

УДК 622.02

Карпенко В.М.<sup>1</sup>, Стародуб Ю.П.<sup>2</sup>

## Энергетический метод анализа теплообмена в глубокой скважине

### Abstract

*On the basis of experimental data, the geophysical energy method for analyzing the process of stationary heat exchange between the geological environment and the deep well space in which the drilling mud circulates during the washing of the well is developed. The method is based on the Stefan-Boltzmann radioactive heat transfer law according to the "hot" Earth model.*

**Keywords:** energy method, heat, deep well.

### Rezumat

*În baza datelor experimentale, a fost elaborată metoda energetică geofizică pentru analiza procesului schimbului staționar de căldură între mediul geologic și spațiul de adâncime a sondei în care circulă nămolul de foraj în timpul spălării sondei. Metoda se bazează pe legea de transfer a căldurii radioactive Stefan-Boltzmann conform modelului Pământului "fierbinte".*

**Cuvinte cheie:** metodă energetică, schimb de căldură, sondă adâncă.

### Резюме

*На основании экспериментальных данных разработан геофизический энергетический метод анализа процесса стационарного теплообмена между геологической средой и пространством глубокой скважины, в которой циркулирует буровой раствор при промывке скважины. Метод базируется на законе лучевого теплообмена Стефана-Больцмана согласно модели «горячей» Земли.*

**Ключевые слова:** энергетический метод, теплообмен, глубокая скважина.

### Введение

Бурение глубоких скважин всегда сопровождается нагреванием геологической средой (ГС) бурового раствора (б/р). Нагрев достигает таких значений температуры, при которых физико-химическая система б/р теряет свои технологические свойства. Это особенно опасно при простаивании скважин и важно при промывке и их бурении с недостаточной производительностью буровых насосов.

Контроль температуры на забое при проводке глубоких нефтяных и газовых скважин выполняется беспроводными датчиками температуры и давления, которые крепятся в составе комплекта низа бурильной колонны.

<sup>1</sup> Национальная акционерная компания «Нефтегаз Украины» 01601 Киев, ул. Богдана Хмельницького б., тел.+380663814781, ел. почта intexnaftogaz@ukr.net

<sup>2</sup> Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности Украина 79000 Львов ул.Клепаривская 35,тел.+380672663182.

### Постановка задачи исследования

Необходимо решить задачу длительного контроля температуры на забое глубокой скважины при изменении производительности циркуляционного насоса в геотермальных «зондах» (Isolated single well for an electric geothermal station – ISW-EGS) и использовать термоизолированные трубы эксплуатационной колонны для контроля температуры на забое скважины. Нерешённость проблемы связана с отсутствием достаточных экспериментальных данных, которые отображают опыт эксплуатации. В работе [1] упомянуто 450 существующих в мире станций типа ISW-EGS.

Основным подходом исследования теплообмена в глубоких скважинах остаётся метод, описанный в работах [2-11], построенный на основе закона теплопроводности Фурье.

В работах авторов на основании физического представления динамической теории кристаллических решёток [12] рассмотрены состояние и перспективы использования глубоких скважин для обеспечения потребителей тепловой и электрической энергией [14,15].

### Научная и практическая значимость

Первой научной проблемой существующего метода при практическом использовании является то, что данный метод предусматривает контроль и неравенство входной  $T_{вх}$  и выходной  $T_{вых}$  температуры (энергетического носителя) э/н на устье скважины, прогноз забойной температуры э/н при заданном априори параметре  $D_g$  - диаметр около скважинного пространства, который является основным в существующем методе, поскольку плотность теплового потока в геологической среде (ГС) определяется равенством  $q_g = -\lambda_g \cdot grad(T_g)$  [Вт/м<sup>2</sup>], где  $\lambda_g$  - теплопроводность ГС,  $grad(T_g)$  - температурный градиент в ГС, а на внешней

поверхности обсадной колонны диаметром  $D_c$  -  $q_g = \frac{2\pi\lambda}{D_c \ln\left(\frac{D_g}{D_c}\right)} (T_g - T_{e/n})$ , [Вт/м<sup>2</sup>],

где  $(T_g - T_{e/n})$  - разность температур между ГС и э/н. Так, при  $D_g \rightarrow \infty$  следует  $q_g \rightarrow 0$ , а при  $D_g \rightarrow D_c$ ,  $q_g \rightarrow \infty$ .

Второй научной проблемой существующего подхода является неопределённость связи между плотностью теплового потока в ГС, который определяется уравнением Фурье  $q_g = \lambda_g \cdot grad[T_g(L)]$ , до 0,15 Вт/м<sup>2</sup>, и естественным тепловым полем Земли, плотность теплового потока которого определяется спектром ИК-волн (инфракрасных-волн) законом Стефана-Больцмана на уровне 340 Вт/м<sup>2</sup> для стабильной температуры 10<sup>0</sup>С в ГС.

Третьей научной проблемой при использовании существующего метода является условие:  $T_{вх} = T_{вых}$ , которое не имеет места на практике при  $T_{вх} \neq T_{вых}$ .

Предложенный метод решения проблемы основывается на физическом представлении о модели «горячей» Земли, согласно которой естественное тепловое поле является следствием гравитационного сжатия Земли, как и температура ГС с глубиной. В результате всестороннего сжатия атомы и молекулы ГС уменьшают амплитуды своих колебаний, повышая их частоту, и, следовательно, повышают свою температуру Дебая, поскольку последняя определяется частотой колебаний атомов и молекул, определяющих скорость распространения акустических волн в ГС [12].

Зависимость объёмного модуля упругости от гравитационной энергии была впервые доказана в работе [13]. Зависимость температуры веществ от объёмного сжатия известна со времён Паскаля.

Цель статьи: Разработать энергетический метод оценки температуры э/н на забое глубокой изолированной одинокой скважины с целью обоснования проектирования энергетических параметров электрических геотермальных станций (ISW-EGS).

Энергетический метод анализа процесса теплообмена в глубоких скважинах основывается на следующих физических принципах:

- тепловая энергия ИК-волн, которые излучают атомы и молекулы ГС, увеличивается с глубиной, постоянна на заданной глубине (модель «горячей» Земли);
- температура обсадной колонны (ОК) равна температуре ГС по глубине;
- температура э/н и эксплуатационной колонны (ЭК) в скважине равны;
- рассматривается только лучистый теплообмен в скважине;
- скорость распространения энергии ИК-волн равна скорости акустических волн в ГС;
- в стационарном режиме кондуктивный теплообмен в ГС по горизонтальной плоскости отсутствует в силу одинаковых гравитационных энергетических уровней и температур на заданной глубине по всей глубине скважины.

Процесс теплообмена в системе «геологическая среда-скважина-земная поверхность» («ГС-С-П») рассматривается как нагревание э/н в природной постоянной мощности «микроволновой печи», не зависящей от технологического режима циркуляции. Процесс описывается энергетическим уравнением

$$\begin{cases} Q_{\downarrow}(L) + Q_{\uparrow}(L) + Q_{ek}(L) + \Delta Q_{\uparrow\downarrow}(L) = \\ = \int_0^{t_{\downarrow}} N_{\downarrow}(L) dt(L) + \int_0^{t_{\uparrow}} N_{\uparrow}(L) dt(L) + \int_0^{t_n} N_{\downarrow\uparrow}(L) dt(L) \end{cases}, \text{ Дж}, \quad (1)$$

где  $Q_{\downarrow}(L) = m_{\downarrow}(L)c\Delta T_{\downarrow}(L)$ ,  $Q_{\uparrow}(L) = m_{\uparrow}(L)c\Delta T_{\uparrow}(L)$ ,  $Q_{ek}(L) = m_{ek}(L)c_{ek}\Delta T_{ek}(L)$ ,

$L$  - глубина скважины.  $Q_{\uparrow\downarrow}(L) = c\Delta T_{\uparrow\downarrow}(L=0)\frac{dm}{dt}t_n(L)$  - накопленная тепловая энергия э/н в пространствах ОК-ЭК (движение вниз) и ЭК (движение), материалом ЭК, э/н на устье (земной поверхности), соответственно, за время циркуляции э/н в скважине, Дж. При этом для повышения точности метода следует учитывать массу обсадной колонны, приёмных емкостей, массу э/н в приёмных емкостях и отбор тепла на поверхности, которые увеличивают мощность нагрева за ограниченное время при заданных экспериментальных температурах. Здесь рассматривается

анализ теплообмена для одинаковых температур э/н на устье, что позволяет определить чистые потери тепла в ГС.  $m_{\downarrow}(L), m_{\uparrow}(L), m_{ek}(L)$  - общая масса э/н в скважине в пространствах ОК-ЭК при движении носителя соответственно вниз и вверх, эксплуатационной колонны, соответственно, кг;  $c, c_{ek}$  - удельная теплоёмкость э/н и ЭК, соответственно, Дж/(кг·°C);  $N_{\downarrow}(L) = \int_0^{S_{ok}} q_{\downarrow}(L) dS(L)$  - общая мощность передачи тепловой энергии от ГС к э/н пространства ОК-ЭК, Вт;

$N_{\uparrow}(L) = \int_0^{S_{ok}} q_{\uparrow}(L) dS(L)$  - общая мощность передачи тепловой энергии от ГС в э/н пространства ЭК, Вт;

$N_{\downarrow\uparrow}(L) = \int_0^{S_{ok}} q_{\downarrow\uparrow}(L) dS(L)$  - общая мощность передачи тепловой энергии между э/н пространства ОК-ЭК и э/н пространства ЭК, Вт;

$\int_0^{t_{\downarrow}} \left[ \int_0^{S_{ok}} q_{\downarrow}(L) dS(L) \right] dt(L) = \frac{\pi D_{ok}}{V_{\downarrow}} \sigma \varepsilon_{\downarrow} \int_0^{t_{\downarrow}} \left[ \int_0^{L_{\uparrow}} \left\{ [T_0 + T_g(L)]^4 - [T_0 + T_{\downarrow}(L)]^4 \right\} L dL \right] dL$  - общая тепловая энергия, переданная ГС в пространство ОК-ЭК за время  $t_{\downarrow}$  движения э/н от устья к забю, Дж;

$\int_0^{t_{\uparrow}} \left[ \int_0^{S_{ok}} q_{\uparrow}(L) dS(L) \right] dt(L) = \frac{\pi D_{ek}}{V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\uparrow} \int_0^{t_{\uparrow}} \left[ \int_0^{L_{\uparrow}} \left\{ \varphi_e [T_g(L)]^4 - (\varphi_e - 1) [T_{\downarrow}(L)]^4 - [T_{\uparrow}(L)]^4 \right\} L dL \right] dL$  - общая тепловая энергия, переданная ГС в пространство ЭК за время  $t_{\uparrow}$  движения э/н от забоя к устью, Дж;

$\int_0^{t_{\uparrow}} \left[ \int_0^{S_{ok}} q_{\downarrow\uparrow}(L) dS(L) \right] dt(L) = \pi D_{ek} \left( \frac{1}{V_{\uparrow}} + \frac{1}{V_{\downarrow}} \right) \sigma \varepsilon_{\downarrow\uparrow} \int_0^{t_{\uparrow}} \left[ \int_0^{S_{ok}} \left\{ [T_0 + T_{\uparrow}(L)]^4 - [T_0 + T_{\downarrow}(L)]^4 \right\} L dL \right] dL$  - общая тепловая энергия обмена между энергоносителями сквозь стенку ЭК за время  $t_{\uparrow} = t_{\downarrow} + t_{\uparrow}$  нахождения э/н в скважине, Дж;

$q_{\downarrow}(L), q_{\uparrow}(L), q_{\downarrow\uparrow}(L)$  - плотности тепловых потоков от ГС к э/н в пространстве ОК-ЭК и ЭК, между э/н пространства ОК-ЭК и э/н пространства ЭК, Вт/м<sup>2</sup>;

$dm/dt$  - продуктивность насосов, кг/с;

$q_{\downarrow}(L) = \sigma \varepsilon_{\downarrow} \left[ (T_0 + T_g(L))^4 - (T_0 + T_{\downarrow}(L))^4 \right]$  - плотность теплового потока от ГС к э/н пространства ОК-ЭК, Вт/м<sup>2</sup>; здесь  $\sigma = 5,67032 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) - постоянная Стефана-Больцмана;  $\varepsilon_{\uparrow}$  - общий коэффициент черноты системы ГС-ОК-ЭК (смотри ниже);

$q_{\uparrow}(L) = \sigma \varepsilon_{\uparrow} \left\{ \varphi_e [T_g(L)]^4 - (\varphi_e - 1) [T_{\downarrow}(L)]^4 - [T_{\uparrow}(L)]^4 \right\}, \varphi_e = \frac{S_{ok}}{S_{ek}}$  - плотность теплового потока от ГС через экран э/н пространства ОК-ЭК к э/н пространства ЭК через стенки ЭК, Вт/м<sup>2</sup>;

$T_{\downarrow}(L) = T_{\downarrow 0} + L \cdot grad(T_{\downarrow})$  - температура э/н в скважине, двигающегося от устья к забою, °C;

$T_{\uparrow}(L) = T_{\uparrow m} - L \cdot grad(T_{\uparrow})$  - температура э/н в скважине, двигающегося от забоя к устью, °C;

$\Delta T_{\downarrow}(L) = T_{\downarrow}(L) - T_{\downarrow 0}$  - температура нагревания э/н в скважине, двигающегося от устья к забою, °C;

$\Delta T_{\uparrow}(L) = T_{\uparrow}(L) - T_{\uparrow 0}$  - температура охлаждения э/н в скважине, двигающегося от забоя к устью, °C;

$\Delta T_{\uparrow\downarrow}(L) = T_{\uparrow}(L) - T_{\downarrow}(L)$  - разность температур э/н, двигающихся вверх-вниз в скважине, °C;

$\Delta T_{\uparrow\downarrow 0}(L=0) = T_{\uparrow 0}(L) - T_{\downarrow 0}(L)$  - разность температур э/н на устье между входом и выходом, °C;

$\Delta T_{\uparrow\downarrow m}(L=L_m) = T_{\uparrow m}(L) - T_{\downarrow m}(L) = 0$  - разность температур э/н на забое, °C;

$m_{ek}(L) = \rho_{ek} w_{ek}(L)$  - масса ЭК, кг,  $w_{ek}(L) = \frac{\pi}{4}(D_{ek}^2 - d_{ek}^2)$  - объём ЭК, м<sup>3</sup>;

$\rho_{ek}$  - плотность материала ЭК, кг/м<sup>3</sup>;

$t_n = t_{\downarrow} + t_{\uparrow}$  - общее время нагревания э/н при производительности насоса  $\frac{dm}{dt}$ , который двигается вниз в пространстве ОК-ЭК от устья у забоя за время  $t_{\downarrow}$  и вверх от забоя до устья в пространстве ЭК за время  $t_{\uparrow}$ , с, где  $t_{\downarrow} = f_{\downarrow}\left(\frac{dm}{dt}\right)$  и  $t_{\uparrow} = f_{\uparrow}\left(\frac{dm}{dt}\right)$ ,

$t_{\downarrow} = \frac{L}{V_{\downarrow}}, V_{\downarrow} = \frac{dm/dt}{\rho s_{\downarrow}}, t_{\uparrow} = \frac{L}{V_{\uparrow}}, V_{\uparrow} = \frac{dm/dt}{\rho s_{\uparrow}}, s_{\uparrow} = \frac{\pi}{4}d_{ek}^2, s_{\downarrow} = \frac{\pi}{4}(d_{ok}^2 - D_{ek}^2), D_{ok}, d_{ok}, D_{ek}, d_{ek}$

- наружный и внутренний диаметры ОК, ЭК, соответственно, м,  $\rho$  - плотность э/н, кг/м<sup>3</sup>;

$W_{ok} = 0,25\pi(d_{ok}^2 - D_{ek}^2)L, W_{ek} = 0,25\pi d_{ek}^2 L$  - объёмы пространств ОК-ЭК и ЭК, зависящие от глубины скважины  $L$ , соответственно, м<sup>3</sup>;

$m_{\downarrow}(L) = \rho W_{ok}(L)$  - масса э/н в пространстве ОК-ЭК, кг;

$m_{\uparrow}(L) = \rho W_{ek}(L)$  - масса э/н в пространстве ЭК, кг;

В работе [16] получены значения для общего коэффициент черноты

$\varepsilon_{\downarrow} = \frac{\varepsilon_{ok}\varepsilon_g}{\varepsilon_g + \varphi_{\downarrow}\varepsilon_{ok}(1 - \varepsilon_g)}, \varphi_{\downarrow} = \frac{S_{ok}}{S_g} = 1$ ; а также для ГС-  $\varepsilon_g$  и ОК-  $\varepsilon_{ok}$ .

В формулах выше  $T_0 = 273,15 K$ ,  $T_g(L) = T_{g0} + L \cdot grad(T_g)$ ,  $^{\circ}C$  - абсолютная температура (по шкале Кельвина) и относительная (по шкале Цельсия) температура ГС, соответственно, К,  $^{\circ}C$ ;

$S_{ok} = \pi D_{ok} L$  - площадь теплообмена между ГС и ОК,  $m^2$ ;

$S_{ek} = \pi D_{ek} L$  - площадь теплообмена между э/н ОК-ЭК и э/н ОК,  $m^2$ ;

$$\varepsilon_{\uparrow} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{\varepsilon_{\downarrow\uparrow}} + \varphi_{\uparrow} \left( \frac{1}{\varepsilon_{ok}} - 1 \right) + \frac{1}{\varepsilon_{ok}} + \varphi_{\downarrow} \left( \frac{1}{\varepsilon_g} - 1 \right) \right]}, \varphi_{\uparrow} = \frac{S_{ek}}{S_g}$$

системы ГС-ОК-ЭК [16];

$\varepsilon_{\downarrow\uparrow}$  - общий коэффициент черноты ЭК с учётом термоизоляции;

$q_{\downarrow\uparrow}(L) = \sigma \varepsilon_{\downarrow\uparrow} \left\{ [T_{\uparrow}(L)]^4 - [T_{\downarrow}(L)]^4 \right\}$  - плотность теплового потока между э/н пространства ОК-ЭК и э/н пространства ЭК через стенку ЭК, Вт/ $m^2$ ;

$\varepsilon_{\downarrow\uparrow} = \frac{\varepsilon_{ek} \varepsilon_i}{\varepsilon_i + \varphi_{\downarrow\uparrow} \varepsilon_{ek} (1 - \varepsilon_i)}$ ,  $\varphi_{\downarrow\uparrow} = \frac{S_{ek}}{S_i} = 1$ , где  $\varepsilon_{ek}$ ,  $\varepsilon_i$  - коэффициент черноты стали и термоизоляции ЭК, соответственно.

