

Основні результати роботи

1. Отримано математичні співвідношення для розрахунку потенціальних полів (Z_a , H_a , ΔT_a , Δg , V_{xz} , V_{zz}) для прямокутної комірки.

2. На базі теоретично розрахованих графіків вибрані найбільш інформативні характеристики і визначено оптимальний набір моделей для формування бази даних.

3. Відпрацьовано алгоритм осереднення та розроблено методику формування бази даних у оперативній пам'яті, тобто у віртуальному режимі, що включає трансформацію полів та їх порівняння.

4. На точність розв'язку оберненої задачі магнітометрії за допомогою осереднювальної методики впливає радіус осереднення. В результаті створено алгоритм для розрахунку радіусу ковзаючого вікна.

5. Проведено апробацію виконаних розробок на експериментальних матеріалах. Виділення за допомогою осереднення дає змогу працювати із малоамплітудними аномаліями, котрі вивчаються в останній час на виробництві.

6. У порівнянні з виділенням аномалії за допомогою сплайн-функцій технологія осереднення дає у декілька

разів меншу похибку визначення параметрів джерела магнітного поля.

7. Створений апарат дозволяє знаходити найбільш достовірну модель вихідного наближення джерела потенціальних полів для подальшого використання їх в методі машинного підбору.

1. Якимчук М. А., Леваšov С. П., Корчагин Г. М., Прилуков В. В., Якимчук Ю. М. Виділення слабоінтенсивних магнітних аномалій та їх інтерпретація // Геоінформатика, № 1, 2002. – Київ, С. 48-62.
2. Yakymchuk M., Korchagin I., Mikheeva T., Jrlava M., Yakymchuk Y. Gravity and magnetic modeling of anomalous sources of complex configuration / Proceeding of the Estonian Academy of sciences, Geology, 51/1, 2002. – p. 47-59.
3. Булах Е. Г., Ржаницын В. А., Маркова М. Н. Применение метода минимизации для решения задач структурной геологии по данным гравиразведки / Научная думка. – Киев, 1976. – С. 45.
4. Гришук П. И. Программное решение прямой задачи магнитометрии в классе горизонтальных многогранников / Сб. научных материалов межд. конф. "Теоретические и практические проблемы интерпретации потенциальных полей", – Киев, 2005. – С. 168-178.
5. Логачев А. А., Захаров В. П. Магниторастворка, 5-е изд., перераб. и доп. Л., Недра, 1979. с. 125.
6. Гура К. А., Гришук П. И. Обратная задача для наклонного параллелепипеда // Геофиз. журн. – 2003. – 25. № 3. С. 169-177.
7. Гришук П. И., Гура К. О., Нурмухамедов В. Г. Виділення слабоінтенсивних магнітних аномалій та їх інтерпретація // Вісник КНУ, Серія Геологія, № 34-35, 2005. – Київ, С. 65-69.

УДК 550.83-1029.12

О.І. Меньшов, асп.,
А.В. Сухорада канд. геол.-мінералог. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТОВИХ ПОКРИВІВ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПОВОГО АГРОГЕОФІЗИЧНОГО СТАЦІОНАРУ

Розглянуто магнітні властивості ґрунтових покривів Східного Лісостепового агрогеофізичного стаціонару. Приведено розподіли в ґрунтових генетичних горизонтах та при різних геоморфологічних ситуаціях магнітної сприйнятливості, природної залишкової намагніченості, сумарної та ефективної намагніченостей.

The magnetic properties of the soil cover of The East Forrest-Stepp agrogeophysical station are considered. The distribution of the magnetic susceptibility, natural remanent magnetization, summary and effective magnetization in the soil genetical horizons and in connection with geomorphological situations are described.

Накопичений нами досвід досліджень в галузі педомагнетизму [1, 2] засвідчує необхідність проведення відповідних спостережень в режимі моніторингу на територіях, які відзначаються найбільш характерними ландшафтними ситуаціями і геоморфологічними ознаками в межах основних агрокліматичних зон України.

