшее землетрясение не оказывает никакого влияния на возникновение следующего землетрясения;
- 3) произошедшее землетрясение препятствует возникновению землетрясения в следующем промежутке.

При справедливости второй гипотезы интервалы между землетрясениями должны соответствовать показательной функции распределения [18-22]:

$$F(t) = P\{\tau < t\} = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (13)$$

где λ - параметр показательного распределения.

Тогда величины:

$$f_i = 1 - e^{-\frac{\lambda}{T} \tau_i} \quad (14)$$

должны иметь равномерную функцию распределения:

$$P\{f_i < u\} = u \quad (15)$$

на отрезке $0 \leq u \leq 1$. Для проверки гипотезы о равномерном распределении величин (15) применяется *критерий Колмогорова-Смирнова*. Данный критерий уместно применять в тех случаях, когда нужно проверить - подчиняется ли наблюдаемая случайная величина некоторому закону распределения, известному с точностью до параметров. Пусть X_n - выборка независимых одинаково распределённых случайных величин, $F_n(x)$ - эмпирическая функция распределения, $\Phi(x)$ - функция распределения генеральной совокупности, из которой извлечена выборка. Тогда статистика критерия для проверки гипотезы H_0 о том, что выборка подчиняется нормальному распределению $\Phi(x)$ определяется следующим образом:

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - \Phi(x)|, \quad (16)$$

Гипотеза H_0 отвергается, если статистика $n^{0.5} D_n$ превышает табличное значение k_{α} , соответствующее уровню значимости α .

Далее строим теоретическую и эмпирическую функции распределения:

$$y = u \text{ и } y = f(u) = \frac{s(u)}{N} \quad (17)$$

где $s(u)$ - число величин $f_i \leq u$. При справедливости второй гипотезы обе кривые должны идти близко друг от друга.

В зависимости от характера расхождения между указанными кривыми, можно составить представление о характере отклонения закона распределения $F(t)$ от показательного закона.

Если для малых значений u график функции $f(u)$ находится выше прямой $y=u$ и далее остается выше этой прямой, тогда правдоподобна первая гипотеза. Если кривая $f(u)$ опускается ниже этой прямой, то это говорит в пользу третьей гипотезы.

Для проверки гипотезы о показательном распределении интервалов между землетрясениями можно воспользоваться критерием, основывающимся на равномерном распределении нормированных моментов наступления землетрясений [19-22]:

$$u_i = \frac{t_i}{T}, \quad i=1, \dots, n \quad (18)$$

Этот критерий является наиболее мощным при конкурирующей гипотезе о наличии тренда вида:

$$\lambda(t) = e^{\alpha + \beta t} \quad (19)$$

Процедура проверки гипотезы $\beta=0$: состоит в вычислении выражения:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n t_i / n - T/2}{T \sqrt{1/12n}}, \quad (20)$$

т. е. в сравнении среднего арифметического наблюдаемых моментов возникновения землетрясений (7) со средней точкой периода наблюдений.

Распределение величины (11) быстро сходится к стандартному нормальному распределению при справедливости гипотезы $\beta=0$ [20]. Проверки данной гипотезы о наличии тренда вида:

$$\lambda_i = \alpha + \beta z_i \quad (21)$$

где z_i - некоторая независимая от τ_i случайная величина - сводится к определению уровня значимости величины:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})(\tau_i - \bar{\tau})}{\left(\sum_{i=1}^n \tau_i \right) \sqrt{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 / n(n+1)}} \quad (22)$$

по таблицам стандартного нормального распределения.

Пусть последовательность случайных величин x_1, x_2, \dots, x_n означает число землетрясений на i -м интервале времени. Для проверки правдоподобия гипотезы об отсутствии систематического сдвига в последовательности (математическое ожидание постоянно $M(x_i) = const$), применяется критерий Аббе. Критерий состоит в сравнении величин:

$$q^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)^2, \quad s^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - \bar{x})^2, \quad r = \frac{q^2}{s^2}. \quad (23)$$

Величина r имеет асимптотически нормальное распределение с параметрами:

$$M(r) = 1, \quad D(r) = \frac{1}{n+1} \left(1 - \frac{1}{n+1} \right) \quad (24)$$

Если обнаружится, что для данных x_1, x_2, \dots, x_n выполняется условие $r < r_\alpha$, это означает, что в ряде наблюдений есть систематический сдвиг.

Значимая регрессия величины x_i на номер интервала i также указывает на наличие тренда в частоте возникновения землетрясений со временем [20,23-27].

Из последовательности интервалов между последовательными землетрясениями:

$$\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_{n-1} \quad (25)$$

образуем две последовательности:

$$\tau'_1, \tau'_2, \dots, \tau'_n, \quad (26)$$

$$\tau''_1, \tau''_2, \dots, \tau''_m, \quad (27)$$

где:

(26) - последовательность интервалов времени между отдаленными больше чем на Δ суток землетрясениями;

(27) - последовательность интервалов времени между остальными землетрясениями.

Анализ статистической связи между магнитудой и глубиной землетрясений

За период 1978-2011 гг. произошло 5031 землетрясение с магнитудой превышающей минимальную магнитуду комплектности $M_c=2.3$. Для проверки гипотезы H_0 , о статистической независимости магнитуды и глубины землетрясений, вычисляется статистика критерия (1). Статистика критерия χ^2 $\chi_q=3940$ больше табличного значения $\chi_{0.05;357}=422.094$ χ^2 -распределенной случайной величины, соответствующей уровню значимости $\alpha=0.05$ с 357 степенями свободы. Следовательно, гипотеза H_0 должна быть отклонена, в пользу альтернативной гипотезы о статистически значимой зависимости между магнитудой и глубиной. Для этой выборки получены следующие значения связи: корреляция Спирмена $R_s=0.535$; $\mu=0.56$; $C=0.56$. Значимость корреляции Спирмена подтверждается тестовым критерием (10).

Численные значения эмпирических коэффициентов тесноты связи можно классифицировать по шкале Чеддока, таб. 1 [17].

Для землетрясений в пределах земной коры значения: $C=0.32$; корреляция Спирмена $R_s= 0.12$; $\mu=0.13$ - указывают на слабую зависимость между магнитудой и глубиной.

Для 4441 промежуточного землетрясения статистические характеристики взаимосвязи, равные $R_s = 0.426$; $C = 0.47$; $\mu = 0.42$; $\chi_q = 1273$ свидетельствуют о более значимой связи между магнитудой и глубиной промежуточных землетрясений, чем для коровых. Таким образом, проведенный статистический анализ показал, что связь между магнитудой и глубиной землетрясений очага

Вранча в пределах земной коры практически отсутствует, а для промежуточных землетрясений связь имеет среднюю силу.