Интегралы для расчета количества тепла, при замене  $t = L/V$ , имеют следующие значения:

$$\begin{aligned} & \frac{\pi D_{ok}}{V_{\downarrow}} \sigma \varepsilon_{\downarrow}^{-} \int_0^{L_m} \left\{ \int_0^{L_m} \left[ T_0 + T_{g0} + L \cdot grad(T_g) \right]^4 - \left[ T_0 + T_{\downarrow 0} + L \cdot grad(T_{\downarrow}) \right]^4 \right\} L dL \Bigg] dL = \\ & = \left\{ \begin{array}{l} T_0 + T_{g0} = a_g \\ grad(T_g) = b_g \\ T_0 + T_{\downarrow 0} = a_{\downarrow} \\ grad(T_{\downarrow}) = b_{\downarrow} \end{array} \right\} = \frac{\pi D_{ok}}{V_{\downarrow}} \sigma \varepsilon_{\downarrow}^{-} \int_0^{L_m} \left\{ \int_0^{L_m} [a_g + b_g L]^4 L dL - \int_0^{L_m} [a_{\downarrow} + b_{\downarrow} L]^4 L dL \right\} dL = \\ & = \frac{\pi D_{ok}}{V_{\downarrow}} \sigma \varepsilon_{\downarrow}^{-} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} (a_g^4 - a_{\downarrow}^4) L_m^3 + \frac{4}{3} (a_g^3 b_g - b_{\downarrow} a_{\downarrow}^3) L_m^4 + \frac{6}{4} (a_g^2 b_g^2 - a_{\downarrow}^2 b_{\downarrow}^2) L_m^5 + \\ + \frac{12}{15} (a_g b_g^3 - a_{\downarrow} b_{\downarrow}^3) L_m^6 + \frac{1}{6} (b_g^4 - b_{\downarrow}^4) L_m^7 \end{array} \right\} \\ & \frac{\pi D_{ek}}{V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\uparrow}^{-} \int_0^{L_m} \left\{ \int_0^{L_m} \left[ \begin{array}{l} \varphi_e [T_0 + T_{g0} + L \cdot grad(T_g)]^4 - \\ - (\varphi_e - 1) [T_0 + T_{\downarrow 0} + L \cdot grad(T_{\downarrow})]^4 - \\ - [T_0 + T_{\uparrow 0} + L \cdot grad(T_{\uparrow})]^4 \end{array} \right] L dL \right\} dL = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} T_0 + T_{g0} &= a_g \\ \text{grad}(T_g) &= b_g \\ T_0 + T_{\uparrow 0} &= a_{\uparrow} \\ \text{grad}(T_{\uparrow}) &= b_{\uparrow} \\ T_0 + T_{\downarrow 0} &= a_{\downarrow} \\ \text{grad}(T_{\downarrow}) &= b_{\downarrow} \end{aligned} \right\} = \frac{\pi D_{ek}}{V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\uparrow}^- \int_0^{L_m} \left\{ \begin{aligned} & \varphi_e \int_0^{L_m} [a_g + b_g L]^4 L dL - \\ & - (\varphi_e - 1) \int_0^{L_m} [a_{\downarrow} + b_{\downarrow} L]^4 L dL - \\ & - \int_0^{L_m} [a_{\uparrow} + b_{\uparrow} L]^4 L dL \end{aligned} \right\} dL = \quad , \text{ Дж}; \\
 & = \frac{\pi D_{ek}}{V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\uparrow}^- \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{2} (\varphi_e a_g^4 - (\varphi_e - 1) a_{\downarrow}^4 - a_{\uparrow}^4) L_m^3 + \frac{4}{3} (\varphi_e a_g^3 b_g - (\varphi_e - 1) b_{\downarrow} a_{\downarrow}^3 - b_{\uparrow} a_{\uparrow}^3) L_m^4 + \\ & + \frac{6}{4} (\varphi_e a_g^2 b_g^2 - (\varphi_e - 1) a_{\downarrow}^2 b_{\downarrow}^2 - a_{\uparrow}^2 b_{\uparrow}^2) L_m^5 + \\ & + \frac{12}{15} (\varphi_e a_g b_g^3 - (\varphi_e - 1) a_{\downarrow} b_{\downarrow}^3 - a_{\uparrow} b_{\uparrow}^3) L_m^6 + \frac{1}{6} (\varphi_e b_g^4 - (\varphi_e - 1) b_{\downarrow}^4 - b_{\uparrow}^4) L_m^7 \end{aligned} \right\} \\
 & \pi D_{ek} \left( \frac{1}{V_{\uparrow}} + \frac{1}{V_{\downarrow}} \right) \sigma \varepsilon_{\downarrow \uparrow}^- \int_0^{L_m} \left[ \int_0^{L_m} \left\{ \begin{aligned} & [T_0 + T_{\uparrow 0} + L \cdot \text{grad}(T_{\uparrow})]^4 - \\ & - [T_0 + T_{\downarrow 0} + L \cdot \text{grad}(T_{\downarrow})]^4 \end{aligned} \right\} L dL \right] dL = \\
 & = \pi D_{ek} \left( \frac{1}{V_{\uparrow}} + \frac{1}{V_{\downarrow}} \right) \sigma \varepsilon_{\downarrow \uparrow}^- \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{2} (a_{\uparrow}^4 - a_{\downarrow}^4) L_m^3 + \frac{4}{3} (a_{\uparrow}^3 b_{\uparrow} - b_{\downarrow} a_{\downarrow}^3) L_m^4 + \frac{6}{4} (a_{\uparrow}^2 b_{\uparrow}^2 - a_{\downarrow}^2 b_{\downarrow}^2) L_m^5 + \\ & + \frac{12}{15} (a_{\uparrow} b_{\uparrow}^3 - a_{\downarrow} b_{\downarrow}^3) L_m^6 + \frac{1}{6} (b_{\uparrow}^4 - b_{\downarrow}^4) L_m^7 \end{aligned} \right\} , \text{ Дж}.
 \end{aligned}$$

Решение уравнения (1) относительно глубины скважины получено с использованием программного пакета MatLab. Аналитическое решение уравнения (1) затруднено.

### Полученные результаты

Рассмотрено аналитическое решение уравнения (1) для средних значений температур э/н, которые определяются начальными и граничными условиями, как показано на рис. 1, из системы уравнений (2):

$$\tilde{Q}_{\downarrow}(L) + \tilde{Q}_{\uparrow}(L) + \tilde{Q}_{ek}(L) + \Delta \tilde{Q}_{\downarrow \uparrow}(L) = \tilde{N}_{\downarrow}(L) t_{\downarrow} + \tilde{N}_{\uparrow}(L) t_{\uparrow} + \tilde{N}_{\downarrow \uparrow}(L) t_n, \quad \text{ Дж}, \quad (2)$$

где  $\tilde{Q}_{\downarrow}(L) = m_{\downarrow}(L) c \tilde{T}_{\downarrow}$ ,  $\tilde{Q}_{\uparrow}(L) = m_{\uparrow}(L) c \tilde{T}_{\uparrow}$ ,  $\tilde{Q}_{ek}(L) = m_{ek}(L) c_{ek} \Delta \tilde{T}_{ek}(L)$ ,

$$\tilde{Q}_{\downarrow \uparrow}(L) = c \Delta \tilde{T}_{\downarrow \uparrow}(L=0) \frac{dm}{dt} t_n(L);$$

$$\begin{aligned} \tilde{N}_{\downarrow}(L) \int_0^{t_{\downarrow}} dt(L) &= \frac{\pi D_{ok}}{V_{\downarrow}} \sigma \varepsilon_{\downarrow} \int_0^{L_m} \left[ (T_0 + \tilde{T}_g)^4 \int_0^{L_m} L dL - \int_0^{L_m} (T_0 + \tilde{T}_{\downarrow m})^4 L dL \right] dL = \\ &= \frac{\pi D_{ok}}{2V_{\downarrow}} \sigma \varepsilon_{\downarrow} \left[ (T_0 + \tilde{T}_g)^4 - (T_0 + \tilde{T}_{\downarrow m})^4 \right] L_m^3 \end{aligned}$$

Это общая тепловая энергия, переданная ГС со средней температурой  $\tilde{T}_g$  в пространство ОК-ЭК, где э/н нагревается до средней температуры  $\tilde{T}_{\downarrow}$  за время  $t_{\downarrow}$ , Дж;

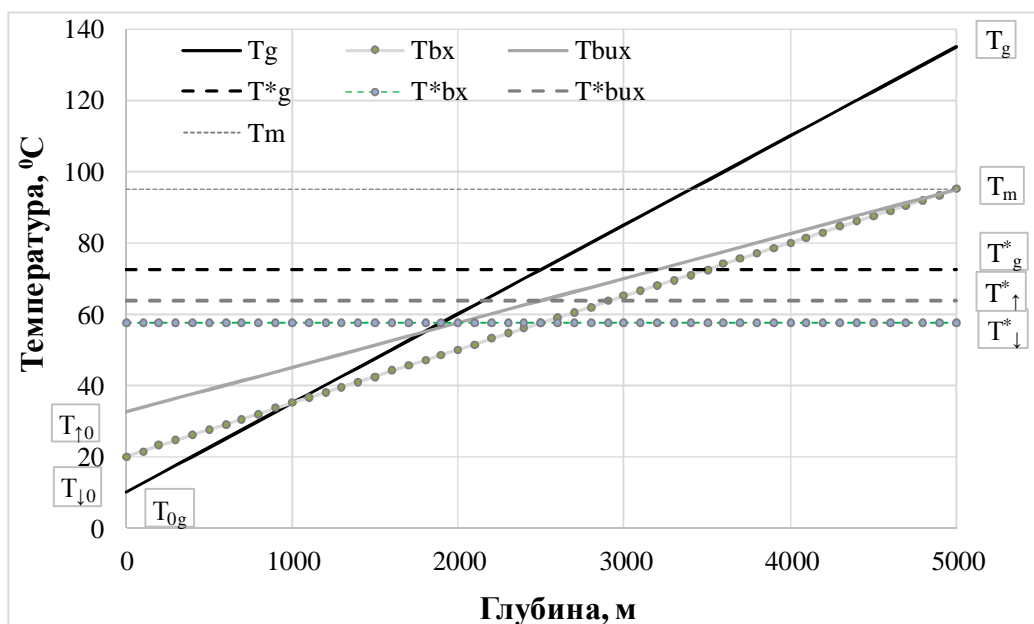


Рис. 1. Температурные профили энергоносителя в скважине:

$$T_g^* = \tilde{T}_g, T_{bux}^* = \tilde{T}_{\uparrow m}, T_{bx}^* = \tilde{T}_{\downarrow m}.$$

$$\begin{aligned} \tilde{N}_{\uparrow}(L) \int_0^{t_{\uparrow}} dt(L) &= \frac{\pi D_{ek}}{V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\uparrow} \int_0^{L_m} \left[ \int_0^{L_m} \left\{ \varphi_e [T_0 + \tilde{T}_g]^4 - (\varphi_e - 1) [T_0 + \tilde{T}_{\downarrow m}]^4 - [T_0 + \tilde{T}_{\uparrow m}]^4 \right\} L dL \right] dL = \\ &= \frac{\pi D_{ek}}{2V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\uparrow} \left\{ \varphi_e [T_0 + \tilde{T}_g]^4 - (\varphi_e - 1) [T_0 + \tilde{T}_{\downarrow m}]^4 - [T_0 + \tilde{T}_{\uparrow m}]^4 \right\} L_m^3 \end{aligned}$$

общая тепловая энергия, переданная ГС со средней температурой  $\tilde{T}_g$  к э/н, нагреваемому до средней температуры  $\tilde{T}_{\uparrow}$ , пространства ЭК через экран пространства ОК-ЭК за время  $t_{\uparrow}$ , Дж;



$$\begin{aligned} \tilde{N}_{\downarrow\uparrow}(L) \int_0^{t_n} dt(L) &= \frac{\pi D_{ek}}{V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\uparrow} \int_0^{L_m} \left[ \int_0^{L_m} \left\{ [T_0 + \tilde{T}_{\uparrow m}]^4 - [T_0 + \tilde{T}_{\downarrow m}]^4 \right\} L dL \right] dL = \\ &= \frac{\pi D_{ek}}{2V_{\uparrow}} \sigma \varepsilon_{\downarrow\uparrow} \left\{ [T_0 + \tilde{T}_{\uparrow m}]^4 - [T_0 + \tilde{T}_{\downarrow m}]^4 \right\} L_m^3 \end{aligned}$$

Это общая разность тепловой энергии между э/н пространств ОК-ЭК и ЭК за время  $t_n$ , которая возникает при отборе тепла на устье, Дж.

Для условия:  $T_{\uparrow}(L) = T_{\downarrow}(L)$ , когда  $\Delta Q_{\uparrow\downarrow}(L) = 0, \tilde{N}_{\downarrow\uparrow}(L) = 0$ , уравнение (2) имеет вид

$$[\tilde{T}_{\downarrow m} + T_0]^4 + A(\tilde{T}_{\downarrow m} + T_0) - B = 0, \text{ Дж}, \quad (3)$$

где  $A = \frac{2[m_{\downarrow}(L)c + m_{\uparrow}(L)c + m_{ek}(L)c_{ek}]}{\pi \sigma L_m^3 \left[ \frac{D_{ok}}{V_{\downarrow}} \varepsilon_{\downarrow} + \frac{D_{ek}}{V_{\uparrow}} \varepsilon_{\uparrow} \varphi_e \right]}$ ,  $B = [T_0 + \tilde{T}_g]^4 + AT_0$  - известные

коэффициенты уравнения;  $T_m = 2(\tilde{T}_{\downarrow m} + T_0) - 2T_0 - T_{\uparrow 0}$  - искомая температура э/н на забое, °С.

Данное условие выполнялось при проведении экспериментальных исследований на скважине Степная №120 [14] при разных продуктивностях насосов.

Уравнение (2) определяет максимальную температуру э/н на забое в скважине при разных продуктивностях насосов и известных стабильных температурах э/н на устье.

На рис.2 приведены результаты определения  $T_m \left( \frac{dm}{dt} \right)$  в ISW-EGS по уравнению (3) с использованием экспериментальных данных температур э/н на устье для скважин исследованных на территориях Украины [14] и Азербайджана [3]. Данные измерений получены на устье и забое для двух скважин с петротермальной циркуляцией э/н. На рис.2 показаны результаты контроля с помощью энергетического метода по скв.10 месторождения Текчай [3] с параметрами: температура ГС 110 °С на глубине 3750 м, температура э/н во время промывки с производительностью насосов 30÷40 л/с на забое 83 °С и на устье 57 °С.

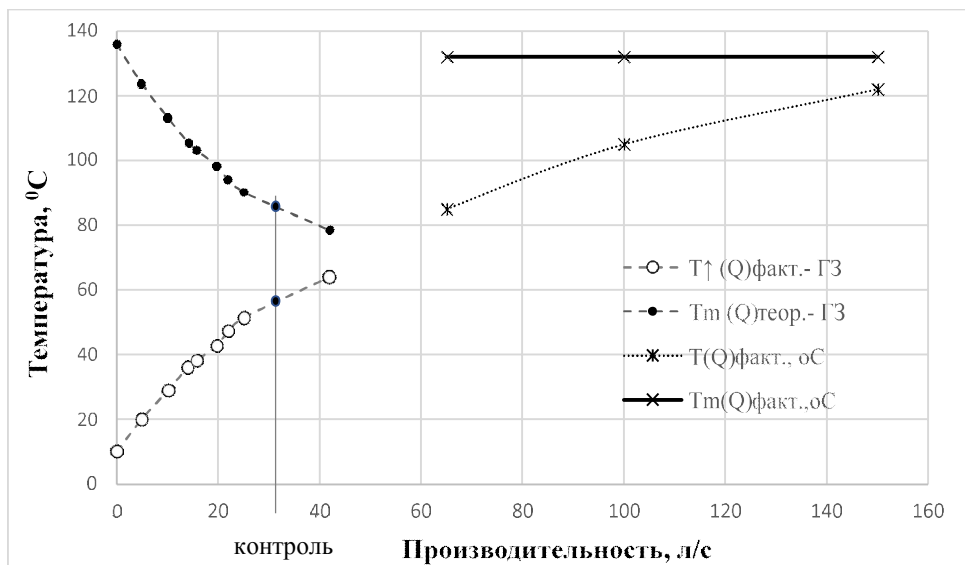


Рис.2. Характеристики температуры э/н на устье и забое при закрытой циркуляции ISW-EGS (Украина, Азербайджан) -  $T_{\uparrow}(Q)_{\text{факт.}}-\text{ГЗ}$ ,  $T_m(Q)_{\text{теор.}}-\text{ГЗ}$  и открытой петротермальной циркуляции EGS (ФРГ) -  $T(Q)_{\text{факт.}}$ ,  $T_m(Q)_{\text{факт.}}$ . Контрольный замер по данным Азербайджана.

На данном рисунке, также изображены характеристики температуры пластовой воды: на устье -  $T(Q)_{\text{факт.}}$  и на забое  $T_{m-\text{факт.}}$ , геотермальной энергетической установки (EGS с рабочей мощностью 37 МВт) открытого типа г.Унтерхагинг (ФРГ), полученные во время исследования продуктивной скважины Gt-1 глубиной 3350 м (вторая скважина нагнетательная).

На рис.3 представлены энергетические характеристики абсолютной тепловой мощности э/н на устье -  $N_g$ ,  $N_g(ГС)$  и мощности, которая теряется в ГС -  $\Delta N_g$ ,  $\Delta N_g(ГС)$  для скважин с закрытой и открытой циркуляцией э/н геотермальных станций ISW-EGS, данные скважин Степная №120 (5040 м) и Водяновская №2 (4000 м),  $N_g(ГС)$  – комплексная характеристика максимальной мощности ГС (теоретические и экспериментальные данные); скважина Gt-1-открытая EGS (3350 м) (экспериментальные данные).