Для реалізації зазначеного вище ґрунтовий покрив необхідно досліджувати комплексно та протягом тривалого часу. З цієї метою створюється державна мережа агрогеофізичних полігонів та стаціонарів, на територіях яких можна реалізовувати відповідні роботи. Такі полігони і стаціонари розташовуються в місцях, що репрезентують характерні для агрокліматичних зон України ландшафтно-ґрунтові та геоморфологічні ситуації з розповсюдженням основних характерних для відповідних зон ґрунтових покривів.

Коротко розглянемо ієрархічну систематику мережі державних агрогеофізичних стаціонарів. Мережа агрогеофізичних стаціонарів включає в себе точки спостережень різного рангу. Розглянемо номенклатуру даної агрогеофізичної мережі.

Агрогеофізичний полігон. Окремий ієрархічний рівень, що охоплює досить велику територію, характеризується наявністю відповідних земельних ресурсів, сільськогосподарської техніки та кадрового потенціалу для реалізації стаціонарних педомагнітних досліджень та відповідного моніторингу. Агрогеофізичний полігон як і стаціонар характеризується типовим для даної природно-кліматичної зони ґрунтовим покривом і ре-

льефом. Може включати в себе дослідні ділянки, пункти, точки спостережень.

Агрогеофізичний стаціонар. Окремий ієрархічний рівень, який відрізняється від полігону відсутністю техніки. Головна особливість – існування земельних ресурсів та відповідних кадрів. Включає дослідні ділянки, пункти, точки спостережень

Дослідна ділянка. Окрема репрезентативна ділянка для педомагнітних досліджень, яка може бути складовою частиною полігону або стаціонару. Другий нижчий рівень.

Точка спостережень. Будь-яка точка, певна площа для більш детального вивчення, де були проведені певні агрогеофізичні дослідження.

Пункт. Певний пункт спостережень, що не входить до великих стаціонарів, проте земельний ресурс існує протягом довгого часу. Наприклад, заповідники.

Лісостепова агрокліматична зона України є найбільшою в Україні, а як наслідок в її межах найбільш широко проводяться сільськогосподарські роботи, її геологія відіграє важливу роль при вирішенні відповідних картуально-пошукових задач галузі, в межах зони знаходяться потужні екологічно небезпечні підприємства. Більш детально охарактеризуємо [3, 4] Лісостепову агрокліматичну зону України, в межах якої знаходиться Східний Лісостеповий агрогеофізичний стаціонар. Ґрунтовий покрив зони складний, місцями дуже строкатий. Його представляє біля 160 ґрунтових видів дуже широкого генетичного і агрономічного діапазонів, що зустрічаються до того ж в вельми різноманітних комбінаціях (комплексах). Головною особливістю переважної біль-

шості ґрунтів зони є літологічна однорідність, викликана однотипністю материнських порід. За винятком заплавлених, піщаних терасових і сильно еродованих ґрунтів, що залягають на елювії корінних порід, всі інші ґрунти зони сформувалися на лесах. Останні суцільно покривають межирічні плато і річкові тераси, крім заплавної і першої надзаплавної. На терасах річок лес, як правило, засолений розчинними солями.

Механічний склад вододільних ґрунтів, незалежно від їх генетичної природи, суглинковий: в північній периферії зони крупнопилувато-легкосуглинковий, в середній смузі крупнопилуватий і пилувато-середньосуглинковий, в південній смузі, що межує зі Степом, важкосуглинковий і навіть легкоглинистий.

У ґрунтовому покриві Лісостепу провідне значення мають чотири основні групи ґрунтів: чорноземи типові, опідзолені, реградовані і галогенові ґрунти. Перші три типи, займаючи сумарно біля 13 млн. га, панують в межах піднесено-рівнинних провінцій, а чорноземи місцями і на високих терасових рівнях. Лісостепові ландшафти почали формуватися у неогені. Літогенна основа різноманітна. В західній частині зони в межах Волині і Поділля і на західному схилі щита під антропогеновим покривом залягають відклади верхньої крейди та неогену. У глибоких кайноподібних долинах Поділля відслонюються відклади кембрійської, ордовіцької, силурійської систем.