Общее число приведенных в каталоге землетрясений очага Вранча, за период 1978-2011 гг., составляет 6043. Величина критерия $\chi_q=3703$ превосходит значение $\chi_{0.05;357}=93.21$ для χ^2 -распределенной случайной величины, соответствующей уровню значимости $\alpha=0.05$ со 64 степенями свободы. Следовательно, гипотеза о независимости магнитуды и глубины землетрясений отвергается в пользу альтернативной гипотезы (H_1) о наличии зависимости.

Таблица 1

Шкала Чеддока

μ	0÷0.1	0.11÷0.3	0.31÷0.5	0.51÷0.7	0.71÷0.9	0.91÷0.99	0.991÷1
Характеристика связи	отсутствует	Слабая	умеренная	заметная	тесная	сильная	функциональная

Значения коэффициентов: сопряженности $C=0.61$; ранговой корреляции Спирмена критерия $Rs=0.64$; корреляционного отношения $\mu=0.66$ также указывает на статистическую связь средней силы между магнитудой и глубиной землетрясений. Значимость коэффициента ранговой корреляции Спирмена $Rs=0.64$ подтверждается статистикой t -критерия (9).

Без учета землетрясений с магнитудой меньше некоторого порогового значения M_{co} , вероятностная структура выборки меняется, с ростом пороговой магнитуды степень зависимости уменьшается. Так, для выборки из 1899 землетрясений с магнитудой больше $M_{co}=4.1$ правдоподобие гипотезы H_0 - отсутствие статистической связи между магнитудой и глубиной землетрясений - подтверждается по всем приведенным выше критериям:

$$M_{co}=3.2 \quad Rs=0.187; \quad C=0.21; \quad \mu=0.18; \quad \chi_q=88.1$$

$$M_{co}=3.5: \quad Rs=0.089; \quad C=0.21; \quad \mu=0.17; \quad \chi_q=51.1$$

$$M_{co}=3.8: \quad Rs=0.126; \quad C=0.23; \quad \mu=0.15; \quad \chi_q=30.9$$

$$M_{co}=4.1: \quad Rs=0.021; \quad C=0.24; \quad \mu=0.11; \quad \chi_q=15.2$$

В табл. 2 приведены параметры взаимосвязи между магнитудой и глубиной землетрясений. Из табл. 2 видно, что связь магнитуды с глубиной ослабевает с ростом порога магнитуды.

Таблица 2

Регрессия магнитуды на глубину и теснота зависимости

Нижний порог магнитуды	Свободный член (a)	Коэффициент регрессии (b)	Коэффициент корреляции	Корреляционное отношение
$M_w \geq 2.3$	-0.01	0.02926	0.417	0.55
$M_w \geq 2.9$	-0.21	0.031	0.23	0.27
$M_w \geq 3.5$	-0.09	0.03157	0.121	0.16
$M_w \geq 4.1$	-0.04	0.03295	0.069	0.11

Такой же результат получается для 8149 румынских землетрясений, наблюдаемых за период 1978-2011 гг.: корреляция Спирмена $Rs=0.61$; $C=0.60$; $\mu=0.65$; $\chi_q = 4541$ указывают на связь средней силы.

О взаимосвязи магнитуды и интервалов времени между землетрясениями

Ранговая корреляция Спирмена, для 5031 землетрясения очага Вранча, оказалась незначительной $R_s=0.05$, как и коэффициент сопряженности: $C=0.13$. Гипотеза об отсутствии значимой нелинейной статистической связи ($\mu=0.06$) подтверждается значением F критерия (5). Выборочное значение критерия $F_q=1.7$ меньше теоретического значения $F_t=1.94$ критерия (5), соответствующего уровню значимости $\alpha=0.05$. Следовательно, гипотеза H_0 , о статистической независимости магнитуды и интервалов времени между землетрясениями, правдоподобна.

Для землетрясений в пределах земной коры ранговая корреляция Спирмена составляет: $R_s=-0.029$. Значения коэффициентов сопряженности равны: $\chi_q=40.1$; $C=0.24$. Величина критерия $\chi_q=40.1$ меньше табличного значения $\chi_{0.05;36}=58.62$ для χ^2 -распределенной случайной величины, соответствующей уровню значимости $\alpha=0.05$ с 36 степенями свободы. Предположение о слабой нелинейной статистической связи ($\mu=0.09$) отвергается по критерию (7). То есть магнитуда и интервалы времени между землетрясениями в пределах земной коры независимы.

Для землетрясений ниже границы М статистические характеристики взаимосвязи, имеющие значения $R_s=0.04$; $C=0.08$; $\mu=0.04$ говорят в пользу гипотезы о независимости магнитуды и интервалов времени. Выборочная статистика критерия $\chi_q=27.0$ меньше табличного значения $\chi_{0.05;36}=58.62$.

Значения критериев проверки независимости магнитуды от интервалов времени для румынских землетрясений из каталога “ROMPLUS” оказались равны: $R_s=0.15$; $C=0.17$; $\mu=0.09$; $X_q=107.9$ - что указывают на правдоподобие H_0 .

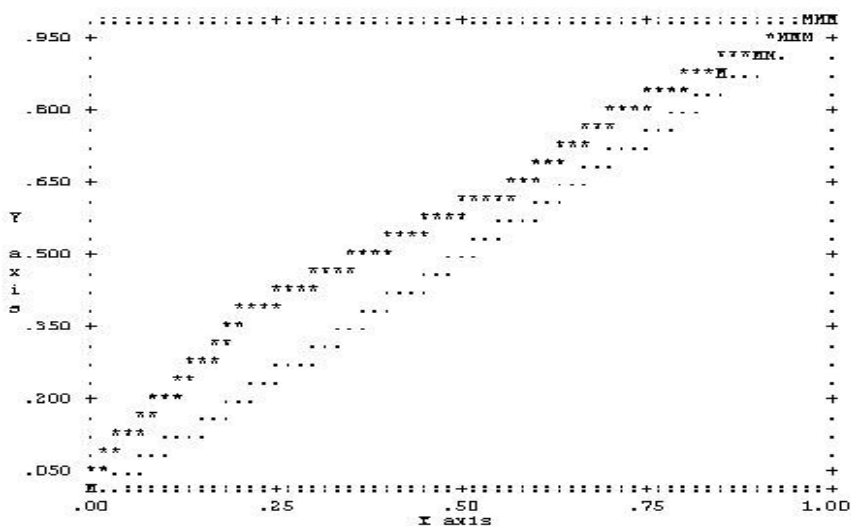


Рис. 3. Распределение моментов наступления землетрясений и функция равномерного распределения.