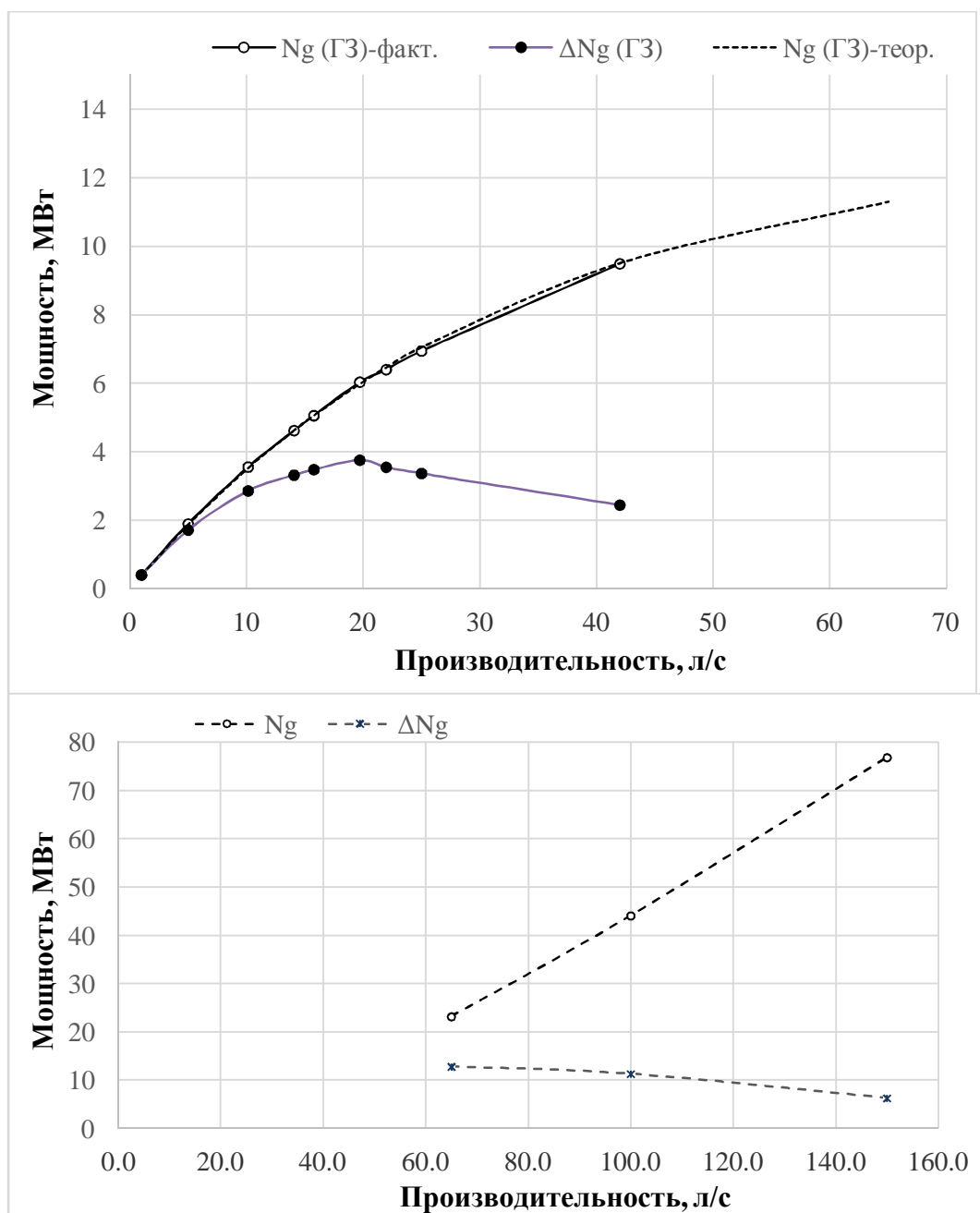


Рис.3. Характеристики тепловой мощности геотермальных станций: а) ISW-EGS на основе скважин Степная №120 (5040 м) и Водяновская №2 (4000 м) , где  $N_g(\text{ГЗ})_{\text{теор.}}$  – теоретическая комплексная характеристика максимальной мощности ГС ( $N_g(\text{ГЗ})_{\text{факт.}}$  - экспериментальные данные); б) Gt-1 - открытая EGS (3350 м) (экспериментальные данные:  $N_g$  – мощность э/н на устье скважины,  $\Delta N_g$  – потери мощности э/н в верхних слоях ГС при движении вверх по скважине).

На рис.4 показаны характеристики изменения температуры бурового раствора на забое и устье скважин с различной глубиной и продуктивностью буровых насосов, полученные на основании данных, приведенных в работе [3].

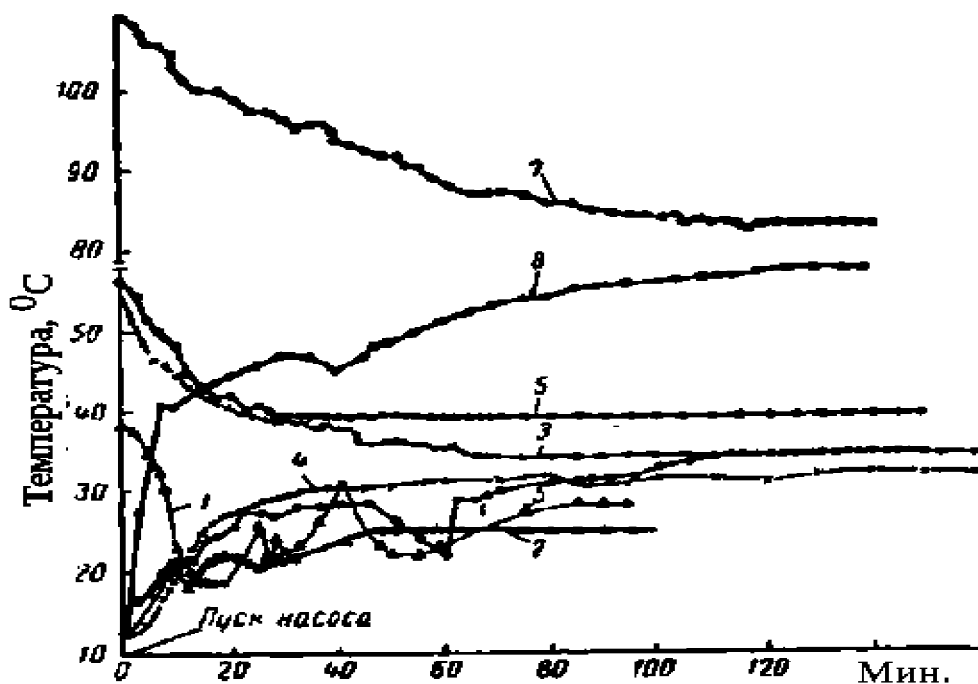


Рис.4. Характеристики зависимости температуры бурового раствора на забое и устье в зависимости от времени промывки скважин: 1,2 – скв.291 месторождения Карадаг на глубине 1071 м; 3,4 - скв.135 месторождения Карабаглы на глубине 2700 м; 5,6 - скв.169 месторождения Карабаглы на глубине 3150 м; 7,8 - скв.10 месторождения Текчай на глубине 3750 м (контроль данных представлен рис.2).

### Обсуждение результатов

Полученные энергетические характеристики теплообмена в глубоких скважинах показывают эффективность использования геотермальной энергии с технологией ISW-EGS с мощностью близкой к 10 МВт в промышленности.

Контрольный замер показывает адекватность энергетического метода анализа параметров процесса теплообмена в глубокой одинокой изолированной скважине во время циркуляции в ней энергоносителя.

### Выводы

Энергетический метод определения забойной температуры на основе закона лучистого теплообмена Стефана-Больцмана в ГС показывает адекватность теоретической зависимости изменения забойной и устьевой температур э/н от производительности буровых насосов при сравнении с экспериментальными данными.

Лучистый теплообмен в глубоких скважинах подтверждает правомерность идеи модели «горячей» Земли.

### Литература

1. Geothermal Power Generation. Economically viable electricity generation through. Advanced geothermal energy technologies. Bassfeld Technology Transfer 2009: Switzerland. guenther@bassfeld.ch, 2009, 10 p.  
[https://static.aminer.org/pdf/PDF/000/244/989/systems\\_in\\_technology\\_transfer\\_introduction.pdf](https://static.aminer.org/pdf/PDF/000/244/989/systems_in_technology_transfer_introduction.pdf)
2. Есьман Б. И / Влияние температуры на процесс бурения глубоких скважин / Есьман Б. И., Дедусенко Г. Я., Яишникова Е. А.// Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. Москва 1962, 153.с.
3. Кулиев С.М. / Температурный режим бурящихся скважин / С. М. Кулиев, Б. И. Есьман, Г. Г. Габузов // Изд-во «Недра», 1968, 168 с.
4. Ming F. The temperature predictioning deepwater drilling of vertical well. A Dissertation. Texas A&M University May, 2011, 146 с.
5. Kujawa T., Nowak W. Thermal calculations of geothermal heat utilising one-well systems with both injection and production. Proc. World Geothermal Congress 2000. Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000, p.3483-3488.
6. Naim Afgan. New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development. CRC Press, 2004, 481 p.
7. Kujawa,T., Nowak W. Modified thermal calculations of a geothermal double-pipe heat exchanger with insulation immersed into geothermal deposit. Proc., Heat Transfer 2000, Madrid, 2000, p.314-317.
8. Kujawa,T., Nowak,W., Szaflik,W. Mathematical model of a geothermal Field exchanger. In: Mathematics of Heat Transfer, ed. G.E. Tupholme and A.S. Wood, Clarendon Press, Oxford, 1998, p.205-212
9. Fuzong Zhou Research on heat transfer in geothermal wellbore and surroundings. Dissertation. Der Technischen Universität Berlin. Oktober, 2013, 153 p.
10. Regenspurg S. Geothermal fluids - Monitoring in Groß Schönebeck. International Centre of Geothermal Research. Summer school GeoEn 2012, 92 с.  
[http://www.geo-x.net/8C389723-C532-455F-8F2E-730CBFE71625/FinalDownload/DownloadId-764F7943039D51F2A51ECDCEE8B22506/8C389723-C532-455F-8F2E-730CBFE71625/fileadmin/newsimages/summer\\_school\\_2012/geoen/summerschool\\_2012\\_regenspurg.pdf](http://www.geo-x.net/8C389723-C532-455F-8F2E-730CBFE71625/FinalDownload/DownloadId-764F7943039D51F2A51ECDCEE8B22506/8C389723-C532-455F-8F2E-730CBFE71625/fileadmin/newsimages/summer_school_2012/geoen/summerschool_2012_regenspurg.pdf)
11. Facies Differentiation of the Malm by Interpretation of Reflection Seismic Profiles and a Moving Source VSP Experiment Rüdiger Thomas and Rüdiger Schulz

- Leibniz Institute for Applied Geosciences (GGA-Institut), Stilleweg 2, 30655 Hannover, Germany. Proceedings European Geothermal Congress 2007. Unterhaching, Germany, 30 May-1 June 2007.
12. Макс Борн, Хуан Кунь Динамическая теория кристаллических решёток. пер. с англ. В.И. Когана под. ред. И.М. Лифшица, М., 1958, 488 с.
  13. Карпенко В.М. Організація системи автоматизованого управління процесом буріння на основі багатопараметричної інформаційної моделі. Дисертація, к.т.н. ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАНУ. Київ, 2001, 190 с.
  14. Стародуб Ю.П., Карпенко В.М., Стасенко В.М., Нікорюк М.С., Карпенко О.В., Рибчак В.Л. Аспекти оцінки та освоєння геотермальних ресурсів України. Геодинаміка, 2012, № 2(13), с. 95-105.
  15. Стародуб Ю.П., Карпенко В.М., Стасенко В.М. Енергетична і екологічна ефективність економіки України на основі власних геотермальних ресурсів (ГТР) Міжнародна конференція «Енергоэффективность в промышленности и АПК», 04-05 вересня 2014 року в м. Київ.  
<http://energy-efficiency.in.ua/materialy-dlya-skachivaniya.html>
  16. Абдулагатова З.З. Теплопроводность сухих и флюидонасыщенных горных пород при высоких температурах и давлениях. Эксперимент и моделирование. Диссертация к.т.н. 2012. Махачкала, 171 с.

*Primit la redacție – 26/08/2017*

УДК 550.343, 519.237.7

Павлов П.П.

## **Анализ структуры и полноты базы макросейсмических данных г. Кишинёва с помощью метода главных компонент**

### **Abstract**

*The structure of the macroseismic database of Chisinau was investigated using the Principal component analysis. It was established that the numerical characteristics of objects carrying macroseismic information can usually be grouped into two main components. One of these is defined by the attributes of seismic stability of objects and the second one by the attributes that contain the information about the oscillatory characteristics of buildings and soils.*

**Keywords:** *principal component analysis, databases, buildings, seismic resistance*

### **Rezumat**

*Folosind metoda componentelor principale, a fost analizată structura bazei de date macroseismice a orașului Chișinău. A fost stabilit că caracteristicile numerice ale obiectelor care conțin informații macroseismice pot fi în general grupate în două componente principale. Una din componente e definită prin semnele stabilității seismice ale obiectelor, iar cealaltă – prin cele care conțin informații despre caracteristicile oscilante ale clădirilor și solurilor.*

**Cuvinte cheie:** *metoda componentelor principale, baze de date, clădiri, rezistență seismică*

### **Резюме**

*С помощью Метода Главных Компонент проанализирована структура базы макросейсмических данных г. Кишинёва. Установлено, что числовые характеристики объектов, несущие макросейсмическую информацию, как правило, могут быть сгруппированы в 2 главные компоненты, одну из которых формируют признаки сейсмостойкости объектов, а вторую – те, которые несут информацию о колебательных характеристиках зданий и грунтов.*

**Ключевые слова:** *метод главных компонент, базы данных, здания, сейсмостойкость*

### **Введение**

Массивы данных, получаемых в результате экспериментов, наблюдений, социологических опросов и т.п., включают в себя информацию в виде многопараметрических объектов, называемых в статистике образцами. Параметры этих образцов, или характеристики, в своей совокупности носят случайный характер. Когда объекты характеризуются большим количеством переменных, такой массив бывает трудно осмыслить, трудно извлечь полезную информацию. Массивы данных могут быть избыточными, или наоборот, страдать неполнотой, также они могут содержать бесполезную информации (шум). Избыток или шум в данных всегда проявляется в корреляционных связях между переменными. Случайные связи могут возникать и в результате погрешностей в данных. В ряде случаев корреляционная

зависимость может свидетельствовать о скрытой, латентной связи между переменными.

Чтобы получить ясную картину в сложном конгломерате данных, необходимо прибегнуть к средствам многомерной статистики, в которой разработаны методы, позволяющие редуцировать многомерную информационную матрицу (трансформировать её к меньшему количеству переменных с сохранением наиболее существенной информации), либо структурировать переменные для удобства их анализа и применения. К таким средствам относятся Метод главных компонент, Факторный анализ, Анализ соответствий и др.

### Изложение проблемы и целей исследования

База макросейсмических данных г. Кишинёва (БМД) [1], в которой накоплен большой объём информации об объектах городской застройки всех секторов города, позволяет решать важные задачи сейсмического микрорайонирования. На её основе вырабатывается прогноз возможных потерь от сильных землетрясений, составляются соответствующие прогностические карты. Помимо решения прогностических задач, анализ БМД может дать и другие полезные результаты.

БМД представляет собой крупномасштабную статистическую выборку, в которой собраны характеристики более 20 тысяч зданий Кишинёва, представляющие их паспортные данные (возраст, этажность, материал стен и т.д.), а также относящиеся к ним сейсмологические и геологические характеристики. Каждая строка этой матрицы данных, содержащая полную информацию об отдельном объекте, включает его разнообразные характеристики, как числовые, так и категориальные.

Задача данного исследования - проанализировать базу данных одним из аппаратов анализа статистических таблиц, Методом главных компонент, с целью выявить предполагаемую внутреннюю структуру, кроющуюся среди множества разнохарактерных переменных, определить основной характер заложенной в базе информации и отметить возможные недостатки.

### Данные

В настоящей работе проведено исследование структуры макросейсмической информации методом главных компонент (МГК). В качестве исходной матрицы берётся статистическая выборка, составляемая из строк таблицы БМД, описывающих объекты, по которым в Базе имеется полный набор численных переменных (или признаков, на языке описательной статистики), а именно: **Msk** – балльность по шкале MSK-64, на которую рассчитано здание, собственный период грунта **Ts**, собственный период здания **Tb**, **I04** - расчётная интенсивность для объекта на период 2004 г., **Res** - различие резонансных периодов здания и лежащего под ним грунта, **d86** – повреждённость здания после землетрясения 1986 г., **Eve** – количество перенесённых сильных землетрясений, **Age** – возраст здания, **dI** – накопленный дефицит сейсмостойкости, **Is** – реальная сейсмостойкость здания.



### Используемая методология

Основные положения и процедуры метода главных компонент изложены в работе [2].

В основу МГК положено предположение, что наблюдаемые переменные могут быть выражены в виде линейных комбинаций скрытых переменных, из которых можно выделить те, которые включают в себя основную долю информации. Эти новые, формальные переменные в статистической аналитике называются факторами или компонентами.

Базовым элементом в методе главных компонент является корреляционная матрица (КМ), составленная из коэффициентов корреляции исходных случайных величин (признаков). Выделение главных компонент производится на основе вычисления собственных векторов и собственных значений КМ [3]. Коэффициент корреляции между некоторым признаком и компонентой называется нагрузкой данного признака по данной общей компоненте.

Посредством ортогонального преобразования корреляционной матрицы находят нагрузки для всех признаков и компонент (матрицу нагрузок), собственные вектора и собственные значения КМ. Собственные вектора задают направления компонент, а собственные значения определяют их веса, в соответствии с которыми ранжируются компоненты.

Для выбора числа главных компонент используют критерий Кайзера [4], согласно которому к главным компонентам должны быть отнесены те из них, для которых собственное значение КМ, т.е. вес компоненты, больше 1.

Подготовка данных и представление результатов в виде таблиц и диаграмм выполнены в редакторе Excel. Для преобразования матриц использовались программные средства пакета для обработки статистической информации IBM SPSS Statistics.

Табл. 1.

Корреляционная матрица, рассчитанная по полной общегородской выборке

	<b>Msk</b>	<b>Ts</b>	<b>Tb</b>	<b>Res</b>	<b>I04</b>	<b>dI</b>	<b>Is</b>	<b>Eve</b>	<b>d86</b>	<b>Age</b>
<b>Msk</b>	1,000	0,267	<b>0,597</b>	-0,392	-0,062	0,438	<b>0,937</b>	-0,575	-0,542	<b>-0,621</b>
<b>Ts</b>	0,267	1,000	0,206	0,589	<b>-0,690</b>	0,321	0,332	-0,403	-0,410	-0,501
<b>Tb</b>	<b>0,597</b>	0,206	1,000	-0,567	0,088	-0,003	0,526	-0,560	-0,294	-0,529
<b>Res</b>	-0,392	0,589	-0,567	1,000	-0,601	0,162	-0,293	0,208	0,035	0,138
<b>I04</b>	-0,062	<b>-0,690</b>	0,088	-0,601	1,000	-0,408	-0,164	0,088	0,310	0,173
<b>dI</b>	0,438	0,321	-0,003	0,162	-0,408	1,000	<b>-0,646</b>	-0,338	-0,340	-0,424
<b>Is</b>	<b>0,937</b>	0,332	0,526	-0,293	-0,164	<b>-0,646</b>	1,000	<b>-0,643</b>	-0,580	-0,711
<b>Eve</b>	-0,575	-0,403	-0,560	0,208	0,088	-0,338	<b>-0,643</b>	1,000	0,444	<b>0,907</b>
<b>d86</b>	-0,542	-0,410	-0,294	0,035	0,310	-0,340	-0,580	0,444	1,000	0,532
<b>Age</b>	<b>-0,621</b>	-0,501	-0,529	0,138	0,173	-0,424	-0,711	<b>0,907</b>	0,532	1,000

Как явствует из таблицы 1, между анализируемыми признаками обнаруживается много корреляционных связей. Особенно заметна корреляция между признаками **Msk** и **Is**, **I04** и **Ts**, **dI** и **Is**, **Eve** и **Is**, **Eve** и **Age**. Это обстоятельство позволяет предполагать возможную скрытую связь между переменными.

Произведя ортогональное преобразование КМ и вычислив её собственные значения, находим, что критерию Кайзера удовлетворяют 2 новые переменные,

которые и являются искомыми главными компонентами. Матрица нагрузок признаков на эти компоненты представлена в таблице 2.