У формуванні ландшафтних рис велике значення мають антропогенові лесові відклади. В сучасному рельєфі переважають ерозійно-аккумулятивна морфоскульптура, створена процесами площинної та глибинної ерозії, аккумуляції, а також зсувними, просадочними процесами і в окремих районах карстовими явищами. Зональними типами ґрунтів лісостепу є чорноземи типові опідзолені і реградовані, а також сірі лісові ґрунти. Найбільш поширеними ґрунтами зони є малогумусні і середньогумусні глибокі чорноземи, легко- і середньосуглинкові за механічним складом.

Для ландшафтів зони характерне зростання ролі перехідно-аккумулятивних процесів на фоні вилугування ґрунтів, широкий розвиток площинного змиву і глибинної ерозії, поєднання процесів заболочування з засоленням.

Для вирішення прикладних задач [5, 6], що ставлять перед нами ті галузі народного господарства, які останнім часом з успіхом користуються послугами магнітометрії, важливою є інформація про магнітні властивості ґрунтів в межах антропогенно незабруднених еталонних ділянок, якими, вочевидь, являються агрогеофізичні стаціонари.

Однією з дослідних ділянок в межах Східного Лісостепового стаціонару є ділянка "Конони", на якій нами нами комплексно досліджуються магнітні властивості ґрунтового покриву Лісостепової агроґрунтової зони України протягом багатьох років. Дослідження проводяться як в польових умовах, так і в умовах лабораторії (вимірюються та інтерпретуються лабораторні магнітні параметри). Магнетизм ґрунтів вивчається по вертикалі та латералі з урахуванням усіх геоморфологічних особливостей території. Серед досліджуваних магнітних параметрів основними для вирішення прямої та оберненої задач педомагнітометрії є величини сумарної (J_{Σ}) та ефективної (I_{ef}) намагніченостей.

Дана територія є унікальною з наукової точки зору в зв'язку із розповсюдженням на порівняно невеликих площах (не більше десятків га) усіх основних зональних типів ґрунтового покриву, що характерні для Лісостепу (сірі лісові та чорноземні відміни ґрунтового покриву), а також наявності завдяки розгалуженій сис-

темі водотоків відповідних ландшафтних перетинів різного класу – катен.

Проаналізуємо головні особливості поведінки сумарної намагніченості та її складових, що досліджені в лабораторних умовах за орієнтованими зразками ґрунту, які були відібрані в межах мікрокатени, що перетнула основні форми рельєфу стаціонару "Конони" та порівняємо відповідні величини з їх польовими аналогами (рис. 1). В той час, як лабораторна магнітна сприйнятливості в цілому повторює закономірності польової магнітної сприйнятливості, сумарна намагніченість поведе себе не завжди так само. Це відбувається, головним чином, за рахунок внеску залишкової намагніченості, яка згладжує криву. В той же час за рахунок індуктивної компоненти з'являється кілька додаткових максимумів. Перший з них, різко виділяє перехід із пониженої частини рельєфу з лучним ґрунтом до поступового підвищення (схил) з пануванням сірого лісового ґрунту. Схожий максимум виділяється і в прикінцевій частині перетину (пікет 550, перехід до лучних ґрунтів балки Мерщина), де також на розділі ґрунту сірий лісовий-лучний спостерігаємо максимум.

Таким чином, найбільш чітко диференціюється крива сумарної намагніченості за рахунок індуктивної складової. Абсолютні значення сумарної намагніченості для сірого лісового ґрунту даного перетину в цілому невисокі і змінюються залежно від геоморфологічних особливостей в межах $J_{\Sigma}=10\text{--}20\cdot 10^{-3}$ А/м, найнижчі значення притаманні лучним ґрунтам низовинних територій $J_{\Sigma}=5\text{--}10\cdot 10^{-3}$ А/м.