В зависимости от характера расхождения между указанными кривыми можно составить представление о характере отклонения закона распределения $F(t)$ от показательного закона.

Из сопоставления приведенных (рис. 3) графиков функций распределения $f(u)$ и $y(u)$ для последовательности интервалов времени можно сделать вывод, что между землетрясениями очага Вранча преобладают короткие интервалы. График функции $f(u)$ находится выше прямой $y=u$, следовательно, землетрясение, произошедшее в промежутке (t_1, t_2) , стимулирует появление землетрясения в следующем промежутке (t_2, t_3) .

По критерию Колмогорова, гипотеза о показательном распределении интервалов между последовательными землетрясениями, и о равномерном распределении величин (18) должна быть отвергнута. На это также указывает отличный от единицы коэффициент вариации $C=0.55$. Гипотеза об отсутствии экспоненциального и линейного трендов (19), (21) в последовательности (12) отвергается, так как выборочные значения 11.23 и -11.5 больше 95%-ного квантиля распределения $N(0,1)$.

Далее составлялись наблюдаемые выборки (26), (27), где величина Δ принимала значения $\Delta=3, 6, 9$ и 12 суток. При значении $\Delta=3$, для выборок (26) и (27) гипотеза об отсутствии экспоненциального и линейного трендов подтверждается.

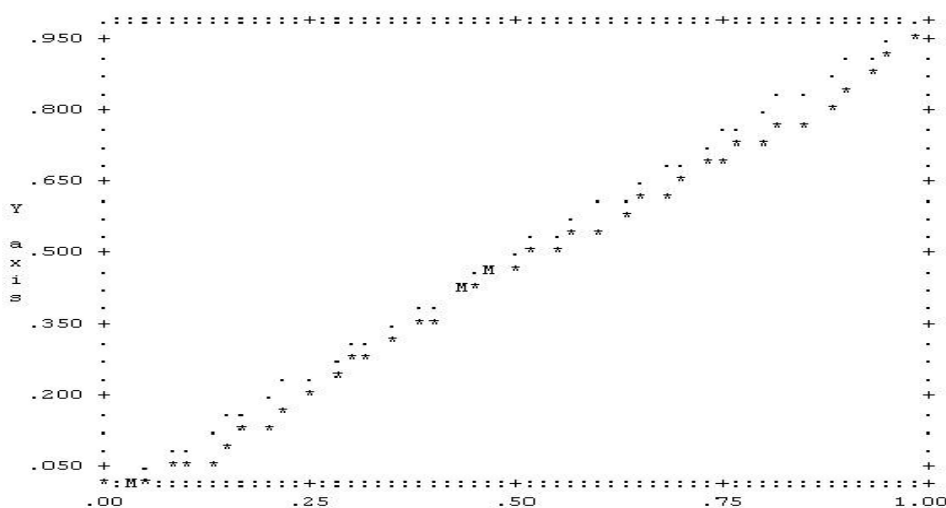


Рис. 4. Распределение нормированных моментов наступления землетрясений и функция равномерного распределения.

Для землетрясений с магнитудой, большей значения $M_{co}=3.2$ статистическая связь уменьшается: $R_s=0.16$; $C=0.12$; $\mu=0.04$; $\chi_q=32.5$. Распределение интервалов времени между землетрясениями приближается к показательному закону распределения. Предположение о том, что наблюдаемые интервалы составляют выборку из генеральной совокупности, имеющей показательный закон распределения, подтверждается для землетрясений с магнитудой больше $M_{co}=3.8$. Выборочная статистика критерия χ^2 $\chi_q=8.58$ меньше критического значения $\chi_{0.05;10}=18.3$ – соответствующего уровню значимости $\alpha=0.05$ с числом степеней свободы 10.

Исследование связи между коровой и подкоровой сейсмической активностью

Из наблюдаемых годовых и помесечных чисел землетрясений с магнитудой большей минимальной магнитуды комплектности M_c , составлялись выборки:

$$n_1, n_2, n_3, \dots, n_N \quad (28)$$

$$m_1, m_2, m_3, \dots, m_M \quad (29)$$

Для наблюдаемой последовательности (28) землетрясений Вранчи, предположение об отсутствии тренда правдоподобно, величина статистики критерия Аббе (23), равная $r=0.769$, больше значения $r_p=0.722$, соответствующего 5%-ному уровню табличного значения критерия Аббе. Хотя корреляционное отношение и ранговая корреляция Спирмена между годовым числом землетрясений и годом, равные 0.37 и 0.323 соответственно, указывают на наличие слабого тренда по годам.

Для поиска связи между коровой и подкоровой сейсмической активностью составляются последовательности числа землетрясений по годам в пределах земной коры и ниже границы М:

$$n_1', n_2', n_3', \dots, n_N' \quad (30)$$

$$n_1'', n_2'', n_3'', \dots, n_N'' \quad (31)$$

Значения статистики критерия Аббе составляют 0.55 и 0.83 соответственно, 5%-е пороговое значение равно $r_p=0.72$. Это говорит о том, что в рядах годового числа коровых землетрясений существует тренд, а в совокупности подкоровых землетрясений Вранчи тренд отсутствует.

Ранговая корреляция Спирмена между последовательностями (30) и (31) оказалась равной $R_s=0.315$, а корреляционное отношение равно: $\mu=0.24$. Значение $R_s=0.315$ меньше пороговой величины ($R_t=0.334$), соответствующей уровню значимости $q=0.05$ *t-статистики* с $df=33$ степенями свободы. Выборочное значение *F-критерия* (7) ($F_q=0.61$) меньше порогового значения ($F_t=2.91$), соответствующего вероятности значимости $\alpha=0.05$ с $\nu_1=3$, $\nu_2=31$ степенями свободы. Следовательно, имеется нелинейная зависимость. Коэффициент сопряженности $C=0.44$ и выборочная величина $\chi_q=8.46$ критерия (1) указывают на слабую связь между годовым числом землетрясений в пределах земной коры и ниже границы Мохо:

$$M_{co}=2.6: R_s=-0.04; C=0.33; \mu=0.13; \chi_q=4.31$$

$$M_{co}=2.9: R_s=-0.29; C=0.29; \mu=0.22; \chi_q=3.38$$

Далее из помесечного числа вранчских землетрясений составляется выборка в 408 наблюдений. Коэффициент вариации $V=0.69$ указывает на отклонение от пуассоновского закона распределения помесечного числа землетрясений. Выборочная статистика критерия Аббе $r=0.48$ меньше табличного значения $r_p=0.916$, соответствующего 5%-ному уровню значимости. Корреляция Спирмена между помесечным числом землетрясений и номером месяца равна $R_s=0.235$. Корреляционное отношение $\mu=0.17$; значение коэффициента сопряженности $C=0.22$ между числом землетрясений по месяцам и номером месяца указывают на наличие слабого тренда в наблюдаемой последовательности (29). Для наблюдаемых последовательностей помесечного числа коровых и подкоровых землетрясений