Табл. 2.  
Матрица нагрузок признаков на главные компоненты для общегородской выборки

признаки	компоненты	
	1	2
Is	<b>0,938</b>	-0,103
dI	<b>-0,849</b>	-0,188
Age	<b>-0,840</b>	-0,191
Eve	<b>-0,832</b>	-0,123
Msk	<b>0,816</b>	-0,227
Tb	0,509	-0,417
d86	-0,249	-0,056
Res	-0,171	<b>0,941</b>
Ts	0,250	<b>0,816</b>
I04	-0,144	<b>-0,792</b>

### Обсуждение результатов

Из таблицы 2 видно, что в составе первой главной компоненты (ГК1) сгруппировались признаки **Is**, **dI**, **Age**, **Eve** и **Msk**. К ним можно отнести и признак **d86**, основная нагрузка которого также ложится на первую главную компоненту. Признаки **Is** и **Msk**, отражающие сейсмостойкость объектов, входят в состав ГК1 с положительной нагрузкой. Три других признака, характеризующие деградацию зданий, – с отрицательной нагрузкой. Таким образом, первая главная компонента несёт в себе информацию о состоянии объектов с точки зрения их сейсмостойкости. Нагрузку второй главной компоненты обеспечивают, главным образом, три признака: **Res** и **Ts**, с положительным знаком, и **I04** с отрицательным знаком. Эти признаки характеризуют колебательные свойства зданий и грунтов. Признак **Tb**, будучи колебательной характеристикой, т.е. относящийся по своей природе к группе второй главной компоненты (ГК2), почти поровну нагружает обе компоненты. Это может быть объяснено тем, что собственный период зданий напрямую зависит от этажности, а этажность и сейсмостойкость в застройке Кишинёва тесно взаимосвязаны. Эта двойственность признака **Tb** прослеживается и в элементах корреляционной матрицы, свидетельствующих о наличии существенной корреляции **Tb** со всеми признаками, относящимися к группе ГК1.

Одно из предназначений МГК заключается в том, что метод позволяет проверять частные гипотезы о структуре совокупности переменных в нескольких однотипных выборках. С этой целью данным методом были проанализированы выборки по отдельным секторам города. Структура переменных, выявленная в общегородской выборке, подтверждается и для большинства секторных выборок.

В большинстве выборок, согласно критерию Кайзера, выделяются только две главные компоненты.

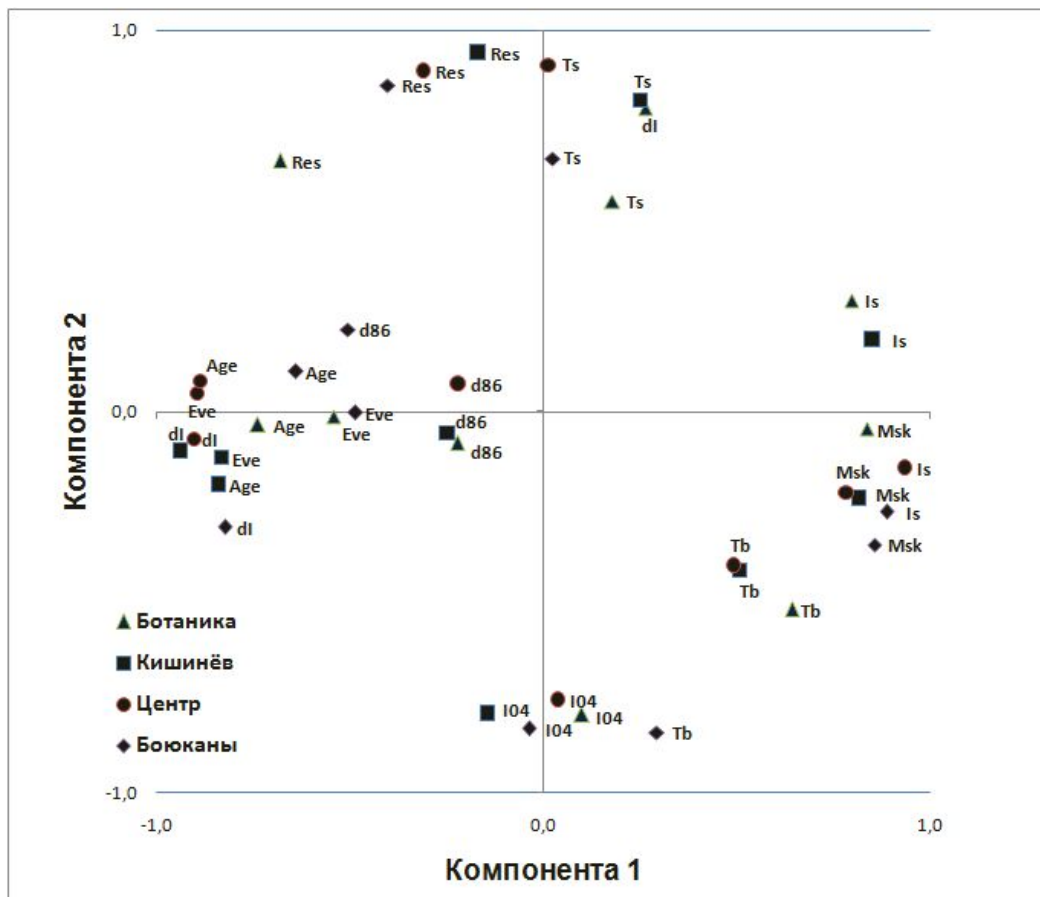


Рис. 1. Распределение нагрузок признаков по главным компонентам. Сводная диаграмма для общегородской выборки (Кишинёв) и по отдельным секторам города (Ботаника, Центр, Боюканы).

В выборках некоторых секторов процедура МГК группирует признаки по главным компонентам в структуры, не схожие с генеральной. Это отклонение может указывать на вероятную неполноту данных, либо на особенный характер застройки сектора или особенность грунтовых условий. Так, в выборке данных по сектору Телецентр МГК выделяет не 2, а 3 главные компоненты. Распределение признаков по ГК1 и ГК2 совершенно отличается от типичного для БМД распределения и не поддаётся интерпретации (см. рис. 3а). Причина этого отклонения от общей картины в данном случае кроется в том, что выборка Телецентр не по всем признакам содержит достаточно полную информацию.

В математической статистике существует несколько методов решения проблемы неполных данных, исправления качества обеднённой выборки. В нашем случае можно воспользоваться одним из таких способов – заполнением пробелов средним значением данной переменной [5]. После этой процедуры МГК выделил в выборке Телецентр только две главные компоненты, и все признаки сгруппировались по ним в типичном для БМД порядке (см. рис 3б).

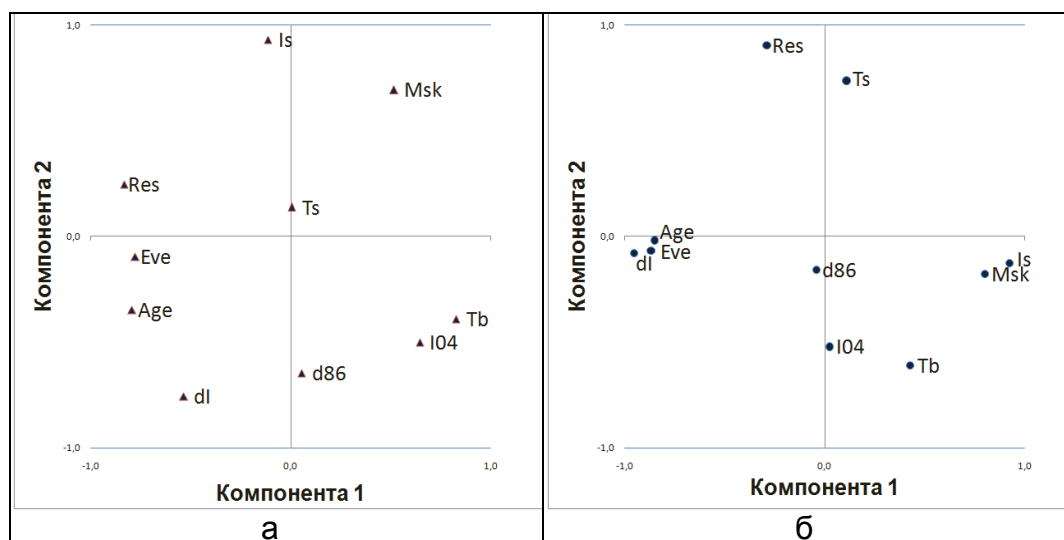


Рис. 2. Распределение признаков выборки сектора Телецентр до и после коррекции неполных данных.

Таким образом, применив статистический анализ процедурами МГК, удаётся выявить неполноценную выборку, установить и устранить причину её несовершенства.

### Значимость полученных результатов

Как показал проведённый анализ БМД, её основным достоинством, помимо большого объёма накопленной информации, является полнота представления характеристик объектов, отражающаяся в стабильности структур секторных и общегородской выборок. Исследование структуры признаков методом главных компонент позволяет оценить и, при необходимости, улучшить качество данных. Для уяснения некоторых особенностей выявленных структур требуется дальнейшее исследование БМД с привлечением не учтённых в данном анализе численных, а также категориальных признаков.

### Выводы

Методом главных компонент произведён сравнительный анализ макросейсмических данных г. Кишинёва и его отдельных секторов.

Применение МГК к общегородской выборке выявило, что числовые характеристики объектов, содержащие макросейсмическую информацию, как правило, могут быть сгруппированы в 2 главные компоненты, одну из которых формируют признаки, характеризующие сейсмостойкость объектов, а вторую – те, которые несут информацию о колебательных характеристиках зданий и грунтов. Обнаружен также двойственный характер одного из признаков – собственного периода зданий.

Анализ структуры статистических данных по отдельным секторам показал, что МГК пригоден для оценки качества, в частности, полноты статистических выборок. Те частные выборки, в которых признаки не выстраиваются в типичную для большинства выборок структуру, как выяснилось, страдают неполнотой и нуждаются в восполнении недостающих данных, либо в корректировке разработанными для этой цели методами [5]. Кроме этого, тот факт, что во всех полноценных частичных выборках признаки группируются одинаковым образом, служит подтверждением принятой гипотезы о внутренней структуре данного массива случайных переменных.

### Литература

1. Studiul de Fezabilitate “Programul complex de prevenire a calamităților naturale în municipiul Chișinău“. Evaluarea riscului seismic în teritoriul or. Chișinău. IGS al AȘM. Chișinău, 2009. 312 с.
2. Павлов П.П. Применение методики факторного анализа к исследованию структуры многопараметрического комплекса данных. Buletinul Institutului de geologie si Seismologie al ASM, n.2, 2012. стр.78-83.
3. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С. и др. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности.— М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
4. Kaiser H. F. The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, vol. 23 (3), 1958. P. 187-200.
5. Злоба Е., Яцкив И.. Статистические методы восстановления пропущенных данных. Компьютерное моделирование и новые технологии, том 6, №1, 2002. стр. 51-61.

*Primit la redacție – 13/09/2017*

УДК 550.348.096.64

*Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю.*

## **Карпатские землетрясения за период с 1896 по 1908 гг. (макросейсмический каталог)**

### **Abstract**

*The article is devoted to the analysis of data on the manifestation of earthquakes of the late XIX - early XX centuries in the Carpathian region (11 March and 24 November 1896, 6 February 1904 and 6 October 1908), which were felt on the territory of the Republic of Moldova. The results are presented in the form of intensity distribution maps of the earthquakes.*

**Keywords:** *historical earthquake, Carpathian region, macroseismics, intensity, isoseism.*

### **Rezumat**

*Articolul este dedicat analizei datelor privind manifestarea cutremurelor carpatiene în secolele XIX - XX (11 martie și 24 noiembrie 1896, 6 februarie 1904 și 6 octombrie 1908), care au fost resimțite pe teritoriul Republicii Moldova. Rezultatele sunt prezentate sub forma hărților de distribuție a intensității cutremurelor.*

**Cuvinte cheie:** *cutremur istoric, regiune carpatică, macroseismica, intensitate, izoseiste.*

### **Резюме**

*Статья посвящена анализу данных о проявлении землетрясений конца XIX – начала XX вв. Карпатского региона (11 марта и 24 ноября 1896, 6 февраля 1904 и 6 октября 1908), которые ощущались на территории Республики Молдова. Результаты представлены в виде карт распределения интенсивности землетрясений.*

**Ключевые слова:** *историческое землетрясение, Карпатский регион, макросейсмика, интенсивность, изосейсты.*

### **Введение**

Рассмотрим карпатские землетрясения конца XIX – начала XX вв., с 1896 по 1908 годы. За исследуемый период наблюдений отмечено четыре ощутимых в Республике Молдове землетрясений, для которых имеется макросейсмическая информация: 11 марта и 24 ноября 1896, 6 февраля 1904 и 6 октября 1908. В таблице 1 приводятся параметры исследуемых в статье землетрясений по данным основных каталогов Карпатских землетрясений.

Таблица 1.

## Основные параметры землетрясений 1896-1908 гг.

Дата	Время ч м с	Координаты с.ш. в.д.	H, km	Ms	Io	Источник
11 03 1896	23 30 ±1 ч	(45,7 26,6) ±0,5	(100) 50-150	5,8±0,7	6 ±1	1
	23 30	45,7 26,6	i	5,5	6	2
	23 00	45,7 26,6	i	6,3	7	3
	23 30	45,7 26,6	150	6,6w	7	4
24 11 1896	18 50 ±10 м	(45,7 26,6) ±0,5	(100) 50-150	5,2±0,7	5-6 ±1	1
	18 50	45,7 26,6	100	5,2	6,5	3
	18 50	45,7 26,6	100	6,1	6,5	4
06 02 1904	02 49 ±10 м	45,7 26,6 ±0,5	(60) 40-90	5,9±0,7	6 ±1	1
	02 49	45,7 26,6	i	5,7	6	2
	02 49	45,7 26,6	75	6,3	6	3
	02 49	45,7 26,6	75	6,6	6	4
06 10 1908	21 40	45,8 26,5	150	8	6,75	5
	21 39 48 ±10 с	45,8 26,5 ±0,5	150±30	6,8 ±0,3	8±0,5	1
	21 39,8	45,5 26,5	150	6,4	7-8	2
	21 40	45,5 26,5	125	6,8	8	3
	21 40	45,5 26,5	125	7,1	8	4
	21 39 53	45,8 26,0			8	6

При землетрясении 11 марта в *Аврэмешть* образовались оползни, разрушены каменные карьеры. Также в районе *Опорелу-Бузеишь* отмечено существенное проявление этого землетрясения. В Молдове колебаниями была охвачена южная и центральная часть территории. В Украине наиболее отчетливо событие проявилось в Одесской области.

Землетрясение 24 ноября 1896 г. охватило восток Румынии, юго-запад России и север Болгарии. Максимальная интенсивность невысока, не превышает 4-5 балла, затухание интенсивности слабое.

Землетрясение 6 февраля 1904 г. охватило территорию юго-востока Румынии, север Болгарии, всю территорию Молдовы и значительную часть Украины. В Кишиневе дрожали окна и двери, качались висячие предметы. Во многих домах большие трещины. В некоторых старых домах обвалилась штукатурка. В Одессе наблюдалось три толчка, от которых спящие просыпались.

В архивных источниках для территории Румынии имеются карты изосейст 11 марта и 24 ноября 1896 г., 6 февраля 1904 г. и список населенных пунктов в книге Атанасиу [7].

В Атласе [8] имеется карта изосейст события 6 февраля 1904 г., по Румынии и Болгарии. В книге [9] приводится карта изосейст землетрясения 1904 г. с пунктами-баллами на территории Болгарии. Землетрясение 6 октября 1908 г. охватило территории Румынии, Болгарии, Республики Молдовы, Украины и Сербии. Граница осязаемости на востоке доходит до Днестра.

В работе Атанасиу [7] приводится список населенных пунктов Румынии с указанием балльности. В работе Попеску [10] описываются особенности проявления землетрясения на территории Добруджи и приводится схема изосейст. В книге [9] приводится карта распределения интенсивности землетрясения 1908 г. на территории Болгарии со схемой изосейст. В каталоге [11] приводятся данные об интенсивности землетрясения 6 октября 1908 г. в разных точках Сербии, что дает нам возможность определить границы осязаемости на юго-западном направлении от эпицентра.

В Кишиневе ощущалось сильное волнообразное землетрясение, гул. Здания колебались, дребезжали окна, мебель, всяческие предметы пришли в движение. На территории Украины землетрясение ощущалось во многих населенных пунктах.

В книге [12] даны карты макросейсмического проявления исследуемых землетрясений на территории Румынии и Российской империи, куда входили Молдова и Украина.

Далее для построения минимально искаженной картины макросейсмического поля мы приводим цитирование данных из архивных материалов и литературных источников исследуемых событий.

### **Макросейсмические данные о землетрясении 11 марта 1896 г.**

Землетрясение 11 марта 1896 г. вполне сравнимо с таковым 22 октября 1940 г.; только выделенная энергия немного меньше. Отметим тот факт, что максимальные сотрясения были зарегистрированы вблизи периферии макросейсмической зоны *Аврамешть* в Молдове и *Опорелу-Бузэу* в Мунтении [7]

Землетрясение, ощутимое примерно по всей древней Румынии – с региона *Нямцу* и *Яссы* до *Мехединць* и на юго-востоке Трансильвании. Средняя интенсивность 4 балла, максимальная до 6 баллов в *Аврамешть* (Тутова). Везде был слышен подземный гул. Во многих местах всяческие предметы качались, спящие люди проснулись. Эпицентр – в изгибе Карпат. [13]

Сильное землетрясение в Румынии, а также в Бесарабии. Сильно ощущалось в *Армэшешти*, *Брашове*. Эпицентр, очевидно, в изгибе Карпат (район Вранча). В *Одессе* землетрясение продолжалось 3-5 сек. В некоторых домах слышали два толчка. Ощущалось на Молдаванке, в центре города, в м. *Курисово-Покровском*, где звенели стекла, падала посуда. В *Измаиле* землетрясение продолжалось 15 сек. Ощущалось в *Кишиневе*. В *Тирасполе* отмечалось два удара. Спящие просыпались. В некоторых двухэтажных домах появились трещины. Землетрясение сопровождалось подземным гулом. [14]

1896 г. март 11, 22ч 57м.  $I_0=7$ . Измаил 5?, Одесса 4?. [5]

Землетрясение ощутимое по всей стране, в том числе и в Добрудже: *Туртуча* – 4; *Куртбунар*, *Констанца* 3-4, Ю-С; затем в *Корбу* – 4, *Олтина* – 3, С-Ю; *Фердинанд* 1 – 3, 3-В; *Домнешть* – 4, ЮВ-СЗ и, наконец, в *Мэчин* – 5-6, СЗ-ЮВ [10].

*Кишинев*. Землетрясение продолжалось около двух минут, почва колебалась, двигалась мебель, спящие просыпались в испуге. *Бендеры*. Довольно сильное землетрясение, два толчка. Повреждений нет. [15]



*Тирасполь.* Два удара, спящие проснулись, в некоторых двухэтажных домах появились трещины. *Одесса.* Легкое землетрясение. В некоторых квартирах звенели оконные стекла, дрожала мебель; замечено не всеми. *Измаил.* Землетрясение продолжалось 15 секунд. [15]

1896 11 марта. Наибольшая сила этого землетрясения по Росси-Форелю достигла степени 5 и имела место в западной части Бессарабии.

Как в *Одессе*, так и в других – почти всех – пунктах наблюдатели заметили шум: в виде взрыва (*Одесса*), грома (*Панашешты, Тараклия и Красногорка*), волнообразного гула (*Глинное*), стука колес последнего вагона отходящего поезда – трясение, шума заторможенного поезда – толчок (*Чучулены*), шума бури (*Бардар*), стука проезжающей повозки по замерзшей земле (*Баймаклия*).

Есть немногие указания на влияние его на животных: так, из *Слободзеи* наблюдатель сообщает, что во время землетрясения залаяла комнатная собачка. В *Одессе* несколько моих знакомых сообщили мне, что во время землетрясения птицы в клетках были в беспокойном состоянии.