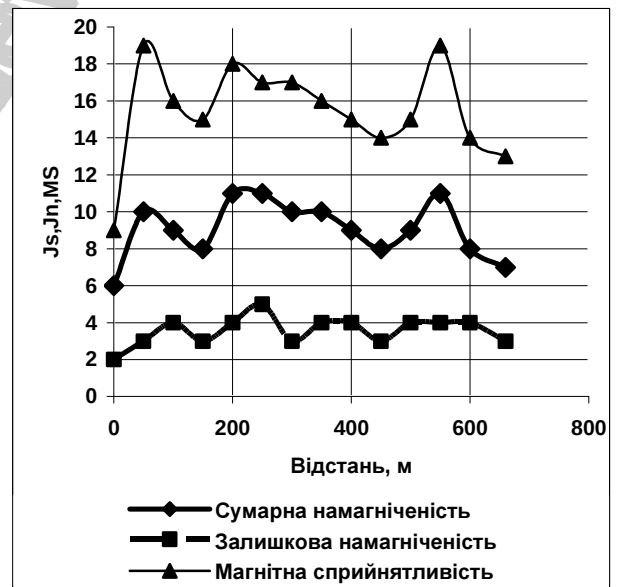


Рис. 1. Порівняльний графік розподілу J_{Σ} , J_n , MS вздовж ландшафтного перетину дослідної ділянки Конони

Для дослідження розподілів магнітних властивостей в ґрунтових генетичних горизонтах з переходом до підстилаючої материнської породи в межах даної дослідної ділянки було закладено ряд ґрунтово-геофізичних розрізів.

Вертикальний розподіл сумарної намагніченості для сірого лісового ґрунту даного полігону представлений на рис. 2.

Наявність гумусного елювіального та гумусного ілювіального горизонтів визначає структуру кривої. Від поверхні ($J_{\Sigma}=9\cdot 10^{-3}$ А/м) з переходом від елювіального ($J_{\Sigma}=10\cdot 10^{-3}$ А/м) до ілювіального горизонту ($J_{\Sigma}=14\cdot 10^{-3}$ А/м) J_{Σ} зростає, а падає лише при переході до материн-

ської підстилаючої породи ($J_{\Sigma}=6 \cdot 10^{-3}$ А/м). Ефективна намагніченість $I_{ef} = 6 \cdot 10^{-3}$ А/м.

Розглянемо розподіл з глибиною величини сумарної намагніченості в ґрунтовому розрізі, що розташований в межах низовинної ділянки досліджуваної території, поруч з балкою (рис. 3).

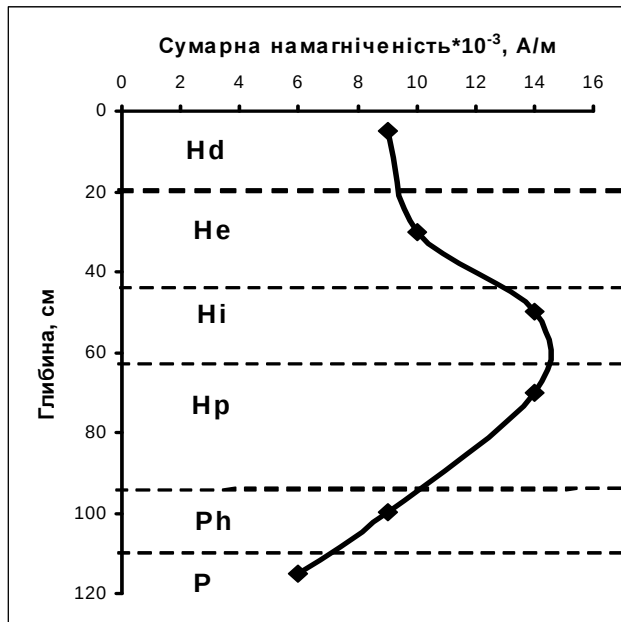


Рис.2. Розподіл сумарної намагніченості з глибиною для сірого лісового ґрунту дослідної ділянки "Конони"