(33), (34) значения критерия Аббе (0.77; 0.48) меньше табличного значения 0.92, соответствующего уровню значимости $\alpha=0.05$. По значениям показателей: коэффициента сопряженности $C=0.22$; корреляции Спирмена $R_s=0.24$; значения критерия (1) $\chi_q=74.6$; коэффициента линейной корреляции $r=0.17$; корреляционного отношения $\mu=0.17$; регрессии последовательности (33) на (34) - можно сказать, что между коровой и подкоровой сейсмической активностью существует слабая статистическая связь.

$$m' = 2.92 + 0.0576 \bullet m'' \quad (32)$$

$$m'_1, m'_2, m'_3, \dots, m'_N \quad (33)$$

$$m''_1, m''_2, m''_3, \dots, m''_N \quad (34)$$

С увеличением магнитуды связь ослабевает. Так, для землетрясений с магнитудой больше $M_{co}=2.5$ значения статистических критериев составляют: корреляция Спирмена $R_s=0.161$; коэффициенты сопряженности $C=0.124$; $\chi_q=6.42$; корреляционное отношение $\mu=0.11$; коэффициент линейной корреляции $r=0.11$. Статистика $F_q=0.255$ критерия (8), проверки отклонения формы связи между помесечным числом коровых и подкоровых землетрясений от линейной формы, меньше теоретического значения F -распределения ($F_1=3.02$), соответствующего вероятности значимости $\alpha=0.05$ со степенями свободы $\nu_1=2$, $\nu_2=405$. Действительно, в этом случае, коэффициент линейной корреляции $r=0.11$ равняется корреляционному отношению $\mu=0.11$.

В последовательности числа румынских землетрясений по годам существует тренд. Величина критерия Аббе $r=0.543$ меньше теоретического значения $r_p=0.71$, соответствующего вероятности значимости $\alpha=0.05$. Значения критериев оценки связи между годовым числом землетрясений и годом равны: $R_s=0.379$; $C=0.47$; $\mu=0.40$.

Статистики критерия Аббе для последовательности коровых и промежуточных землетрясений Румынии равны: 0.48; 0.832 - соответственно. Из сравнения с табличным значением $r_p=0.722$, соответствующим 5%-ному уровню значимости, следует, что в коровой сейсмичности присутствует тренд, а в совокупности промежуточных землетрясений нет. Значения критериев оценки связи между годовым числом коровых и подкоровых землетрясений равны: $R_s=0.643$; $C=0.51$; $\chi_q=123.8$; $\mu=0.58$. Таким образом, между годовым числом землетрясений в пределах земной коры и в промежуточном слое существует статистически значимая связь.

Для совокупности помесечного числа землетрясений наблюдается такая же статистическая картина: $R_s=0.426$; $C=0.58$; $\mu=0.46$. На наличие тренда указывает статистически незначимая на 5% уровне значимости величина статистики Аббе 0,3.

В совокупности коровых и подкоровых землетрясений присутствует тренд, значения критерия Аббе равны: 0.293; 0.47.

Статистики критериев зависимости указывают на статистически значимую связь средней силы: $R_s=0.479$; $C=0.48$; $\chi_q=125.8$; $\mu=0.43$. Регрессия числа коровых землетрясений на помесечное число промежуточных румынских землетрясений имеет вид:

$$n' = 9,86 + 0,2086 \bullet n''$$

Исследование связи между сейсмичностью очага Вранча и числом солнечных пятен

Отрицательные значения коэффициентов линейной корреляции $r=-0.278$ и корреляции Спирмена $R_s = -0.235$ указывают на то, что между помесечным числом землетрясений в Румынии и числом солнечных пятен [29,30] существует слабая отрицательная корреляционная зависимость. Статистики критериев зависимости указывают на статистически значимую связь средней силы: $R_s=-0.235$; $C=0.405$; $\chi_q=80.2$; $\mu=0.29$; коэффициент линейной корреляции $r=-0.278$. Абсолютное значение корреляции Спирмена 0.235 больше пороговой величины ($R_r=0.097$), соответствующей уровню значимости $q=0.05$ *t*-статистики с $df=406$ степенями свободы. Значимо и корреляционное отношение $\mu=0.29$ - выборочное значение *F*-критерия (7), $F_q=7.26$ больше порогового значения $F_r=2.24$, соответствующего вероятности значимости $\alpha=0.05$ с $\nu_1=5$, $\nu_2=406$ степенями свободы. Выборочная статистика критерия χ^2 ($\chi_q=80.2$) больше критического значения $\chi_{0.05;25}=44.31$ - соответствующего уровню значимости $\alpha=0.05$ с числом степеней $df=25$, т.е. по таблице сопряженности признаков обнаружена значимая зависимость сейсмичности Румынии от числа солнечных пятен.

Линейная регрессия числа землетрясений на число солнечных пятен определяется формулой:

$$N = 23.88 - 0.06043 \cdot S$$

Коэффициент детерминации равен: $R^2=0.055$. Выборочная статистика *F*-распределения, $F_q=23.79$ превосходит табличное значение $F_{0.05,1,406}=3.86$. Следовательно, регрессия является значимой.

Если верить статистике, то гипотеза о зависимости сейсмичности Румынии от числа солнечных пятен правдоподобна. Отрицательная ранговая корреляция Спирмена и коэффициент линейной корреляции указывают на слабое уменьшение сейсмической активности Румынии при увеличении числа солнечных пятен.

Выводы

Между магнитудой и глубиной землетрясений выявлена статистическая слабая связь. Для землетрясений в пределах земной коры связь значительно слабее, чем для промежуточных землетрясений. Объяснением этого факта является то, что в пределах земной коры происходят слабые землетрясения, с магнитудой до 3.8, а в промежуточном слое происходят землетрясения с магнитудой до $m_b=7.1$. Область подготовки более сильных землетрясений охватывает больший объем геофизической среды.

Зависимость между магнитудой и интервалами времени между землетрясениями Вранчи оказалась статистически незначимой. Магнитуда и интервалы времени между землетрясениями, в пределах земной коры, связаны слабой линейной связью. Для землетрясений ниже границы *M* статистические характеристики взаимосвязи свидетельствуют о независимости магнитуды от интервалов времени.

Выявлена слабая связь между годовым числом землетрясений в пределах земной коры и ниже границы Мохо. Статистическая зависимость между коровой и подкоровой сейсмической активностью для землетрясений с магнитудой $M \geq 2,6$ практически отсутствует.