*Одесса.* Я занимаю квартиру по Малому переулку, в третьем этаже. В ночь с 28 на 29 февраля я лег спать около часу пополудни и едва успел уснуть, как был разбужен довольно сильным сотрясением моей кровати. Обе двери, находящиеся в моей спальне, дрожали, как это бывает при провозе по улице мимо дома значительной тяжести. Кровать моя также продолжала трястись. Все это продолжалось настолько долго, что я успел вполне проснуться и сообразил, что, так как по улице ничего не провозили, дрожание дверей и кровати произошло от землетрясения, которое, полагаю, продолжалось не менее 15 или 20 секунд. Было около четверти второго часа ночи. Повторения землетрясения я не заметил.

*Троицкое-на-Днестре.* В ночь с 28 на 29 февраля ст. ст. замечено было землетрясение два раза: в 12ч. 58м. и 4ч. 49м.

*Маяки.* В ночь на 29 февраля, во втором часу, ощущалось легкое землетрясение. Я услышал стук в запертых дверях, как бы от сильного сквозняка. Стук продолжался, не усиливаясь, секунд 10. Явление выразилось слабее, нежели в прошлые года, и я не решился бы утверждать, что это было землетрясение.

*Николаев.* Землетрясение 28 – 29 февраля не оказало никакого действия на горизонтальный маятник в Николаеве.

*Елисаветград.* Вокзал железной дороги. В 1ч 7м ночи с 28 на 29 февраля, я, лежа, заметил, что моя кровать шатается. Зеркало тоже шаталось.

*Бирзула.* В ночь с 28 на 29 февраля, в 1ч 1м, я сидел в кабинете с женою и читал вслух. Весьма быстрым порывистым движением нагнуло меня со стулом и столом, на который я облокотился. Висячий фонарь медленно качался от Е на W. Полагаю, что это было действительное направление землетрясения, так как меня качнуло в том же направлении. За шумом, изданным книжным шкафом, я не заметил, сопровождалось ли землетрясение каким-либо звуком.

*Глинное.* В ночь с 28 на 29 февраля, в 1ч 23м пополудни, произошло землетрясение. Сильный гул, предшествовавший колебанию почвы, разбудил меня. Проснувшись, я почувствовал, что кровать подо мной шаталась, шкаф, стоявший у изголовья кровати, часто ударялся в стену, и его дверцы стучали. Через 5 – 6 секунд я почувствовал сильный толчок, а через 1 – 2 секунды – другой, более слабый. Толчки, насколько я успел заметить, были от 3 к В. После второго толчка опять

продолжалось шатание кровати, дребезжание посуды и очень слабое качание лампы у иконы. Землетрясение продолжалось около 15 – 20 секунд.

*Глинное.* По рассказам некоторых лиц, с 28 на 29 февраля, в 1 час без пяти минут пополудни, было замечено землетрясение и как бы волнообразный гул. Через некоторое время был толчок и послышался гул, продолжавшийся около 5 минут (?). Землетрясение, как говорят, имело направление с ЮЗ на СВ.

*Малаешты 2-е.* В 1ч 2м пополудни я был разбужен сильными толчками землетрясения с СЗ. Гул с ЮВ продолжался секунд 10.

*Малаешты 2-е.* В 1ч ночи с 28 на 29 февраля было землетрясение, которое продолжалось  $\frac{3}{4}$  минуты. Гул был настолько силен, что многие пробудились от сна и в испуге выбегали из жилищ.

*Слободзея.* В ночь с 28 на 29 февраля в 12ч 15м пополудни, было землетрясение, сопровождаемое довольно порядочным шумом, от которого проснулся хозяин дома, а маленькая комнатная собачка залаяла. Меня разбудил хозяин после второго, более сильного шума. В волостном правлении также я слышал о землетрясении от одного крестьянина.

*Красногорка.* В ночь с 28 на 29 февраля, в первом часу, было землетрясение. Сразу послышался сильный шум, будто от удара грома; за ним последовало колебание земли, постепенно ослабевающее. Через два минуты – землетрясение более сильное, так что отворилась дверь.

*Измаил.* В 1 час ночи на 29 февраля было не очень сильное землетрясение.

*Болград.* В 12ч 53м ночи с 28 на 29 февраля послышался глухой подземный шум, затем последовало колебание почвы, как бы с ЮЗ на СВ, все усиливаясь и, наконец, как бы подняв почву, стало усиленно ее трясти в одном и том же размере, будто в такт. Спавшие проснулись. Гула в продолжение сотрясения не было. Явление продолжалось не менее 5 секунд. *Валены.* 29 февраля, в 1ч 45м утра, чувствовалось волнообразное землетрясение, сопровождавшееся шумом в здании: двери и окна дребезжали и трещали. Продолжительность землетрясения около 2-х минут.

*Ларжанка.* В ночь с 11 на 12 марта произошло землетрясение. Его ощущали многие, не смотря на поздний час ночи. Начало землетрясения в 0ч 51м, а – конец в 0ч 52м.

*Фрикацей.* В 12ч 35м ночи 29 февраля было два подземных удара. Второй удар был сильнее первого, так что одна дверь отворилась. Направление было с СЗ на ЮВ.

*Цыганка.* В ночь с 28 на 29 февраля между 1ч. и 1ч 10м, послышался сильный подземный гул, продолжавшийся приблизительно 10 – 12 секунд. Был ли в это время толчок, я не мог хорошо определить. Кажется, был легкий удар. Когда гул немного прекратился, почувствовался один довольно сильный толчок, продолжавшийся 5 – 6 секунд. Школьное здание сильно закачалось. Направление колебания с ЮЗ на СВ. Многие говорили, что было два толчка: первый не сильный, но продолжительный, второй сильный, и его направление с В на З.

*Слободзея.* В половине первого часа, в ночь на 29 февраля, был слышен сильный гул, а потом тихое колебание почвы, которое затихло. Вдруг почувствовались сильные толчки. Станы и потолок трещали. Направление землетрясения с З на В.

*Баймаклия.* В 1ч ночи с 28 на 29 февраля был сильный подземный толчок. Удару предшествовал шум, принятый сначала за стук повозки, проезжающей по замерзшему грунту.

*Импуцита.* В 12ч ночи 28 февраля было землетрясение: два толчка, продолжительность их 20 секунд.

*Тараклия-Болгарская* 29 февраля, в 2ч 45м пополуночи, произошло довольно сильное землетрясение. Сначала был слышен гул, будто гром, а за ним последовало землетрясение, продолжавшееся не более секунды. Оно было, кажется, толчковое, потому что предметы подпрыгивали. Двери сами отворялись.

*Чимишлия.* Сегодня ночью, 12 марта у нас чувствовалось довольно сильное землетрясение. Когда я проснулся, меня довольно сильно качало. С шумом качались стол и шкаф; лампа на столе, шатаясь, звенела. В комнате, в двух или трех местах, был слышен треск. Колебания были плавные, волнообразные, и через секунды две стали ослабевать, но сейчас же возобновились. Жена сказала мне, что она проснулась от сильного подземного шума, после которого начались колебания почвы, которые то усиливались, то ослабевали три или четыре раза. У нас многие лица были разбужены землетрясением. Когда оно окончилось, часы показывали 1ч 6м.

*Цинцарены* 29 февраля в 1ч. утра меня разбудил необыкновенной силы подземный гул. Качания кровати напоминали чувствительные толчки и были скоры, по крайней мере, скорее обыкновенного стука будильника. Окна и двери здания дребезжали. После чуть ли не десяти колебаний я снова почувствовал насколько сильных толчков, от которых стены здания издавали глухой треск (стены плетневые и потом обмазаны). В селе, у некоторых жителей растворились двери, а у одного от стены отпал кусок сухой глины. Направление гула, как полагаю, было от ЮЗ к СВ.

*Гура-Галбино.* В 2ч 30м ночи на 29 февраля было волнообразное землетрясение, которому предшествовал сильный подземный гул. Направление землетрясения было с С на Ю. Училищное здание слегка покачнулось.

*Юрчены.* В 1  $\frac{3}{4}$  часа ночи с 28 на 29 февраля было сильное землетрясение. Кровать тряслась, окна и стоявшая на комоду лампа издавали звук, от которого я проснулся.

*Логанешты.* Было без четверти два часа ночи, когда я проснулся от страшного шума и треска здания. В то же время я почувствовал легкое трясение кровати. Так продолжалось минуты две, после чего последовал сильный толчок, от которого, казалось, готово было рушиться здание. Гул уменьшился и замер в отдалении. Висячая лампа качалась, некоторые предметы на комоду: коробочки, портреты были опрокинуты.

*Чучулены.* В 12ч 55м с 28 на 29 февраля у нас чувствовалось довольно сильное землетрясение. Это явление состояло из двух равномерных колебаний и одного толчка. От кровати и комода, на котором находились флакончики, а также и окон, слышалось дребезжание, напоминавшее стук колес заднего вагона удаляющегося поезда, а толчок был похож на дрожание только что заторможенного поезда.

*Бардар.* 29 февраля, в 1ч 15м ночи, было довольно сильное землетрясение, предшествуемое сильным гулом как бы от бури по направлению с З на В.

*Панашишты.* С 27 на 28 и с 28 на 29 февраля, в 5м второго часа ночи, чувствовалось довольно сильное землетрясение. Колебания были волнообразны и шли с В на З. Оба раза колебания продолжались около трех секунд. Перед землетрясением были слышны как бы раскаты грома. Я не мог писать от дрожания стола. Поселяне с *Панашиштъ* передавали мне то же самое.

*Долна и Миклеушены.* В среду ночью под 29 февраля, ровно в 1ч пополуночи, наблюдалось у нас довольно сильное землетрясение, продолжавшееся около пяти или шести секунд. Сначала был слышен сильный гул с СЗ. По всем признакам, землетрясение было волнообразное.

*Пересечино.* В ночь с 28 на 29 февраля, около 25 минут первого часа, мною замечено было землетрясение. Первое колебание, насколько я мог заключить, будучи разбужен упавшим с окна пузырьком, было волнообразное и шло с Ю на С. Колебание земли, вероятно, продолжалось около 10 – 15 секунд. Через минуту последовал слабый толчок, продолжавшийся около 2 – 3 секунд.

*Резина.* В 1ч 3м утра 29 февраля был слышен подземный гул, направлявшийся с ЮЗ к В. Колебание почвы толчками продолжалось один раз в 1 минуту 15 секунд. Эти сведения получены из местной почтово-телеграфной конторы. Лично я землетрясения не наблюдал, потому что спал. Жена, проснувшись от землетрясения, ощущала сильное покачивание почвы с толчками.

*Гирчешты.* В ночь с 28 на 29 февраля, около половины 1 часа, послышался сильный гул, после которого было землетрясение. Колебание почвы было с З на В и продолжалось 5 секунд. Спустя минуты две, послышался снова сильный гул, продолжавшийся около 5 минут, после которого было колебание почвы, длившееся около трех секунд. Первое колебание было порядочное: лампадка, висящая у св. икон, шаталась с силою на расстоянии двух вершков от центра. Второе колебание было более спокойное.

*Цыбулевка.* 29 февраля, в 2ч 5м пополуночи, наблюдалось довольно слабое землетрясение. Висевшая свободно у двери тонкая проволочная скобка отскакивала от доски и постукивала. Это повторилось 8 – 10 раз. Времени прошло не более 7 – 8 секунд. Кровать, на которой я спал, раза два чуть задвигалась. Направление сотрясения, казалось, шло с ЮВ на СЗ [16].

12 марта в *Тараклии Болгарской, в Чугулештах и в Резине* наблюдается вертикальный удар, сопровождавшийся в *Чугулештах* волнообразными колебаниями, шедшими с С на Ю.

Из дер. *Чугулешты* сейсмическая волна пришла в дер. *Гирчешты*. С другой стороны волны шли через дер. *Долна, Миклушены, Бордарь, Юрчены*, и повернув на Ю, на *Логанешты, Чимишлию и Гура-Галбино*.

Из последней деревни путь волн, по-видимому, был такой: *Баймаклия, Цыганка, Болград, Валены, Импуцита, Фрикацеи и Измаил*. На СВ они поколебали дер. *Цинцарены и Глиное*. По берегу Черного моря землетрясение наблюдалось в *Маяках, в Троицком на Днестре и в Одессе*.

Из местечка *Резина* сейсмические волны шли на *Малаешты и Слободзею*.

Явление отражения волн наблюдались в *Бирзуле*, где они шли с В на З.

Интересно, что в *Николаеве* даже сейсмограф не записал колебаний, хотя в *Елисаветграде* наблюдалось землетрясение [17].

Пересмотренные макросейсмические данные были положены в основу построения карты изосейст землетрясения 11 марта 1896 года (рис. 1). Добавлены пункты по Румынии, уточняющие конфигурацию изосейст макросейсмического поля. Выделена пятибалльная зона.

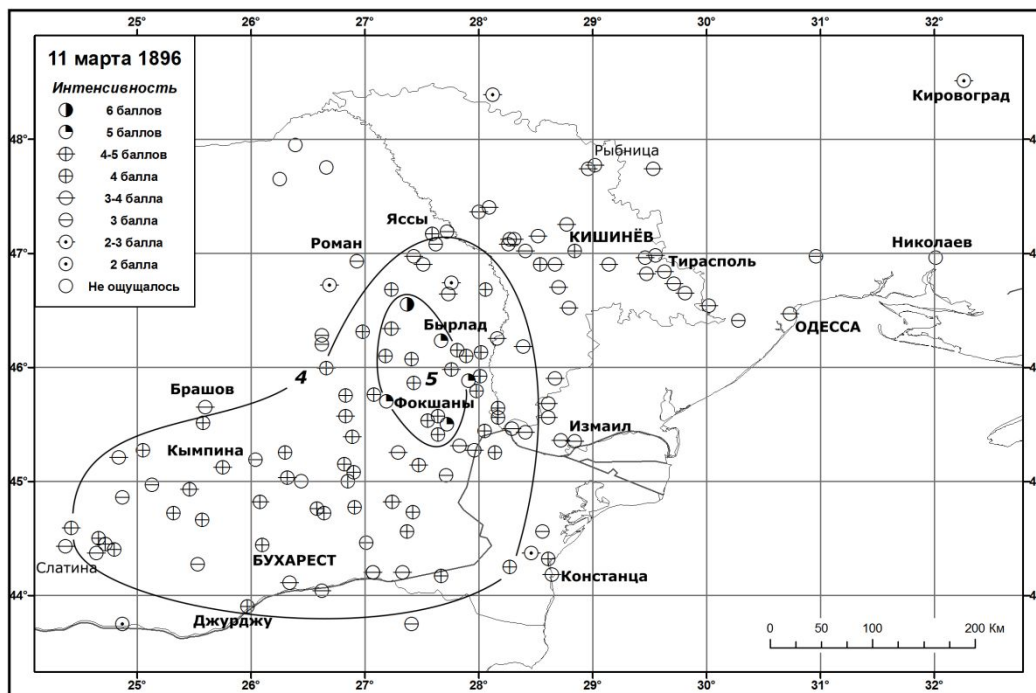


Рис. 1. Карта изосейст землетрясения 11 марта 1896 г.

Как следует из рисунка 1, максимальная наблюдаемая интенсивность составила 6 баллов. Зона 4-5 баллов охватывает значительную часть Восточной и Южной Румынии. На территории Молдовы землетрясение проявилось интенсивностью до 4 баллов. На Украине предельная граница ощущаемости на северо-востоке доходит до Елисаветграда (Кировограда). Также ощущалось в некоторых пунктах Северо-Восточной Болгарии.

### Макросейсмические данные о землетрясении 24 ноября 1896 г.

Землетрясение, ощущаемое почти на всей территории Молдавии, в Добрудже и Мунтении со средней интенсивностью 3-4 балла. С большей интенсивностью – 6 баллов в *Бырладе*, 5 баллов в *Гринду*, *Чокэнешть*; *Яцу* (Яломица), *Филлу* (Брэила), *Гэичанка* (Текуч), *Бухочиу* (Бакэу), *Тэкута* (Васлуй). Ощущалось также в регионе Бырза (юго-восточная Трансильвания) [13]

Землетрясение 24 ноября 1896 г. особенное, так как колебания были только на востоке страны, так на западе оно ощущалось только в Бухаресте и Джурджу [6].

Землетрясение по всей Румынии – Валахии, Добрудже, Молдавии, и частично в Трансильвании. Очень сильно ощущалось в *Бырладе*. Достаточно сильно в *Браиле*, *Текуче*, *Бакэу*. В *Измаиле* землетрясение продолжалось около 10 сек.

Началось незначительными колебаниями, а через мгновение чувствовался сильный толчок. Стучали двери, качались лампы, звенели стекла. В *Рени* ощущалось три толчка, из них самый сильный – третий. Посуда дребезжала, окна звенели. В *Кишиневе* ощущалось два удара, более сильный – в верхних этажах. В *Могилеве* землетрясение длилось несколько секунд. Сидящие ощущали трясение стула, звенели стаканы, дрожали лампы на столах. Слышался сильный гул. [14]

1896 г. ноябрь 24, 20ч 55м. Эпц. обл. Вранча?; Ю=7. *Измаил* 5, *Рени* 4-5, *Могилев-Подольский* 4-5 баллов [5]

Слабое землетрясение на востоке Мунтении и юге Молдовы, замечено и в Добрудже: в *Констанце* – 3, *Домнешть* – 3, *Туртуча* – 2, *Силистра* [10]

В городе *Измаил* было мною замечено в 8 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> часа, легкое колебание почвы. Колебание было замечено с 3 на В, во время землетрясения слышалось дребезжание комнатной двери.

*Болград* 12 ноября, в 8ч 37м вечера, чувствовалось слабое землетрясение.

*Каргал*. 12 (24) ноября сего года наблюдалось землетрясение, которое началось в 8ч 41м вечера. За несколько секунд до начала землетрясения был слышен гул с С, за которым последовали три толчка. Последний был более сильный.

Во время землетрясения я стоял и сбрасывал с себя пальто, когда услышал скрип дверей. Жена, сидевшая около печки, заявила, что земля трясется. Двери продолжали скрипеть. Я стоял и чувствовал, что земля колеблется. После 3-го толчка, земля колебалась 16 секунд, а все землетрясение продолжалось 1 минуту и 1 секунду. По окончании землетрясения слышен был сильный гул.

*Валены*. Землетрясение было 12 ноября, в 8ч 30м вечера. Оно было довольно чувствительно, так что его можно обозначить цифрами 6 – 7 по шкале Росси-Форея. Сначала послышался большой шум на ЮЗ, потом почувствовался первый толчок; шум продолжался, как будто что-то падало (в это время я прилег лицом к земле); потом последовал второй толчок – сильный: пол видимо колебался, окна, двери дребезжали. Продолжалось землетрясение секунд 30 – 40. Направление с ЮЗ на СВ.

*Шикирликитай*. Сегодня, ровно в 9ч вечера, наблюдалось землетрясение. Сидя у стола за чтением, я почувствовал, как неожиданно раздался один за другим два подземных, не особенно сильных, толчка, по направлению с Ю к С, отчего даже немного пошатнулся стол с лампой и другими предметами; после этого, ровно через 20 мин., последовали другие два толчка, но гораздо слабее первых.

*Цыганка*. 12 (24) ноября, вечером, в 8ч 30м, было землетрясение – один толчок; предварительно послышался довольно сильный подземный гул.