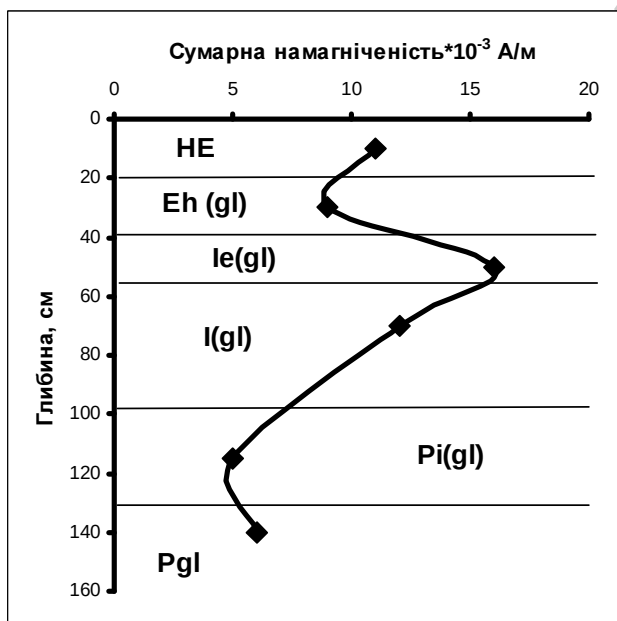


Рис.3. Розподіл сумарної намагніченості з глибиною для ґрунтового розрізу, що розташований в низовинній частині ландшафту дослідної ділянки "Конони"

Проаналізуємо даний розподіл. Максимальні значення сумарної намагніченості фіксуються в верхньому гумусному елювіальному горизонті та ілювіальному глейовому горизонті на глибині 40-60 см. Пониження сумарної намагніченості в елювіальному гумусному глейовому горизонті спричиняється вимиванням з нього носіїв магнетизму в ґрунті. З глибиною сумарна намагніченість падає при переході до горизонтів підстилаючої материнської ґрунтової породи. Зауважимо, що майже вздовж усього ґрунто-

вого профіля (окрім верхнього гумусного горизонту) спостерігається оглеєність ґрунту, що може бути спричинене розташуванням даного розрізу в низовинній частині рельєфу, яка характеризується високим ступенем зволоження, розповсюдженням гідроморфного типу ґрунту. В цілому по розрізу величини сумарної намагніченості невисокі і сягають лише $10-15 \cdot 10^{-3}$ А/м в найбільш магнітних генетичних горизонтах. Сумарна намагніченість підстилаючої породи незначна, близько $4-6 \cdot 10^{-3}$ А/м. Ефективна намагніченість ґрунтового покриву даної низовинної болотистої ділянки типу балка складає $5,2 \cdot 10^{-3}$ А/м.

Крім того, в межах дослідної ділянки "Конони" вивчався розподіл сумарної намагніченості з глибиною для ґрунтового покриву, що розповсюджений в найбільш високій частині території на плакорі – водорозділі. Отримані результати проілюстровані нами за допомогою графіка на рисунку 4. Проаналізуємо їх нижче.

Головна особливість даного ґрунтового розрізу полягає в тому, що в його будові відсутній елювіальний горизонт, проте, спостерігаємо підвищення значень магнітної сприйнятливості на певній глибині. В даній ситуації роль елювіального горизонту відіграє верхній гумусний горизонт, який і визначений як гумусний елювіальний. Тобто, в даному профілі сумарна намагніченість до певного рівня росте з глибиною. Найвищі значення відзначаються в ілювіальних гумусних горизонтах. Дані генетичні горизонти лежать на глибині 30-100 см. Глибше сумарна намагніченість досить різко падає при переході до підстилаючої породи, яка представлена ілювіальною породою та найнижчим горизонтом – карбонатною породою. Величини сумарної намагніченості невисокі, складають $10-15 \cdot 10^{-3}$ А/м в найбільш магнітних генетичних горизонтах. Сумарна намагніченість підстилаючої породи $3-8 \cdot 10^{-3}$ А/м. Ефективна намагніченість ґрунтового покриву даної вододільної ділянки рельєфу $6,3 \cdot 10^{-3}$ А/м.

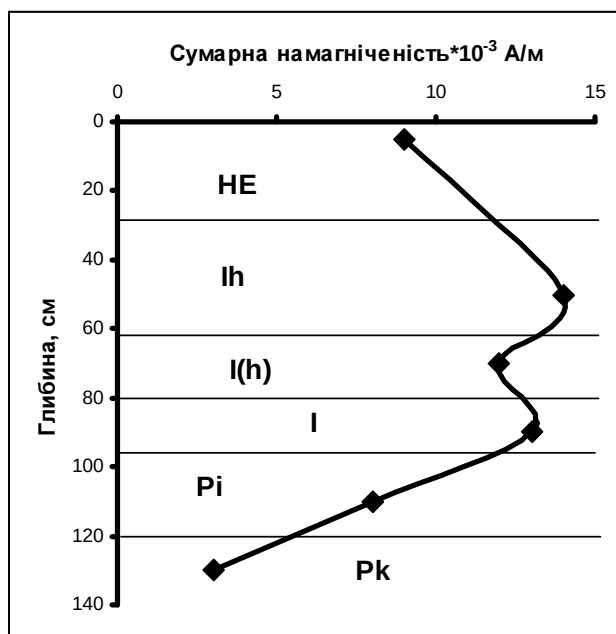


Рис.4. Розподіл сумарної намагніченості з глибиною для ґрунтового розрізу, що розташований на водороздільній частині ландшафту дослідної ділянки "Конони"