Между помесечным числом коровых и промежуточных землетрясений также существует слабая статистическая связь. В рядах годового и помесечного числа землетрясений в пределах коры существует тренд, в промежуточной сейсмичности предположение об отсутствии тренда подтвердилось.

Автор выражает благодарность за полезные замечания и помощь в редактировании статьи доктору хаб. физ.-мат. наук Алказу В.Г., Догару В.Г., Павлову П.П., Пыльцовой М.В.

Литература

1. Mihnea C. Oncescu, Vasile I. Marza, Mihaela Rizescu, Mihaela Popa. The Romanian earthquake catalogue between 984-1997. Vrancea Earthquakes: Tectonics, Hazard and Risk Mitigation. Kluwer academic publishers. 1997. 43-47.
2. Oncescu M. C. On the magnitude and depth recurrence of Vrancea earthquakes. 1987. Report ICEFIZ. 1987
3. Oncescu M. C. and Bonjer, R.P. A note on the depth recurrence and strain release of large intermediate Vrancea earthquakes. Tectonophysics 272, 291-302.
4. Mihaela Popa. Forme de seismicitate caracteristice zonelor seismogene ale României. Cercetări privind hazardul seismic la nivel național și local. Hărți de hazard seismic general și local. Tehnopress. Iași -2009. 68-90.
5. Luminita Ardeleanu. Space and time patterns of the seismicity of the Vrancea, Romania. Geophysique. Editura Academiei Romane. Tome 46, 2002. 39-46.
6. Radu C., Oancea V. Recurrence models for intermediate earthquakes of the Vrancea region. In proceedings XXI General Assembly of ESK, Sofia. 1988. 94-100.
7. Алказ В.Г. Основы прогноза сейсмической опасности и сейсмического риска территории Республики Молдова. Кишинев. 2007, 229 с
8. Jochen Woessner, Stefan Wiemer. Assessing the Quality of Earthquake Catalogues: Estimating the Magnitude of Completeness and its Uncertainty. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 95, No. 2, 2005, 684-698.
9. A. Mignan, M. J. Werner, S. Wiemer, C.-C. Chen, and Y.-M. Wu. Bayesian Estimation of the Spatially Varying Completeness Magnitude of Earthquake Catalogs. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 101, No. 3, 2011, 1371-1385.
10. A. S. Ameer, M. L. Sharma, H. R. Wason, And S. A. Alsinawi. Probabilistic Seismic Hazard Assessment for Iraq Using Complete Earthquake Catalogue Files.
11. Cao, A. M., and S. S. Gao. Temporal variation of seismic b-values beneath northeastern Japan island arc, Geophys. Res. Lett. 29, No. 9, 2002.
12. D. Schorlemmer and J. Woessner. Probability of Detecting an Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 98, No. 5, 2008, pp. 2103-2177.
13. Garald Kramer. Mathematical Methods of Statistics. Moscow. Mir. 1975. 648 p.
14. Jean Welkowitz, Robert B. Ewen, Jacob Cohen. Introductory Statistics. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. Printed in the USA.
15. Буртиев Р.З. О применении регрессии в условиях гетероскедастичности сейсмических данных / analele atic. I (IV). Chisinau. 2010.
16. Системная экология. Авторы: Дулепов В.И., Лескова О.А., Майоров И.С., редактор:Александрова Л.И.
http://abc.vvsu.ru/Books/sistemnaja_ekologija_up/page0001.asp

17. Уломов В.И., Севостьянов В.В., Миндель И.Г., Трифонов Б.А. Оценка сейсмической опасности для высотных зданий в г. Москве // Современное высотное строительство. М.: ГУП "ИТЦ Москомархитектуры", 2007. 94-100.
18. И.И.Елисеева, М.М.Юзбашев. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика, 2004. 656 с.
19. К. Капур, Л. Ламберсон. Надежность и проектирование систем. Мир. Москва. 1980. 696 с.
20. А. Кофман, Р. Крюон. Массовое обслуживание. Москва. Мир. 1965. 302 с.
21. В.Н. Гайский. Статистические исследования сейсмического режима. Москва. Наука. 1970. 121 с.
22. Кокс Д., Льюис П. Статистический анализ последовательности событий. Москва, Мир, 1969. 310 с.
23. Буртиев Р.З., Исследование стационарности потока Карпатских землетрясений. Известия АН МССР. Сер. физ.-тех. и мат. наук. Кишинев.1983. №2. 5 стр.
24. Spezialvorlesung Zeitreihenanalyse-Mit Beispielen in Mathematica Institut fur Stochastik, Johannes Kepler University " at Linz. Oktober 2006, Linz. 277 s.
25. Буртиев Р.З. О статистической связи сейсмической активности Балканских сейсмических зон. Buletinul Institutului de Geologie si seismologie al ASM.2010. Nr.1.
26. О.Л. Лешинский, В.В. Рязанцева, О.О. Юнькова. Економетрія. Київ. 2003. 208с.
27. М. Fisz. Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin. 1966. 551 p.
28. Fundamentals of probability and statistics for engineers. T.T. Soong. State University of New York at Buffalo. New York, USA. 2004. 298 p.
29. ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/GROUP_SU_NSPOT_NUMBERS/monthrg.dat
30. ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/INTERNATIONAL/monthly/MONTHLY~

Дата поступления в редакцию – 29 декабря 201

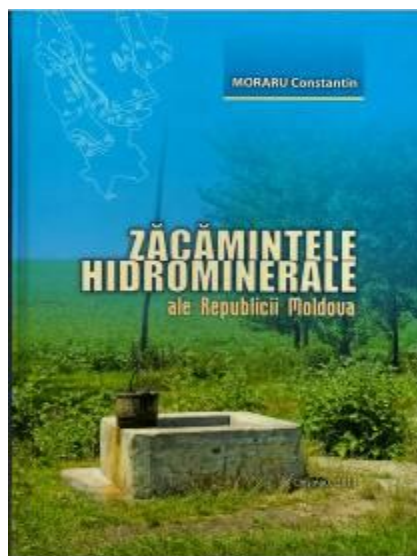
Critica și discuții

Bogdevici Oleg

Recenzie la monografia „ZĂCĂMINTE HIDROMINERALE ALE REPUBLICII MOLDOVA”

Autorul dr. Constantin MORARU, Institutul de Geologie și Seismologie

Monografia dată reprezintă o sinteză a mai multor lucrări publicate și a materialelor din Fondurile de Stat de informații privind subsolul. Lucrarea conține recomandări și aprecieri științifice bine determinate, dar, spre regret, valoarea științifică a lucrării și calitatea ei drastic scad din cauza multiplelor greșeli și scăpări ortografice, stilistice și utilizarea expresiilor cu sens greșit, precum și folosirea termenilor inexistenți, fiind nereușit traduși din limba rusă. Toate obiecțiile la monografia respectivă au fost expuse la ședința Consiliului Științific al Institutului de Geologie și Seismologie, dar spre regret aceasta a avut loc după ieșirea din tipar a lucrării. De asemenea, numeroase obiecții au fost transmise și de la colegii din alte instituții. În situația creată autorul recenziei a considerat benefic de a publica în Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie observațiile expuse.