*Ст. Троянов-Вал*. В 8ч 55м вечера, замечалось землетрясение, продолжавшееся 3 секунды, очень слабое; направление от 3 на В.

*Тараклия-Болгарская*. 12 ноября в 8ч 53м пополудни, слышно было землетрясение, продолжавшееся не более секунды. Направление землетрясения с СВ на ЮЗ. Землетрясение было волнообразное.

*Чимшилия*. 12 (24) ноября, в 8ч 59м вечера у нас чувствовалось легкое землетрясение, сопровождавшееся довольно значительным подземным гулом.

*Бешалма*. В 9ч вечера, послышался сильный гул, затем последовало землетрясение, по-моему, будто волнообразное, которое продолжалось три секунды.

*Бардар.* В 8ч вечера, было землетрясение – один толчок, не очень сильный, но предшествуемый сильным гулом с запада на восток.

*Пересечино.* В 8ч 45м вечера, сидя в комнате, я услышал шум, как бы от катящихся по твердой земле экипажей. Вслед за тем почувствовал два легких и плавных колебания почвы, следовавших через 1 сек. одно за другим, и, как мне казалось, по направлению от З к СВ. Ясно было, что это землетрясение, которое наблюдали и другие лица.

*Теребна.* В 8ч 40м вечера было землетрясение. Сначала был страшный подземный гул, а затем землетрясение, довольно чувствительное; продолжалось оно 45 секунд.

*Каменка.* В 8ч 40м вечера, было замечено мною и другими землетрясение; был только один довольно сильный толчок, и был слышен подземный гул.

*Михайловка-Яругская.* В 10ч вечера, в с. Михайловке произошло небольшое землетрясение, направление коего было с ЮВ на СЗ. В начале послышались подземный шум и звон, а потом замечалось небольшое колебание земли, от коего в некоторых местах колебались стены домов, а в некоторых можно было заметить землетрясение только по звону близ стоящих стаканов, но колебание стен глазом видимо не было.

*Кишинев, Гассан-Асна, Лоевцы, Гирчешты.* 12 (24) ноября было замечено землетрясение [16]

На основе дополнительно собранных данных по Румынии была составлена уточнённая карта изосейст землетрясения 24 ноября 1896 года (рис. 2).

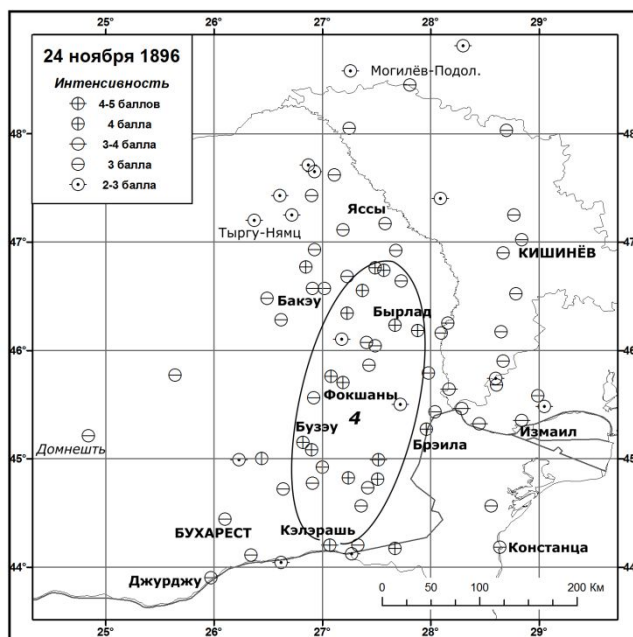


Рис. 2. Карта изосейст землетрясения 24 ноября 1896 г.

Максимальная наблюдаемая интенсивность составила 4-5 баллов. На территории Молдовы колебания достигали трёх баллов. Ощущалось землетрясение и на левом берегу Днестра: в Каменке и Могилёве-Подольском.

### Макросейсмические данные о землетрясении 6 февраля 1904 г.

Землетрясение достаточно сильное на большей части Румынии и северо-восточной Болгарии. Охватываемая территория в Румынии: от Олта до Прута. На севере Молдавии землетрясение ощущалось в уездах Ботошань и Нямцу. В горном районе землетрясение не замечено.

В уезде Тутова интенсивность 6 баллов в некоторых пунктах. В *Бухаресте* интенсивность колебаний 3 балла. Землетрясению предшествовал подземный гул.

В Бесарабии нет данных о сотрясениях. В *Бельцах, Калараше и Скулянах* интенсивность 6 баллов.

Ощущалось в Трансильвании в уезде Трей-Скауне, *Брашове*. Слабо ощущалось в *Фэгэраше и Велико-Тырново*. Наибольшая интенсивность 5 баллов в *Секлерс-Секуи*.

Землетрясение ощущалось на юго-западе России. [13]

Максимальная  $I=5+$  в Добрудже (*Мэчин и Парахиой*) и в Мунтении (*Бребу*) соответствует землетрясению 26 октября 1914 г. По интенсивности центр тяжести в Мунтении. Все же, если при землетрясении 26 октября 1914 г. изосейсты 3 и 4 баллов были локализованы в середине зоны сотрясений, то 6 февраля 1904 г. максимальная интенсивность занимает периферические позиции. То же наблюдалось 6 октября 1908 г. [6]

1904г., февраль, 6, 2ч 41м (Гр). Землетрясение в Бесарабии. С наибольшей силой ощущалось в *Бельцах и Кишиневе*. В *Одессе* было три толчка, из них самый сильный – первый. Многие проснувшиеся в тот момент почувствовали, что кровати под ними затряслись. Посуда в буфетах звенела. Птицы в клетках упали с жердочек. Направление- с запада на восток. Продолжительность – несколько секунд. То же примерно наблюдалось в *Сороках, Плоти, Ольгополе, Крыжополе, Немерче, Немирове, Гайсине, Могилев-Подольске, Липовце* (Винницкая обл.), *Глодосах Умани*.

Это же землетрясение наблюдалось в Румынии, Трансильвании, Болгарии [14].

*Одесса 5, Ананьев 4-5, Голованевск 4-5, Глодосы 4-5, Могилев-Подольский 4-5, Крыжополь 4-5, Немиров 4-5, Умань 4-5, Немерче 4-5, Говоры 4, Липовец 4 балла* [5].

Ощутимое землетрясение по всей стране, включая Добруджу: *Мэчин и Черна, Исакча 4-5; Бабадаг, 4; Тулча, 3; Тополог, 5; Сарикиой, 3; Меджидия и Остров, 4; Олтина и Бэняса 3*. В *Акадынларе*, колебания с С, 4 балла; в *Куртбунаре*, также с С, 4 балла, продолжительность 5 сек. В *Сарсынларе* 2 толчка слабых с востока; в *Силистрe* 2 толчка 4-5 баллов, с СВ. В *Туртуче* сильный толчок с СВ. В *Туришмиле* 2 толчка 4 балла с В. В *Базаржике* 2 толчка довольно сильных [10].

1904 02 06, 3ч 49м. Эпицентральная зона *Ковасна*,  $\varphi=26^{\circ} 10'$ ,  $\lambda=45^{\circ} 51'$  [18].

6 февраля 1904 г. В самом *Кишиневе* сейсмические волны шли с ЮВ на СЗ. Из *Кишинева* они шли на *Калараш* и на *Кокорозенское, Сороки и Попову Греблю*; отсюда волны через деревни *Выхватцу, Плоти и Рудницу* прошли через



*Крыжополь, Тульчин, Липовец* и по Бугу на *Куну* и *Немиров*. Отразившись от горста, сейсмическая волна прошла через *Немерче, Могилев* и *Бельцы*.

На юг от *Кишинева* сейсмические волны шли по р. Ялпуху до *Измаила*. На берегу Черного моря землетрясение наблюдалось в *Одессе*.

Вероятно, из *Кишинева* же сейсмическая волна шла через *Ананьев, Голованевск* и *Умань*.

На юге молдавской впадины волны обоих землетрясений видимо интерферировали, чем и объясняется их отсутствие в *Шабо* и *Акерман*.

В *Бердичеве, Звенигородке, Житнегорах* Васильковского уезда и *Гриноуцах* Хотинского уезда сейсмических волн совсем не было [17].

*Кишинев*. Значительное землетрясение, два удара, первый – слабый, второй значительно сильнее. Длилось несколько секунд. Дрожали окна и двери, качались разные предметы, особенно висячие лампы. В некоторых старых домах обвалилась штукатурка. Многие жители в панике *Сороки*. Три довольно сильных подземных толчка, продолжалось около минуты, с промежутками в несколько секунд [19].

*Кишинев*. Ощущалось довольно сильное землетрясение. Во многих домах появились большие трещины в стенах и на потолке. В городе паника [20]

*Кишинев*. Два сильных подземных удара, сопровождавшихся значительным колебанием почвы. Трещины во многих зданиях. *Калараш*. Четыре толчка в продолжение одной минуты. *Скуляны*. Два толчка. Тряслись стены домов; просыпались спящие; качались висячие предметы. *Кокорозены*. Сильный толчок, землетрясение в течение 1,5 минуты. *Выхватинцы*. Довольно сильное землетрясение в течение 15-20 секунд. Ощутительное дрожание стен, мебели, посуды. Все население проснулось. *Плоти*. Открывались двери, посуда звенела и опрокидывалась, мебель колебалась, стекла дребезжали. *Бельцы*. Жители были разбужены сильным колебанием почвы. Все пришло в движение; слышался звон и стук. Жителей охватила паника, колебание продолжалось 10-15 секунд. Было три подземных толчка. *Балан*. Довольно сильный толчок и волнообразные движения. Качались лампы, раскачивались кровати. *Корнешты* (Перевал). Почва колебалась 15 секунд, остановились часы с маятником, качались гири часов; проснулись спящие. *Комрат*. Дрожание почвы продолжалось 30 секунд. Оценка силы – 4 балла Р-Ф. *Измаил*. Два резких толчка, сопровождавшихся гулом.

*Чимшилия*. Землетрясение продолжалось 2 минуты, колебалась мебель, падали статуэтки. Было замечено большинством жителей. *Карагасаны*. Не очень сильные толчки, слабый гул. *Фалешты*. Равномерные слабые колебания почвы в течение 5 секунд. *Рудница*. Ощущалось колебание почвы. *Крыжополь*. Сильное качание кроватей разбудило спящих. *Могилев-Подольский*. Колебания почвы и два резких толчка. Многие жители проснулись. Качались стены, звенела посуда. *Тульчин*. Землетрясение длилось несколько секунд, сопровождалось подземным гулом. *Червона Гребля*. Волнообразные колебания почвы. Открывались ставни. Многие жители проснулись. *Ананьев*. Землетрясение продолжительностью 2-3 секунды, сопровождалось сильным гулом. Качалась мебель. *Бузиново*. Землетрясение продолжительностью около 10 минут. Резкие толчки. *Николаевка* (Гофнусталь). Землетрясение продолжительностью 10-12 секунд, качалась мебель. *Белгород-Днестровский, Шабо*. Землетрясение не ощущалось [21].

Используя сведения из дополнительных источников, построили уточнённую карту изосейст землетрясения 6 февраля 1904 года (рис. 3).

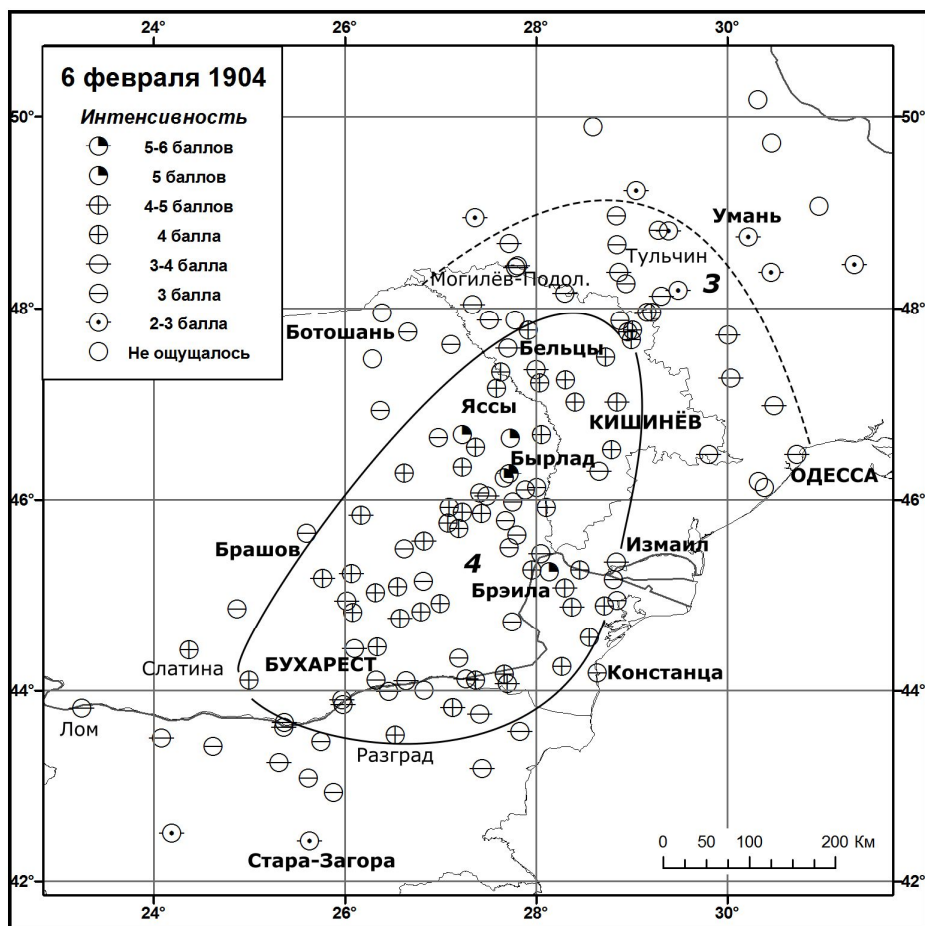


Рис. 3. Карта изосейст землетрясения 6 февраля 1904 г.

По карте видно, что максимальная наблюдаемая интенсивность составила 5-6 баллов. Сотрясения охватили значительную часть Румынии. Землетрясение также ощущалось по всей северной части Болгарии и нескольких областях Украины. На территории Молдовы землетрясение проявилось интенсивностью до 4-5 баллов.

### Макросейсмические данные о землетрясении 6 октября 1908 г.

Землетрясение на большой территории Румынии, на востоке Трансильвании (регионы Чук, Трей Скауне), юго-западе России, в Галиции и Буковине, в Бесарабии, Болгарии и Сербии. Максимальная интенсивность – 8 баллов. Эпицентр нужно искать по линии *Текуч-Бырлад*. [15]

6 окт. 23ч 41м. Землетрясение сильное ощущалось по всей стране и в соседних странах. В Добрудже отмечено в: *Сарсынлар*, 2 толчка; *Сату-Векю*, два толчка с ЮЗ; *Туртуча*, 2 толчка, второй сильнее (4-5); *Туримил*, *Айдемир*, 2 толчка, редшествуемые гулом; *Акадынлар*, сильно; *Алфатлар*, *Бабук*, с юга, со слабым

гулом; *Кайнарджуга Маре и Кайнарджуга Микэ*, 2 толчка с запада, с подземным гулом; также в *Калиретрово, Караорман и Попина* с юга с подземным гулом; *Силистра*, 4-6, 2 толчка сВ, общей продолжительностью 12 сек.; *Сребьрна*, сильно, с СЗ, с подземным гулом; *Куртбунар*, 2 толчка интенсивностью 6 баллов, с северо-запада. В жуд. Калиакра: *Базаржик*, 3 толчка довольно сильных, с С; *Еси-бей*, с запада, с сильным подземным гулом; *Екисча*, с СЗ сильно, с подземным гулом; *Балчик*, сильно, с С; *Гяур-Суйсуик*, с севера, с гулом; *Каварна*, 4, 2 толчка с,СЗ; *Тэке*, слабо; *Шабла*, сильно, в сопровождении подземного гула (Ю) В *Констанца*, 4; *Мангалия, Тузла, Фердинанд 1 и Корбул де сус*, 4; *Бэняса, Ион Корвин, Олтина, Печеняга, Кобадин и Чернавода*, 5; *Остров и Негру-Вода*, 6. В *Исакча и Черна*, 6; *Сулина*, 5; *Журиловка и Касимча*, 4 [10].

Первое сильное землетрясение XX века произошло вечером 6 октября 1908 г. по местному времени примерно в 23ч. 40м. Землетрясение имело магнитуду  $MGR=6,8$  (эквивалентно магнитуде по моменту  $M_w=7,1$ ), произошло на глубине 125 км, максимальная наблюдаемая интенсивность составляла 7 баллов по шкале Меркалли. Колебания ощущались на большом пространстве от *Дорохой* до *Дробета Турну Северин* и в соседних странах. Самые серьезные последствия были отмечены в центре и на юге Молдовы, как и на северо-востоке Мунтении. В *Бухаресте* разрушено несколько старых домов на окраине. Газета Универсул описывает землетрясение большой интенсивности, ощущаемом от севера до юго-запада, на большой площади от *Турну-Северин до Дорохой*, с акцентом на *Роман, Аджуд, Рымникул-Сэрат*. «Жители, молясь, выбегали раздетыми из домов. Женщины бежали по улицам с детьми на руках, крича. Остановились часы. Звонили колокола церквей, звонили и производили еще большую панику». Землетрясение состояло из трех толчков с интервалом в 3 минуты. Последняя фаза произвела «сотрясения ужасающие» и «формировала подземный гул». Разрушились большинство старых домов [22].

Октябрь, 6. 21ч 39м. Это землетрясение зарегистрировано также многими сейсмическими станциями, определено положение эпицентра и интенсивность в очаге. Землетрясение ощущалось следующим образом. В *Житомире* - падение людей с кроватей, битье посуды и оконных стекол, опрокидывание мебели. В *Овруче* – подземный гул, предметы дрожали и падали. Стакой же примерной силой оно отмечалось в *Новгород-Волынской, Остроге, Кременце, Изяславе, Любаре, Староконстантинове, Ямполье*, а также на железнодорожных станциях: *Окница, Новоселица, Бирзула (Котовск), Жмеринка, Бар, Проскуров, Могилев* на Днестре, *Ларга, Черный Остров* и мн. др. Самые восточные пункты – *Киев и Черкассы*. В *Киеве* сдвигалась мебель, падали картины. На даче под Киевом из-под крыш выпадали кирпичи. Самые южные пункты землетрясения – *Тирасполь, Херсон*. В *Тирасполе* дома дрожали, двери дребезжали, окна звенели, картины падали. На территории Западной Украины и Буковины землетрясение ощущалось следующим образом. Во *Львове* в некоторых домах появились трещины. Наиболее сильно ощущалось оно на улицах: Краковской, Театынской (ныне Гуцульской), на Лычаковке (теп. Район улицы Ленина), а также на улицах, расположенных на холмах и скатах. В *Коломые* отмечено два удара продолжительностью 10 сек. В некоторых домах упали со стен картины. В *Городенке* землетрясение продолжалось 1,5 мин. Направление – с востока на запад. Землетрясение сопровождалось глухим грохотом. В *Залещиках* ощущалось два удара на протяжении 10 сек. В некоторых домах появились трещины. В *Гримайлове* было два сильных удара. В некоторых

домах в потолке появились трещины. В *Черновцах* землетрясение продолжалось 9 секунд. Дома качались. Предметы в домах дрожали. Направление - с юга на север, и в тех домах, где кровати поставлены в этом направлении или перпендикулярно к нему, люди падали с них. Землетрясение ощущалось также в окрестностях *Черновцов: Кадубовцы, Окно, Заставна*. Землетрясение ощущалось также в *Тернополе, Подволочиске, Зборове, Бродах, Скалате, Золочеве, Микулинцах, Бучаче, Пробежном, Борщеве*.