Таким чином, за отриманими на даному етапі результатами дослідження магнітних параметрів ґрунтових покривів Східного Лісостепового агрогеофізичного стаціонару на прикладі дослідної ділянки "Конони" відзначимо наступне. В цілому ґрунтовий покрив характеризується не-

високими значеннями сумарної намагніченості та інших досліджених магнітометричних параметрів. В той же час ефективна намагніченість є доволі високою як для сірого лісового та чорноземного типу ґрунтового покриття Лісостепової агрокліматичної зони України. Аналіз вертикальних розподілів сумарної намагніченості при різних геоморфологічних ситуаціях і, зокрема, при переході від низовинних до плакорних частин ландшафтних перетинів показує, що будова відповідних генетичних горизонтів відбивається на варіаціях величин сумарної намагніченості та інших магнітних величин. Наймагнітнішими є верхні гумусні генетичні горизонти та ілювіальні горизонти. Підстилаюча ґрунотвірна порода в цілому є немагнітною, що спричиняє наявність додатних величин ефективної намаг-

ніченості. Крім того, на магнетизм ґрунтів впливає ступінь зволоженості дослідних ділянок.

1. Сухорада А.В., Меньшов А.И. Суммарная и эффективная намагнитченность почвенного покрова Украины и ее роль в магнитных съемках будущего // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. К.-2005. С. 278-280.
2. Сухорада А.В., Круглов О.В., Меньшов О.И. Системні дослідження магнітних властивостей орного шару деяких ґрунтів Лівобережжя України // Вісник КНУ Тараса Шевченка, Геологія, випуск 34. К.-2005. С. 45-49.
3. Атлас почв Украинской ССР. Под. ред. Крупского Н.К., Полулана Н.И. К.: Урожай, 1979.- 160 с.
4. Маринич О.М., Ланько А.І., Щербань М.І., Шищенко П.Г. Фізична географія Української РСР. – К.: Вища школа, 1982. – 208 с.
5. Сухорада А.В., Меньшов О.И. Про сучасний розвиток агромагнітометрії в Україні // Матеріали V Міжнародної наукової конференції "Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища". К.-2004. С.145-146.
6. Sukhorada A. Menshov A. Magnetic properties of the typical Ukraine soils. Results of the investigations // Journal of the Balkan Geophysical Society, Vol. 8, 2005, P.533-537.

Надійшла до редколегії

УДК 550.34

Л.Є. Назаревич, інж.
А.В. Назаревич, канд. фіз.-мат. наук, ст.н.с.

ХАРАКТЕРНІ ЗЕМЛЕТРУСИ БЕРЕГІВСЬКОЇ СЕЙСМОГЕННОЇ ЗОНИ: ОСОБЛИВОСТІ ДЖЕРЕЛА І МАКРОСЕЙСМІЧНОГО ПОЛЯ

На прикладі одного з характерних землетрусів Берегівської сейсмогенної зони в Закарпатті – Берегівського землетрусу 1965 року проаналізовано особливості його джерела, процесів у ньому та частотного складу сейсмічного випромінювання, а також особливості загасання макросейсмічного поля даного землетрусу.

On example of one of typical earthquakes of Beregovo seismic area in Transcarpathians – Beregovo earthquake in 1965 the peculiarities of his source, of processes in him and of frequency composition of seismic radiation and also peculiarities of attenuation of macroseismic field of this earthquake are analyzed.