Trebuie de menționat că în lucrare sunt multiple greșeli și scăpări, acestea nu lipsesc nici în rezumatul lucrării, ceea ce indică, că lucrarea dată nu a avut un redactor științific și stilistic profesionist. În lucrare sunt multiple abateri și discordanțe științifice cum ar fi:

- denumirea lucrării nu corespunde pe deplin conținutului ei;
- utilizarea termenilor specifici și a denumirilor etajelor și subetajelor, precum și toponimelor geologice trebuie să fie corecte (cum ar fi „neogenice”, „meoticiene”, „ponticiene” care trebuie să fie înlocuite cu „neogene”, „meoțiene”, „ponțiene”);
- se menționează, că una din cele trei structuri mari, în care se împarte fundamentul Prebaicalian din cadrul Republicii este Scutul cristalin Ucrainean, dar fig.3.2 nu confirmă aceasta – Scutul se află departe de hotarele ei;
- pe aceiași figură este reprezentată Depresiunea Kotovsc, iar în text această depresiune are altă denumire – Hîncești;
- în fig.3.2 lipsesc structurile Depresiunea Predobrogeană și Platforma Epihercinică (Scitică), în cadrul cărora sunt amplasate zăcămine hidrominerale și geotermale la care autorul des face referințe;
- autorul menționează, că D. Predobrogeană s-a format la începutul ciclului geosinclenar Alpin, ceea ce este greșit;
- pe pag. 49, aliniatul 5 figurează înălțimea Hotinului care nu se află pe teritoriul Moldovei;

În cap. 3 este folosită schema stratigrafică învechită din anul 1965, care nu corespunde realităților contemporane și respectiv scării geocronostratigrafice locale și internaționale ca de exemplu: utilizarea termenului greșit, care actualmente nu există, de etaj „tortonian”, care din anul 1974 este înlocuit cu termenul „badenian”; atribuirea etajului ponțian seriei pliocene, ceea ce este absolut greșit, deoarece etajul ponțian face parte din seria miocenă.

Lucrarea este scrisă în limba română, iar unele hărți sunt prezente în limba rusă.

Este lipsit de logică faptul, că în capitolul 3 se menționează, că pentru prezenta lucrare pachetele de roci amplasate mai jos de depozitele jurasice nu prezintă interes, dar în capitolul 5 sunt descrise acviferele care sunt asociate cu pachetele de roci permian-triasice, siluriene, devoniene și carbonifere;

În capitolul 5 (pag. 130) sunt date cu caracter general care au fost publicate anterior, ceea ce nu reprezintă un argument hidrogeologic de o posibilă exploatare a apelor industriale, așa cum afirmă autorul. Cel mai probabil, aceasta este baza pentru continuarea studiilor de viitor, urmată de posibila numărare operațională a stocurilor apelor subterane industriale, precum și evaluarea geologică și economică a zăcămintelor.

Reieșind din definiția contemporană a noțiunii de „zăcământ”, zăcămintele de heliu determinate de către autor nu corespund definiției (pag. 138-140). Probabil, corect ar fi fost, ca ele să fie numite sectoare de perspectivă sau manifestări. Pentru zăcămintele de ape subterane industriale trebuie să fie calculate rezervele exploatabile. În calitate de condiții, pentru calcularea rezervelor de ape subterane industriale sunt supuse nu numai criteriile concentrației minime și a coeficientului minim de contrast, dar și conținutul maxim de poluanți dăunători, coborârea maximală a nivelului în sondele de exploatare a apelor subterane și debitul minim al apelor subterane. Posibil autorul aduce în lucrare nu toate datele existente.

Exemplul schemei tehnologice de exploatare a apelor subterane iodo-bromice (pag. 148, greșeală în denumire, autorul deseori confundă noțiunea de „studiu” cu „exploatare”) este prea simplificat, predomină multe fraze generale. În procesul tehnologic un rol important îl are compoziția chimică a apelor subterane. S-a stabilit, că cel mai bine se supun prelucrării apele cu mineralizarea generală relativ nu prea mare și cu un conținut minim de metale alcalinopământoase (calciu, magneziu, bariu), astfel de ape necesită un consum mai mic de acizi la impuritățile nocive, chiar și la acidifierea sărurilor ele se pot delimita și pot înfunda sorbenții și filtrele.

Este îndoielnic (pag. 152), că valoarea volumelor de producere a iodului și bromului, sunt calculate, după autor, prin calcule speciale. Pentru ca, să se determine semnificația zăcământului pentru economia țării este necesar să se efectueze evaluarea economico – geologică. Nu este clar în ce orizont acvifer se scurg apele reziduale – înapoi în jurasic sau în sarmațianul inferior? În text sunt o mulțime de greșeli.

Prin metoda rezistivității (pag. 153) se determină zonele afluxului de apă și viteza filtrării, pe curba de conductivitate specifică se determină mineralizarea apei în sondă, și nu reziduul uscat.

În concluzie menționăm, că monografia „**Zăcăminte hidrominerale ale Republicii Moldova**” este o lucrare bine venită, dar calitatea lucrării însă este scăzută. Lucrarea dată este foarte greu de înțeles de către specialiștii care nu cunosc limba rusă și nu sunt familiarizați cu cercetările și prospecțiunile geologice, desfășurate anterior pe teritoriul Republicii Moldova. Autorului se recomandă a efectua o amplă redactare științifică, cât și gramaticală și stilistică. Numai după o asemenea redactare, ori însoțirea fiecărui exemplar al lucrării cu o listă de corecții poate îmbunătăți imaginea negativă, formată de lucrarea dată.

Moraru Constantin E.

**Răspuns la recenzia d-lui dr. Bogdevici Oleg pentru monografia
“ZĂCĂMINTE HIDROMINERALE ALE REPUBLICII
MOLDOVA”, autor dr.Moraru Constantin**

Monografia recenzată este prima lucrare științifică în țara noastră în domeniul apelor subterane industriale. După definiție apele subterane industriale conțin elemente chimice, care au o valoare industrială (I, Br, K, Ra, Li ș.a.) [Geologhiceskii slovare, 1978] și pot fi extrase din aceste ape. Noțiunea de ape subterane industriale este din traducere din limba rusă, rar se folosește în terminologia de specialitate română, însă se folosește des în literatura internațională de specialitate. Apele subterane industriale se folosesc pe larg în plan internațional [Kudelskii, Kozlov,1970; Kudelskii, 1978; Garetskii (red), 1983;Collins, 1979].