В Румынии землетрясение ощущалось на большом пространстве, в городах: *Тушнад-Бэй, Чичеу, Окна-Мурешулуй, Брецку, Тыргу-Муреш*. Землетрясение ощущалось также в Болгарии и Сербии [14].

В *Ивано-Франковске* (ранее Станислав) во многих домах опрокинулась мебель. В стенах нескольких старых домов образовались трещины. В *Подгайцах* падали картины со стен. В *Борщеве* спящие проснулись, стены домов трещали. В *Теребовле* со столов и шкафов падали предметы. Выливалась вода из полных сосудов. В *Каменке-Бугской* крупные домашние предметы (шкафы и пр.) дрожали. Землетрясение сильно ощущалось в *Пробежном, Снятыне, Новоселице, Черткове*.

23 сентября в 11 ч 48 м (по ст. ст.) в *Кишиневе* сильное волнообразное землетрясение, гул. Здания колебались, дребезжали окна, мебель, висячие предметы пришли в движение [23].

*Захарьевка*, Тираспольского уезда. Проснулся от сильного толчка, почти подбрасывало меня. Подо мной дергалась кровать, стучали, ударяясь о стену и друг о друга предметы. Дверь полуоткрылась, стекла в окнах дребезжали, гул, как от раската сильного грома. Удивительнее же всего, что люди, бывшие в момент землетрясения на улице, ничего подобного не замечали и с недоумением смотрели на выбегавших на улицу обывателей.

*Бирзула*. Сильное землетрясение. В конторах станции остановились стенные часы, вода в графинах колебалась, поднимаясь на вершок от уровня. Станционное здание испытывало колебание в несколько раз сильнее, чем при подходе курьерских поездов.

*Одесса*. 23ч 40м жители встревожены довольно сильным землетрясением, длившимся около 30 сек. Сильный гул в разных частях города слышен в разной степени. В некоторых домах сдвинуты стулья. В одном из домов сдвинута в шкаф посуду. Весьма сильно ощущалось в районе Хаджибейского лимана – в этом районе гул был похож на гул от движущегося поезда или канонады. Особенно сильно ощущалось в третьих и четвертых этажах. От трех лиц, живущих на 3 и 4 этажах получено сообщение, что они были сброшены с кровати.

*Тирасполь*. 23 ч 40м. Сильное землетрясение, гул. Стены дрожали, приводя в движение ставни, мебель сотрясалась с сильным дребезжанием.

Дер. *Флориновка* Ананьевского уезда. Гул. Вся утварь внутри избы начала колебаться, Снаружи избы колыхались и ежеминутно грозили падением.

*Маяки*. Все ощущали в большей или меньшей степени землетрясение, которое продолжалось приблизительно 2 мин. Дрожали окна и двери, качалась мебель, дребезжала посуда [24].

Газета «Буковина» сообщила: «6 числа в половине двенадцатого, в *Черновицах* ощущалось сильное землетрясение, которое продолжалось 9 секунд. Землетрясение выглядело следующим образом: в 11 часов 29 минут почувствовалось легкое дрожание земли, длившееся несколько секунд, и сразу после этого начали дрожать и колебаться дома и все предметы в них.

Землетрясение распространилось с юга на север. В тех домах, где кровати стояли в этом направлении, люди падали с них. Землетрясение ощущалось не только в самих *Черновцах*, но и в окрестностях, а именно: в *Сучаве, Радовцах, Серете, Гадикфалве, Молодее, Стефановке, Заставне, Качиках, Кадубовцах, Окнах, Орешавке, Каменке, Станивцах* и т.д.

Интересные сведения о землетрясении 6 X 1908 в *Черновцах* приводит газета «Czernowitzer Tagblatt»: В доме частного жильца по фамилии Кафесидер, проживающего по улице Каличенкере №20 рухнула дымовая труба. С других улиц сообщали об обвалах карнизов и больших трещинах в стенах [25].

1908 10 6, 22ч 41м. Эпицентральная зона *Чиксэреда* 8 б.,  $\varphi=25^{\circ} 48'$ ,  $\lambda=46^{\circ} 21'$  [18].

Обобщив дополнительно собранные с уже имеющимися данными (всего 320 пунктов), мы построили уточнённую карту изосейст землетрясения 6 октября 1908 года (рис. 4).

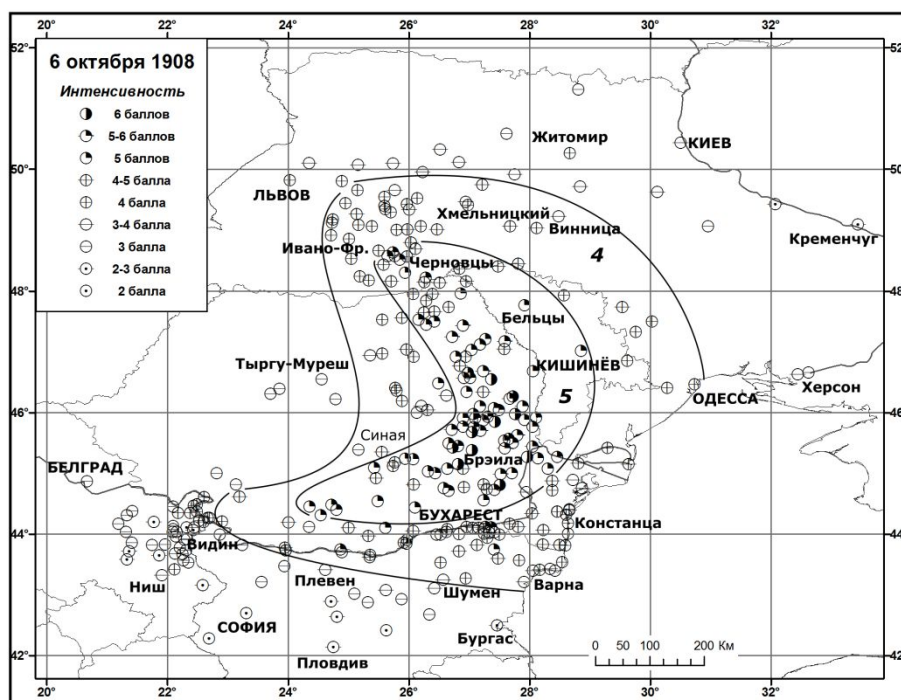


Рис. 4. Карта изосейст землетрясения 6 октября 1908 г.

Событие 6 октября 1908 г. является одним из сильнейших в XX столетии. В нескольких пунктах были отмечены колебания в 6 баллов. Пятибалльная зона включает большую часть Молдовы. Общая площадь сотрясений охватила обширную территорию Юго-Восточной Европы, включая почти всю Болгарию и значительную часть Сербии. Землетрясение ощущалось даже на левом берегу Днепра и у границ с Белоруссией (Овруч).

### Выводы

Получены наиболее полные уточненные данные по землетрясениям 11 марта и 24 ноября 1896 г., 6 февраля 1904 г. и 6 октября 1908 г.

Собраны и обобщены данные из 674 населённых пунктов. Добавлены сведения о проявлении исследуемых землетрясений на северо-западе Румынии и Северо-Восточной Болгарии. На основе этих данных внесены существенные уточнения и дополнения в карты, опубликованные в 2009 году в Атласе карт интенсивности землетрясений Молдовы [12].

### Литература

1. Новый каталог сильных землетрясений с древнейших времен до 1975 г. Ред. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. М., Наука, 1977, 536 с.
2. Radu C. Catalogul cutremurelor puternice produse pe teritoriul României. Partea I - înainte de 1901. Partea II – 1901-1979. Cercetari seismologice asupra cutremurului din 4 martie 1977. Editori: Cornea I., Radu C. București, 1979. P. 723 – 752.
3. Constantinescu L., Mirza V. A Computer-Compiled and Computer-Oriented Catalogue of Romania's Earthquakes during a Millenium (984–1979). Geophysique, Revue Roumanie de geol., geophys. et geogr. 1980. Vol. 24, p. 193–235.
4. Каталог ROMPLUS <http://www.infp.ro/romplus/>
5. Евсеев С.В. Интенсивность землетрясений Украины. Сейсмичность Украины. Киев, Наукова думка, 1969. С. 32-55.
6. Свешникова Е.А., Евсеев С.В. Землетрус 6 жовтня 1908 р. Геологічний журнал, т. XV, вип. 2.1955. Київ. С. 71-75.
7. Atanasiu I. Cutremurele de pamînt din România. Acad. RPR, București, 1961. 275 p.
8. Atlas of isoseismal maps. Part. 3. UNESCO, Skopje, 1974. 275 p.
9. Земетресението Вранча-1977. Последствия в НР България. БАН, София, 1983. 428 с.
10. Popescu I.G. Cutremurele de pamînt din Dobrogea. Analele Dobrogei, an. XIX, v. 1. Cernaufi, 1938. P. 22-26.
11. Catalogue des tremblements de terre en Serbie pendant l-annee 1908. Belgrade, 1924. 38 p.
12. Друмя А.В., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В., Карданец В.Ю. Атлас карт интенсивности землетрясений Молдовы (XVIII-XXI вв.). Кишинев. 2009, 154 с.
13. Florinesco A. Catalogue des tremblements de terre ressentis sur le territoire de la RPR. București, 1958. 167 p.
14. Евсеев С.В. Землетрясения Украины. Киев. Изд-во АН УССР, 1961. 75 с.
15. Одесские новости, 1896, №3562, 3563 1-2 марта.
16. Клоссовский А. Метеорологическое обозрение. Труды метеор. сети юго-запада России, т. 5. 1892. С. 77.
17. Васильев П. Сейсмичность Южной России и прилегающих к ней стран в связи с тектоникой. Записки Новороссийского общества испытателей. Т. 31. 1908. Одесса. С. 166-167.
18. Rethly A. A Karpatmedencek Foldrengescei (455-1918). Budapest, Acad., Kiado. 1952. 152 p.

19. Бессарабец, 1904, 25 1 (7 11) №2218 (231), 27 1 (9 11) №2220.
20. Южное обозрение, 1904, №2393.
21. Бюллетень Постоянной Центральной сейсмической комиссии. Ред. Левицкий Г.В. СПб. Октябрь-декабрь 1907. С.24-31.
22. Despre zonele seismice din Romania. Forum seismologic  
<http://www.premonitii.ro/showthread.php?tid=13626&pid=20148#pid20148>
23. Бессарабские губернские ведомости №97, 1908.
24. Русская речь. 1908, № 836, 838, 839, 841.
25. Сагалова Е.А. К вопросу о сейсмическом районировании территории Буковины. Сейсмичность Украины. Киев, Наукова думка. 1969. С. 70 – 80.
26. Бюллетень Постоянной центральной сейсмической комиссии, под ред. Никифорова П.М. Январь-декабрь 1912. СПб. 1914. С. 3-6.

*Primit la redacție – 2/09/2017*

УДК 550.348.096.64

Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю.

## Особенности проявления землетрясений в районе города Галац

### Abstract

*The article presents summarized information of instrumental data on two sequences of crustal and intermediate earthquakes, manifested in 2013 in the south-east of Romania and in the Vrancea region. Isoseismal maps and focal mechanisms of seismic events in the Galati region, felt on the territory of Republic of Moldova, are given. Solutions of the focal mechanisms of the investigated earthquakes are analyzed. The features of the manifestation of two earthquake swarms of various types confirm the unity of tectonic processes in the Carpathian region.*

**Keywords:** earthquake swarm, focal mechanism, Carpathian region, isoseismal map.

### Rezumat

*Articolul prezintă informația generalizată privind datele instrumentale ale două secvențe de cutremure crustale și intermediare, care s-au manifestat în 2013 în sud-estul României și în regiunea Vrancea. Sunt prezentate hărțile isoseismice și mecanismele focale ale evenimentelor seismice din regiunea Galați, care au fost resimțite pe teritoriul Republicii Moldova. Sunt analizate soluțiile mecanismelor focale ale cutremurelor investigate. Caracteristicile manifestării ale două roiuri de cutremure de diferite tipuri confirmă unitatea proceselor tectonice din regiunea carpatică.*

**Cuvinte cheie:** roi de cutremure, mecanismul focal, regiune carpatică, harta isoseismica.

### Резюме

*В статье представлено обобщение информации по инструментальным данным о двух последовательностях коровых и промежуточных землетрясений, проявившихся в 2013 году на юго-востоке Румынии и в области Вранча. Приводятся карты изосейст и механизмы очагов сейсмических событий района г. Галац, которые ощущались на территории Республики Молдовы. Проанализированы решения механизмов очагов исследуемых землетрясений. Особенности проявления двух роев различного типа землетрясений подтверждает единство тектонических процессов в Карпатском регионе.*

**Ключевые слова:** рой землетрясений, механизм очага, Карпатский регион, карта изосейст.

Землетрясения, которые проявляются макросейсмически на территории Республики Молдовы, происходят обычно за её пределами, в Румынии. И основную сейсмическую опасность представляют землетрясения области Вранча в изгибе Карпат. Но вблизи границ территории Молдовы также происходят ощутимые макросейсмические события, приуроченные к району города Галац.



В 2013 году следует отметить рой коровых землетрясений в районе Галаца, коммун Слобозия, Конаки, сёл Извоареле, Негре и Шела [1,2]. Рой возник 23 сентября, толчки регистрировались в течение двух месяцев. Произошло более 370 сейсмических событий, из которых 3 имели магнитуду  $M = 3,9$ . Они произошли 29 и 30 сентября и 4 октября. Суммарная сейсмическая энергия этих событий составляет  $\Sigma E = 2,5 \cdot 10^{11}$  Дж.

Колебания ощущались в окрестностях Галаца и в городах Фокшаны и Брэила. В селе Извоареле интенсивность колебаний достигала 5 баллов по шкале Меркалли. В эпицентральной зоне вода в колодцах стала мутной и пахла серой. Во время толчков слышен был звук, подобный раскатам грома. Появились разломы и трещины в земной коре и стенах зданий. Жители поспешно выселялись из поврежденных зданий в другие районы, опасаясь новых толчков [1]. В Украине жители Измаила почувствовали также колебания интенсивностью в 2-3 балла [3]. Колебания ощущались и на юго-западе Молдовы.

Очаги этих землетрясений группировались между разломами Сфынтул-Георге и Печеняга–Камена. Область роя эпицентров этих землетрясений показана на тектонической карте, построенной на основе [4] (рис. 1).



Рис.1. Положение области роя эпицентров землетрясений 2013 года вблизи г. Галац на тектонической карте (отмечено звездочкой)

Большинство очагов землетрясений характеризовались глубиной залегания в основном интервале 1-15 км. Глубина возрастала в направлении от разлома Сфынтул-Георге к разлому Печеняга–Камена.

На рис. 2 а, б показаны вертикальные разрезы очаговой зоны в направлении северо-восток – юго-запад (а) и северо-запад – юго восток (б) по [2].

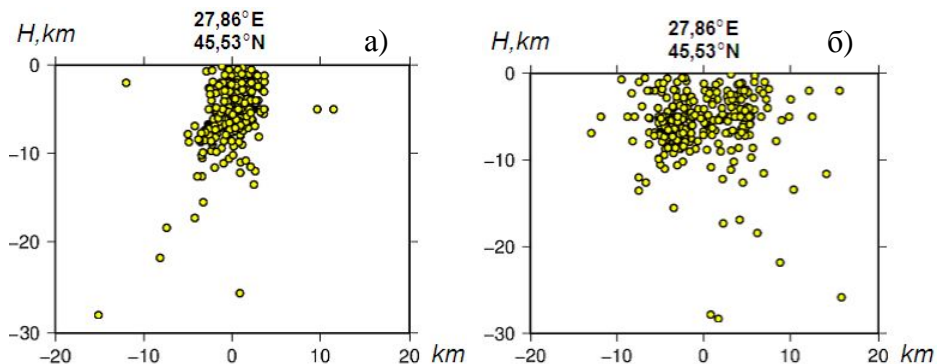


Рис. 2 а, б. Разрезы по глубине очаговой зоны роя землетрясений в районе города Галац.

После роя коровых землетрясений Предкарпатья произошла серия промежуточных землетрясений в области Вранча. Два самых крупных землетрясения 2013 года произошли 6 октября с магнитудой  $M_b = 5,3$  и интенсивностью в эпицентре  $I_0 = 6$ , и 15 октября с  $M_b = 4,8$  и  $I_0 = 4-5$  на глубине порядка 135 км в центральной части фокальной зоны Вранча. Между этими событиями отмечено ещё 3 землетрясения с  $M = 3,0-3,5$  в интервале глубин 130-140 км (рис. 3).

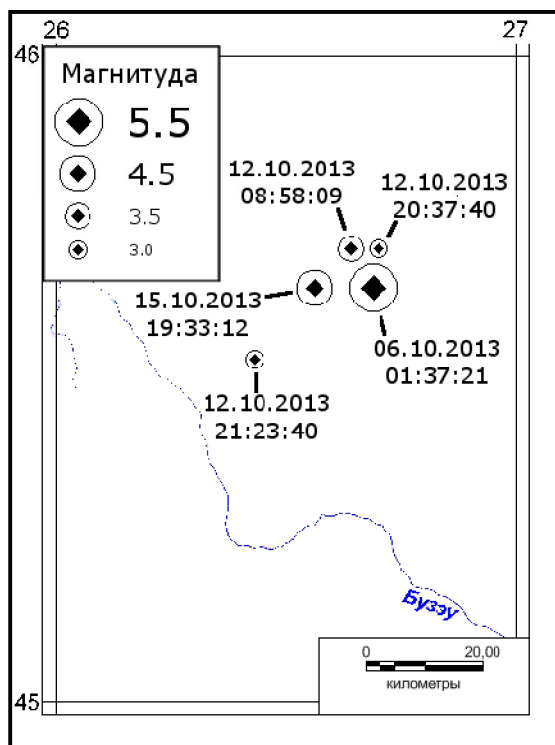


Рис. 3. Распределение эпицентров землетрясений области Вранча с  $M \geq 3$ , происшедших с 6 по 15 октября 2013 г.

При землетрясении 6 октября в Румынии отмечены 5-балльные колебания. На территории Молдовы и Украины максимальная интенсивность составила 4-5 баллов. Колебания силой в 4 балла отмечены в 11 населённых пунктах. В левобережной части страны Молдовы интенсивность колебаний достигала 3-4 баллов. В половине населённых пунктов таблицы жители слышали подземный гул [5]. Суммарная сейсмическая энергия двух самых крупных землетрясений 6 и 15 октября составила  $\Sigma E = 3,9 \cdot 10^{14}$  Дж.

Имеется решения для одного из наиболее сильных землетрясений 29 сентября 2013 г вблизи Галаца с магнитудой  $M = 3,9$ . Фокальный механизм очага построен на основе данных о времени прихода волн  $P$  на 35 станциях, окружающих эпицентр. Нодальная плоскость ориентирована в направлении северо-запад – юго-восток, ось растяжения наклонна, её ориентация меридиональная. Характер подвижки сбросо-сдвиговой.