Вступ. Берегівська сейсмогенна зона є однією з найбільш сейсмоактивних і найкраще вивчених комплексом геолого-геофізичних методів зон у Закарпатті. Нами вже проведено цілий ряд досліджень особливостей геодинамічних процесів у цій зоні за геоакустичними, деформографічними, сейсмологічними та іншими даними ([1-11] та ін.). Зокрема, детальні дослідження проведено по одному з найсильніших у цій зоні за останні 100 років і найкраще вивчених Берегівському землетрусу 24.10.1965 року. На основі комплексного аналізу сейсмологічних, геолого-геофізичних, геодезичних, геоморфологічних даних встановлено [3, 9, 11], що даний землетрус відбувся на Берегівському меридіональному розломі і за механізмом джерела був скидо-розсувного типу з деякою зсувною компонентою (див. також нижче). Враховуючи, що такий механізм джерела узгоджується з встановленою за геологічними та геоморфологічними даними кінематикою розривних порушень у цьому районі, нами зроблено висновок, що такі механізми можуть бути характерними для даної сейсмогенної зони. У даній роботі продовжено розгляд методик та результатів аналізу даних по цьому землетрусу, для якого нами за макросейсмічними даними визначено геометричні та вогнищеві параметри розриву і його просторову локалізацію [9].

Енергетичні характеристики джерела. Порівнюючи визначені за різними методиками енергетичні характеристики даного землетрусу з середньокореляційними залежностями, відзначимо, що величина моментної магнітуди M_W землетрусу, розрахована за формулою Канаморі [12] $M_W = 2/3 \lg M_0 - 10,7$ (де M_0 – сейсмічний момент (розраховується за кореляційною залежністю від енергетичного класу)), становить $M_W = 4,03$. А максимально можлива магнітуда, яка могла б реалізуватись на цьому розриві (у випадку геодинамічної обстановки субгоризонтального стиску і підкидо-зсувного механізми землетрусу), виходячи з наступного співвідношення з роботи Штейнберга і Пономарьової [13]: $\lg L = 0,45 M_S - 1,54$, становить 4,76 (враховуючи,

що визначена за макросейсмічним полем довжина розриву $L = 4$ км (див. нижче)), що є майже на одиницю вище, ніж фактична магнітуда, визначена за максимальною амплітудою S-хвилі ($M_{SH} = 3,7$). Це свідчить про суттєві (порівняно з середньокореляційними характеристиками) особливості Берегівської сейсмогенної зони як щодо тектонічної будови, так і щодо її геодинаміки, і, як наслідок, щодо механізму та параметрів джерела конкретного землетрусу.

Зміщення в джерелі. Аналізуючи співвідношення між зміщеннями у джерелі і розмірами розриву, нами використано встановлені Штейнбергом [14] залежності величини зміщення в джерелі D від довжини розриву L для розривів з різним типом механізму джерела, які описуються такими формулами:

$$\lg D = 0,79 \lg L - 1,3 \quad \text{– для зсувів;} \quad (1)$$

$$\lg D = 0,44 \lg L - 0,42 \quad \text{– для підкидо-насувів;} \quad (2)$$

$$\lg D = 0,52 \lg L - 0,35 \quad \text{– для скидів.} \quad (3)$$

Таким чином, величини зміщення D в джерелі Берегівського землетрусу 1965 року (при наведених вище визначених за макросейсмічним полем геометричних параметрах розриву) для зсуву становила 6 0,92 см, для підкидо-насуву – 0,15 см, а для скиду – 0,7 см.

Але, як показано нами раніше [3], розрив у джерелі Берегівського землетрусу 1965 року був складним. Так, за даними повторного нівелювання, під час землетрусу один з розділених сейсмогенуючим Берегівським меридіональним розломом блоків фундаменту (блок Берегівського горсту) піднявся на 1,5 мм (підкид), а інший (блок Берегівської депресії) опустився на 2 мм (скид). Отже, сумарна амплітуда взаємних вертикальних зміщень у джерелі становила 3,5 мм. З іншого боку, за проведеними нами за магнітудою та геометричними параметрами розриву визначеннями [9], загальні зміщення в джерелі цього землетрусу становили 4,9 мм. Тоді горизонтальна складова цих зміщень, враховуючи відому величину вертикальної, дорівнює 3,43 мм (зсув). Це якісно узгоджується з макросейсмічними даними,