Nici o lucrare științifică nu este fără neajunsuri și unor specialiști una și aceeași lucrare le place, iar altora nu. Fapt firesc în știință. Această noțiune de democrație în domeniul cercetării este “de când lumea și pământul”. Sunt foarte dese cazuri când un consiliu științific aprobă o lucrare considerând-o strălucită, iar altul – consideră aceeași lucrare absolut nereușită. Istoria științei cunoaște o sumedenie de cazuri la această temă.

În cazul nostru sunt necesare următoarele explicații, care sunt la baza recenziei d-lui Bogdevici O. Monografia “Zăcămine hidrominerale ale Republicii Moldova” a văzut lumina zilei în toamna a.2011 sub redacția științifică a cunoscutului geolog, dr.hab. în științe geologice și mineralogice Leonid Romanov. Din lipsa majorității, condiționată de perioada de vacanță, nu s-a reușit discutarea lucrării la ședință Consiliului științific al Institutului. Termenii de prezentare a cărții la tipografie trebuie respectați (cine a publicat cărți cunoaște bine despre ce e vorba). Autorul a prezentat monografia la tipografie. Despre acest fapt a fost anunțat d-nul dr.hab. V.Alcaz.

Totul putea să fie bine, însă autorul în decembrie a.2011 a hotărât să prezinte monografia în cauză la concursul anual a lucrărilor științifice în cadrul AȘM. În data de 18 noiembrie a.2011 a fost convocat consiliul științific al Institutului de Geologie și Seismologie AȘM cu agenda “Examinarea și recomandarea monografiei d-lui dr. C.Moraru “Zăcămine hidrominerale ale Republicii Moldova” la premiul AȘM pentru lucrarea a.2011”. Total membri a Consiliului -19, prezenți – 15. În rezultatul votării (pentru -11, contra -1, abțineri -3). Consiliul științific a hotărât: a recomanda monografia d-lui Moraru C. “Zăcămine hidrominerale ale Republicii Moldova” pentru participare la concurs pentru Premiul AȘM pentru a.2011. Printre cei care au votat Pentru a fost și d-l dr.Bogdevici Oleg (!!!) (când dumnealui a fost sincer: atunci sau acum).

Câteva aspecte morale a recenziei.

1) Monografia este scrisă în limba română. D-nul Bogdevici O. este vorbitor de limbă rusă (fără nici un sens de discriminare națională) și limba română o “percepe” la nivel de începător. La întrebarea autorului către el, dacă nu consideră stranie situația, că face o recenzie la o lucrare în limba română, fără a înțelege sensul deplin a ideilor expuse în carte de către autor. Dumnealui a răspuns, că exprimă opinia unui grup de colegi (probabil nu au îndrăzneala să vorbească direct), care au și pregătit recenzia (pentru d-nul Bogdevici și sub titlul unii numai autor și considerat cel mai îndrăzneț).

2) D-nul Bogdevici O. nu este specialist în Hidrogeologie și mai concret în Hidrogeochimie. După teza sa de doctor cu titlul “Studiul particularităților schimbării proprietăților fizico-mecanice a argilelor în procesul de dezagregare” (specialitatea 04.00.07 Geologie tehnică, permafrostologie și cercetări tehnologice ale rocilor) [Bogdevici, 1992] este specialist în domeniul geologiei tehnice. Aceasta și face zi de zi, și știe bine, dar uneori face și geochimie superficială. La întrebarea autorului nu consideră, că după specializarea științifică este neînțeles faptul “intervenției” în domeniul hidrogeochimiei fără o pregătire specială. Răspunsul a fost, că nu consideră important. Adică, de ce mai există nomenclaturi științifice, când se poate aprecia orice lucrare științifică, fiind chiar și din domeniul cercetărilor spațiale. Se poate în adaos de menționat, că și acei “colegi” care au pregătit recenzie pentru O. Bogdevici tot nu sunt specialiști în hidrogeologie și unii chiar și fără pregătirea specializată în geologie la facultate..

În acest context, autorul în mod cronologic, succint și responsabil va răspunde la principalele obiecții reflectate în recenzie.

1) Monografia nu prezintă numai o sinteză a materialelor publicate și a materialelor din Fondurile AGeoM, dar și o prelucrare a materialelor proprii, care sunt colectate în decurs de 25 de ani (cum ar fi heliu, microelemente în acviferele sarmațiene, etc.). Însă trebuie de menționat, toată lumea face sinteze științifice și cu cât este mai mare lista bibliografică, cu atât este mai valoroasa lucrarea. Exemplu: reviste străine fac accesul liber la abstract și lista bibliografică.

2) Da, sunt unele omiteri de ordin gramatical, care în ansamblu nu schimbă esența și valoarea publicației (acest fapt se întâlnește pretutindeni și în orice țară și limbă). Situația se tratează prin adaosul Eratei, care este în curs de pregătire de către autor. Faptul se explică, că în prezent majoritatea tipografiilor sunt fără redactori tehnici și toată sarcina cărții este pe “spatele” autorului.

3) Denumirea lucrării corespunde 1:1 conținutului ei, cu excepția, că autorul atribuie resursele geotermale tot la apele subterane industriale și explică în monografie în detalii acest motiv. În câteva cuvinte, autorul consideră, că apele geotermale se folosesc pentru obținerea potențialului de căldură, așa cum din ape se obțin elemente chimice rare.

4) Utilizarea toponimelor geologice sau corect denumirii vârstelor geologice este o problemă nu doar la noi, dar și în toată lumea. În SUA (din experiența proprie de 3 ani a autorului în SUA) fiecare Stat are denumirile sale a vârstelor geologice, care la nivel mare pot fi generalizate și aduse la scara internațională. Cât privește “neogene” sau “neogenice” ș.a. este o declinare caz de la caz și nu poate fi considerată principială (dar recenzentul se crede mai credincios decât Papa de la Roma)

5) Fig.3.2, cu obiecție lipsă precizarea amplasării granițelor Scutului Ucrainean ș.a. structuri – este cu trimitere bibliografică la autorii [Volovic ș.a., 1988]. Cred, ca d-nul Bogdevici trebuie să consulte această lucrare. Și încă, figura citată în monografie este doar o schemă, fără scară și important că pe ea nu sunt indicate hotarele țării...și cum recenzentul a determinat granițele scutului cristalin?

6) Referitor la depresiunea Predobrogeană și ciclul geosinclinal Alpin. În prezent nu există o opinie unică atât cât la denumirea depresiunii (Jurassică, Trias-Jurassică, Jurassică Moldovenească, Predobrogeană etc.) cât și la vârsta formării ei în orogenul Alpin, o fază a Mezozoicului târziu. Autorul consideră așa cum e menționat în monografie.

7) Conform [Geologia SSSR, v.45, 1969] fig.1, în schema orografică a Republicii Moldova, partea extremă de nord este numită ca partea componentă a înălțimii Hotinului. Probabil recenzentul nu recunoaște această schemă. Autorului îi place și face referință la ea. Deaceea este corect, ca alimentarea apelor subterane a teritoriului Moldovei are loc preponderent în cadrul platoului Volîno-Podolian și inclusiv în cadrul unui fragment al înălțimilor Hotinului, poalele cărora se extind în nordul Rep. Moldova. Cui nu-i place această schemă orografică - poate elabora alta, dacă posedă cunoștințe în acest subiect.

Alte obiecții sunt de ordin general. Se spune, că în cap.3 schema stratigrafică este învechită. Aceasta este părerea recenzentului dacă se duce și în stratigrafie... În majoritatea lucrărilor geologice în țara noastră și Ucraina încă se păstrează termenii “tortonian” și “badenian”, care cu regret nu sunt unanim recunoscute de specialiștii practici. Specialiștii în hidrogeologie obișnuiau să folosească tortonian, care parțial formează un acvifer de adâncime. Aceasta este o problemă, care încă se discută, așa cum ar fi denumirile Badenian superior (Kossovian), Volhinian, Basarabean, Chersonian (din cadrul Sarmațianului), care nu sunt încă recunoscute de specialiștii în Rep. Moldova și Ucraina, și nu corelează stratigrafic perfect în aceste teritorii.

Lipsa de logică (menționată de d-nul Bogdevici O.) în cap. 3 este ruptă din contextul textului. Se scrie pentru structura geologică, ca sedimentele situate mai jos de formațiunile jurasice sunt studiate insuficient și nu prezintă interes din punct de vedere al lucrării prezente (adică pentru descrierea structurii geologice). Iar datele din capitolul 5 descriu hidrogeochimia acviferilor de vârstă permian-triasică ș.a. Acestea sunt două lucruri diferite și bine înțelese de specialiștii în materie.

Și iar la cap. 5 “Evaluarea geologică – hidrogeologică a posibilității folosirii apelor industriale subterane”...că chipurile cu caracter general, publicate anterior...nu prezintă interes ș.a. Sigur, că recenzentul nu este citit în acest domeniu, nimic măcar să facă cunoștință cu un ciclu de lucrări a autorului. Ceva a fost publicat anterior (de Autor!!!) și cu tot respectul față de ambițiile recenzentului, dar așa este regula, autorul poate să folosească materialele proprii de atâtea ori de cât consideră necesar. Mai mult decât atât, ideea expusă în acest capitol este nouă și îmbină toate spectrele de categorii ale apelor industriale. Alta este, că recenzentul nu a înțeles această strategie.

Cu privire la noțiunea de zăcământ, trebuie de menționat, că atât zăcămintele de heliu, cât și ape cu I, B și Br și altele au fost demult calculate rezervele pentru unele părți ale țării [Cireev, 1973,1975,1985 ș.a.]. Alta este, ca acest domeniu este puțin cunoscut, fiind foarte profesional și complex. Fără cunoștințe și o pregătire specială este foarte dificil să înțelegi esența lucrărilor. Așa cum ar fi dacă d-nul Bogdevici O. ar fi în interiorul unei stații atomice și cineva ar zice, dar ce diferență este între ea și o stație hidroelectrică...Ce să zici, dacă și una și alta este “terra incognita”....

Însă cu schema tehnologică, cum așa spune m-au diplomat, d-nul recenzent a dat cu “capul în bară...”. În monografie se aduce trimitere bibliografică la sursa de citare [Tehnico –economiceskii doclad..., 1984].Unul din cele mai vestite Instituții din fosta URSS (or.Permi, Institutul de chimie aplicată, a.1984) a elaborat schema prelucrării I și Br din zăcământul (calculat) Ciumai. Fredonarea recenzentului la această temă absolut este fără temei și se poate menționa categoric “No comments” pentru recenzent (și colegii lui) sau să plece la Permi după explicații speciale.

Recenzentul nu înțelege o serie de termeni speciali din domeniul geochimiei cu care autorul operează în capitolul 1. Este vorba de noțiunile de tehnofilitate (proporție între dobândirea anuală a elementului chimic și a clark-ului său în scoarța terestră),

talosofilitate (proporție a concentrației clark a elementului chimic în ocean și a clark-ului aceluiași element în scoarța terestră) ș.a. Aceste noțiuni sunt larg răspândite în geochimia modernă [Pereliman, 1989]. Da, în literatura română nu se folosesc până când, dar aceasta nu înseamnă că autorul nu are dreptul să propună comunității științifice câțiva termeni noi, fiind chiar din limba rusă. Apropo, majoritatea manualelor românești pentru geologie sunt traduse din limba rusă [Geochimie, Saukov, 1954; Tectonica Generală, Kosîghin, 1962 și multe altele].

Alte obiecții sunt alegorice, fiind numai început de discuții și autorul este gata s-o facă, dar cu o condiție, că recenzentul (și colegii săi, care i-au inspirat materiale provocatoare pentru recenzie și l-au pus la “bătaie”) să citească cât mai multă literatură în domeniu sau cu alte cuvinte să fie pregătiți de o discuție adevărată, fără invidii și în perimetrul eticii științifice.

Toată recenzia este axată pe “puncte și virgule” scăpate de obositul autor. și îmi pare rău, că nu s-a atins nici o obiecție de ordin hidrogeochimic (formarea complexelor chimice a elementelor rare, estimarea geostatistică și veridicitatea ei, perspectiva reală a folosirii apelor industriale și altele de ordinul gândirii academice). Apele geotermale au noțiunea de potențial de căldură, care poate fi folosit în anumite condiții tehnice. Are oare recenzentul potențial de cercetător sau numai orgoliu de titlul doctorului în științe? Timpul ne va demonstra, dar sunt convins, că pentru d-nul Bogdevici O. e târziu să mai facă carte în Hidrogeochimie, dar cine știe...și iar cu potențialul de căldură și pentru el și colegii lui de recenzie.

Noi producem cunoștinței și ele sunt pentru toți. Însă să nu uităm o tratare filozofică din Biblie: Dumnezeu ne dă ce dorim, dar nu ne pune în geantă, mult stimat Recenzent.