Получено решение фокального механизма землетрясения 6 и 15 октября по знакам первых вступлений продольных сейсмических волн. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу. Используются данные мировой сейсмической сети [6]. Механизм 6 октября определён по 109 знакам  $P$ -волн при 17 не согласующихся знаках. Механизм очага 15 октября построен на основе 73 знаков. Имеются также решения механизма по методу тензора сейсмического момента ТМЦ: USGS [7] и MED[6].

Землетрясение 6 октября (MOLD, USGS) произошло под действием сил близгоризонтального сжатия и близвертикального растяжения. Горизонтальные составляющие сжимающих напряжений нормальны к Карпатской дуге в районе её изгиба. Линия пересечения плоскости, в которой располагаются оси  $P$  и  $T$ , с земной поверхностью, служит касательной к горной дуге. Тип подвижки по обеим плоскостям надвиговой с небольшой сдвиговой компонентой. Такой характер механизма является типичным для промежуточных вранчских очагов.

Характер механизма землетрясения 15 октября 2013 г. MOLD и MED близок к таковому для события 6 октября.

Таблица 1.

Параметры механизмов очагов землетрясений 2013 г.  
района города Галац и области Вранча

Дата д м г	Плоскость			Плоскость			Напряжения						Источник
	NP1			NP2			P		B		T		
	Stk	Dp	Slip	Stk	Dp	Slip	Az	Pl	Az	Pl	Az	Pl	
29 09 2013	132	30	-12	234	84	-120	114	44	237	30	348	30	MOLD
06 10 2013	20	32	82	217	60	98	302	15	33	8	8	74	MOLD
	40	37	84	228	53	95	315	8	46	3	3	84	USGS
15 10 2013	214	60	71	50	35	122	317	12	224	16	81	68	MOLD
	185	59	70	39	36	119	289	12	195	17	52	69	MED

На рисунке 4 показаны стереограммы решений механизмов очагов в проекции нижней полусферы, по данным разных авторов, где  $T$ ,  $P$  – главные оси, вдоль которых осуществляются деформации удлинения и укорочения.

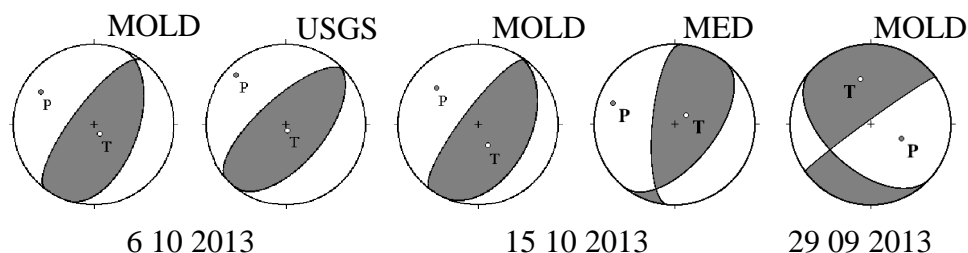


Рис. 4. Стереограммы механизмов очагов землетрясений 2013 г. по данным разных агентств.

Рой землетрясений 2013 года возник в зоне, где происходили ранее зарегистрированные сейсмические события: 13 марта 1908 г., 11 сентября 1980 г., 19 июля 1987 г. [8-11].

Землетрясение 13 марта 1908 г. произошло в районе города Галац. Имеется карта изосейст в Атласе [8]. Данных о проявлении колебаний на территории Молдовы не имеется, но генерализованные изосейсты, проведенные в Н.В. Шебалиным, охватывают и юго-запад Молдовы

Эпицентр корового землетрясения 11 сентября 1980 г. расположен в Добрудже в устье реки Сирет между городами Брэилой и Галацем [9]. В эпицентре 6 баллов, в течение трех дней зарегистрировано 49 афтершоков. Ощущалось в Румынии, Молдове и Одесской области Украины. Макросейсмические сведения собраны из 32 населенных пунктов [10] (рис. 5). На юго-западе Молдавии отмечались колебания силой до 5 баллов. Предварительно был слышен гул, некоторые жители проснулись. В городах Рени, Комрат, Чимишлия землетрясение ощущалось интенсивностью в 4-5 баллов. В Кишинёве (3-4 балла) от толчка просыпались люди, дребезжали стекла в окнах, посуда.

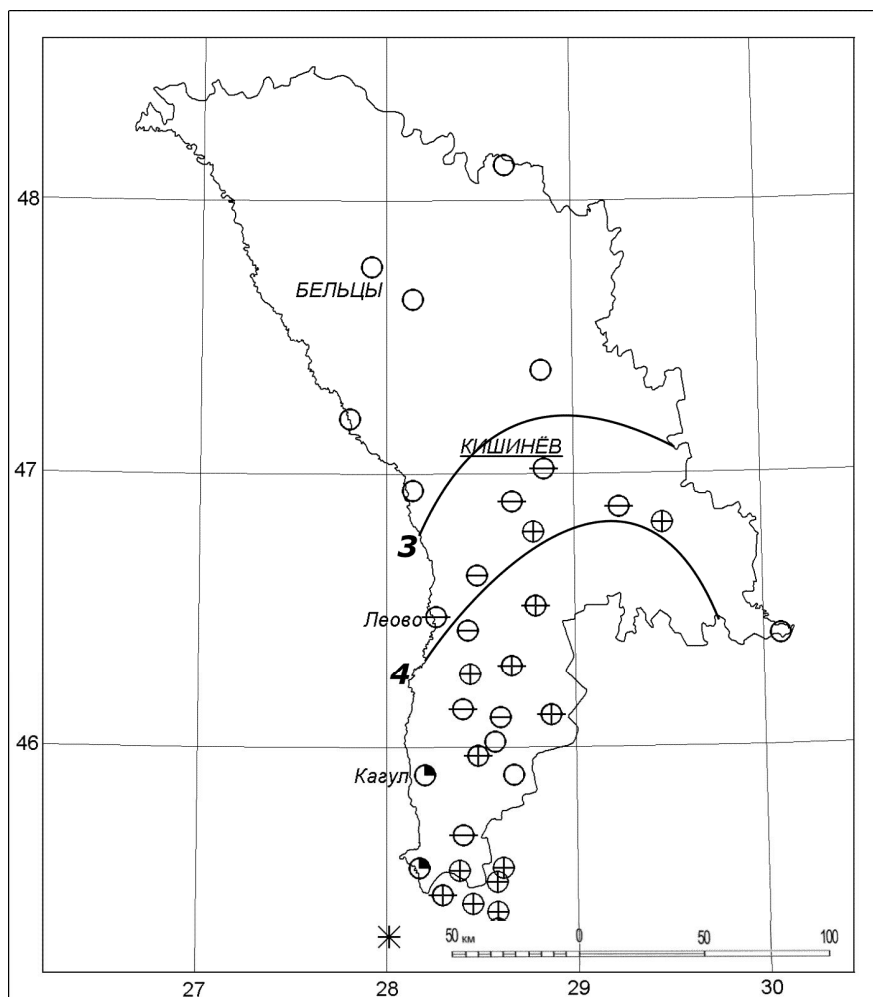


Рис. 5. Карта изосейст землетрясения 11 сентября 1980 г. по [12].

Землетрясение 19 июля 1987 г. произошло на глубине 37 км. Макросейсмические сведения для этого корового события имеются для 29 населённых пунктов [11] (рис. 6). На юге Молдовы проявилось силой до 4-5 баллов. В селе Валены ощущалось большинством жителей в домах и вне помещений. Многие просыпались и в страхе выбегали на улицу. До толчка был слышен гул. В селе Верхняя Альбота ощущалось многими, как в помещениях, так и на улице. Немногие просыпались, но страха никто не испытывал. Дребезжала посуда, слабо качались люстры. Вода в колодцах поднялась приблизительно на полметра, а вода в озере и в роднике стала мутной. Землетрясение сопровождалось гулом. В Комрате появились в штукатурке тонкие трещины. В Думбравенах ощущалось немногими людьми, находящимися в покое. До толчка отмечено беспокойство животных. Изменился уровень воды в колодцах. На склонах произошли оползни. В Кицканах макросейсмический эффект был усилен грозой. В Кишинёве ощущалось, главным образом, на верхних этажах.

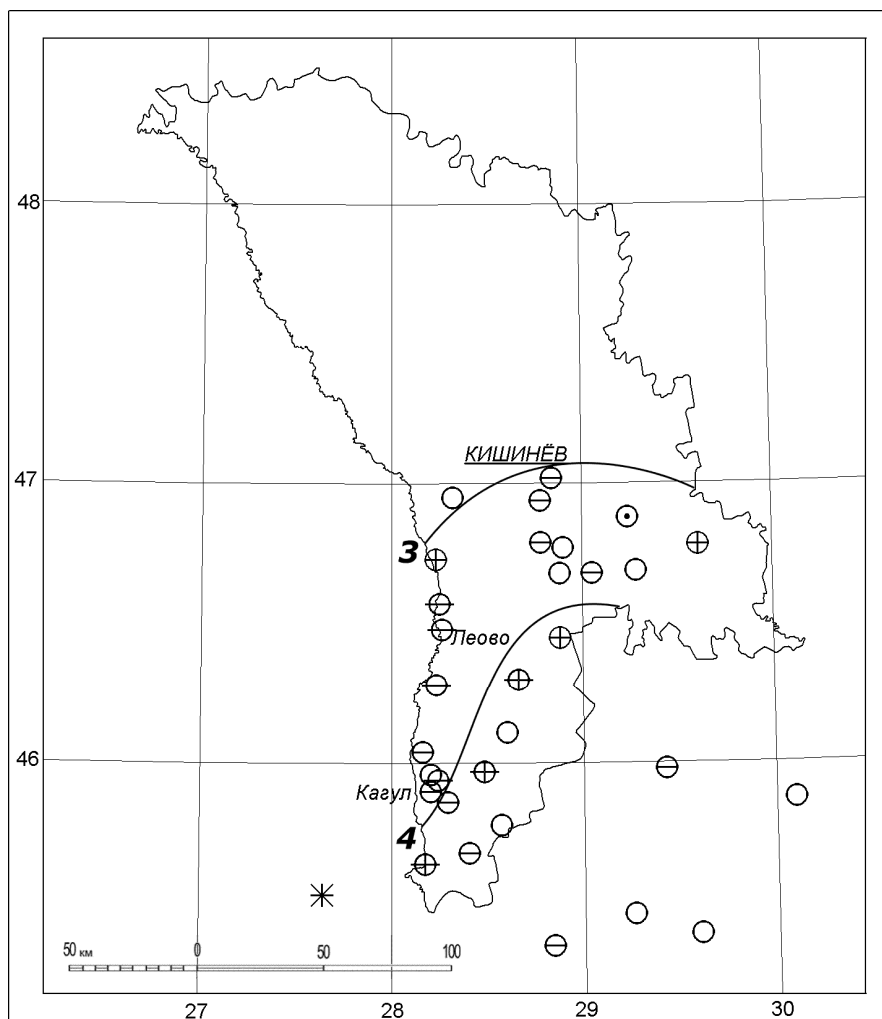


Рис. 6. Карта изосейст землетрясения 19 июля 1987 г. по [12].

Для землетрясений инструментального периода имеются решения механизмов очагов района Галац (табл. 2).

Таблица 2.

Параметры механизмов очагов землетрясений района города Галац.

Дата д м г	Плоскость			Плоскость			Напряжения				Источник		
	NP1			NP2			P		B			T	
	Stk	Dp	Slip	Stk	Dp	Slip	Az	Pl	Az	Pl		Az	Pl
11 09 1980	150	50	-46	274	57	-129	127	58	298	31	30	4	[9]
17 07 1987	254	61	-26	358	66	-147	217	39	31	51	125	3	[13]
16 08 2017	174	51	-142	58	61	-46	20	51	212	38	118	6	[14]

В статье [9] для землетрясения 11 сентября 1980 г. имеется решение механизма очага, выполненное по данным 49 знаков вступления продольных волн. Нодальные плоскости ориентированы довольно круто, расположены в направлении северо-запад – юго-восток. Всякий блок смещается вниз относительно блока лежащего. Характер механизма – сброс с компонентой левостороннего смещения. Ось сжатия близвертикальна, ось растяжения близгоризонтальна. Предпочтительнее плоскость NP1, вдоль которой происходит погружение к юго-западу.

Для землетрясения 19 июля 1987 г приводится решение механизма в работе [13]. Число использованных знаков *P*-волн 38. Одна из нодальных плоскостей крутая в азимуте 358°, вторая азимуте 254° пологая. В очаге произошла сбросо-сдвиговая подвижка.

Довольно сильное землетрясение в районе Галаца произошло 16 августа 2017 г. с магнитудой  $M = 4$  на глубине 9 км. Оно ощущалось в городах: Галац, Брэила, Рени, Текуч, Попешть [7]. В работе [14] приводится решение механизма очага, построенное по 36 знакам *P*-волн. Ось растяжения субгоризонтальна, её направление северо-запад – юго-восток. Обе нодальные плоскости крутые, одна из них имеет близмеридиональное простираие. Тип подвижки-сбросо-сдвиг.

На рисунке 7 показаны стереограммы решений механизмов очагов по данным разных авторов, где *T*, *P* – главные оси, вдоль которых осуществляются деформации удлинения и укорочения.

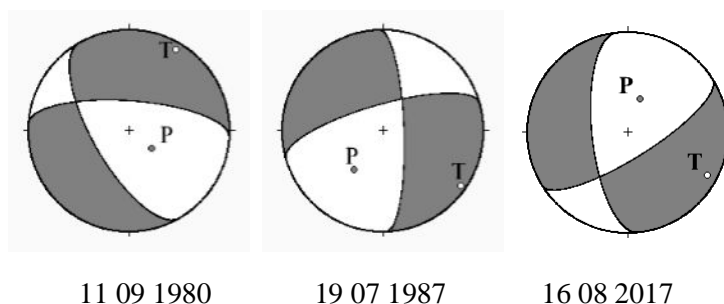


Рис. 7. Стереограммы фокальных механизмов землетрясений близ г. Галац, в проекции нижней полусферы

В очагах землетрясений происходили сбросо-сдвиговые подвижки. Наибольшая макросейсмическая интенсивность на территории юго-запада Молдовы составляла 5 баллов по шкале MSK-64 при землетрясении 11 сентября 1980 г.

### Выводы

Проведенное исследование типов подвижек в очагах землетрясений показало существенную пространственную неоднородность поля тектонических напряжений, под действием которых происходит высвобождение накопленной энергии в сейсмоактивных структурах Карпатского региона.

Выявлены особенности разрядки напряжений и разрывных смещений для выделения структурных особенностей напряженного состояния отдельных блоков литосферы Карпатского региона: района Карпат и Предкарпатья.

Рой землетрясений в юго-восточной Румынии в районе Галаца явился очередным сейсмическим событием в данной эпицентральной области. Коровые землетрясения, ощущавшиеся на румынской и молдавской территории, отмечены здесь в 1908, 1980 и 1987 гг. В очагах землетрясений происходили сбросо-сдвиговые подвижки. Наибольшая макросейсмическая интенсивность на территории юго-запада Молдовы составляла 5 баллов по шкале MSK-64 при землетрясении 11 сентября 1980 г.

Рой коровых землетрясений сменился рядом крупных сейсмических событий промежуточной глубины, эпицентры которых приурочены к изгибу Карпатской дуги. Такие землетрясения происходят под действием близгоризонтальных сил сжатия. В очагах землетрясений произошли взбросо-сдвиговые подвижки. Общим в моделях очагов землетрясений зоны Вранча является ярко выраженная преимущественная диагональная ориентация нодальных плоскостей при близвертикальных углах падения плоскостей.

Энергия, выделившаяся при коровых землетрясениях, в тысячи раз меньше энергии роя промежуточных землетрясений.

Последовательность проявления двух роёв различного типа землетрясений подтверждает единство тектонических процессов в Карпатском регионе. Накопленные сейсмические напряжения предварительно реализовались в виде коровых толчков, затем произошла мощная разрядка в области Вранча, которая прервала серию событий, приуроченных к разломам Сфынтул-Георге и Печеняга–Камена.

Преобладающее простирание плоскостей движений в очагах является продольным к простиранию основных структур складчатой системы и того разлома, к которому приурочены очаги изучаемых землетрясений.

### Литература

1. Institutul Național pentru Fizica Pământului C.P. MG-2, București-Măgurele. România, <http://infp.infp.ro/egsinfo.php>.
2. Ionecso C., Radulean M. Raport Zona Galați. Institutul Național pentru Fizica Pământului. [www.inpf.ro](http://www.inpf.ro).
3. Сейсмологический вестник Любимого Измаила, №34, 4.10.2013 [http://izmail-forever.my1.ru/news/cejsmologicheskiy\\_vestnik\\_ljubimogo\\_izmaila\\_34\\_v\\_galace\\_12\\_zemletrjasenij\\_za\\_3\\_dnja\\_mestnye\\_zhiteli\\_gotovy\\_pokinut\\_zhilishha/2013-10-04-6929](http://izmail-forever.my1.ru/news/cejsmologicheskiy_vestnik_ljubimogo_izmaila_34_v_galace_12_zemletrjasenij_za_3_dnja_mestnye_zhiteli_gotovy_pokinut_zhilishha/2013-10-04-6929)
4. Polonic G., Zugrăvescu D., Negoită V. The present stress field pattern of the Eastern Carpathian bend area. Rev. Roum. Geophysique, N49, 2005. P. 3-30.
5. Степаненко Н.Я., Илиеш И.И., Симонова Н.А., Карданец В.Ю., Алексеев И.В. Карпатское землетрясение 6 октября 2013 года. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. N1, 2014. P. 30-38.
6. International Seismological Centre, On-line Bulletin. Thatcham, Berkshire, United Kingdom. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>



7. EMSC, Earthquake information Euro-Med seismicity, Real Time Seismicity, <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>.
8. Catalogue the earthquake, part 3. Atlas of isoseismal maps. UNDP-UNESCO. Skopje, 1974. 275 p.
9. Radu C., Oncescu M.C. The crustal earthquake of September 11, 1980 from Brăila-Galați region. // Revue roum. de geol., geoph., geogr. Geophysique, 1988, N32. P. 19-27.
10. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П., Подымова И.С. Сейсмичность Карпат в 1980 г. // Сейсм. бюлл. Зап. терр. зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты, 1980 г.). Киев, Наукова думка, 1984. С. 79-86.
11. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П. Землетрясения Карпат. Землетрясения в СССР в 1987 году. М. Наука. 1990. С. 10-17.
12. Друмя А.В., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В., Карданец В.Ю. Атлас карт интенсивности землетрясений Молдовы (XVIII-XXI вв.). Кишинев. 2009, 154 с.
13. Mostryukov A.O., Petrov V.A. Catalogue of focal mechanisms of earthquakes 1964-1990. Materials of the World Data Centre. Moscow. 1994. – 87 p.
14. Raport cutremur 16-08-2017, Zona Galați. Institutul Național pentru Fizica Pământului. [www.inpf.ro](http://www.inpf.ro).

*Primit la redacție – 27/09/2017*

УДК 550.348.096.64

*Илиеș И.И., Кожокару Н.А., Симонова Н.А.*

## **Карпатское землетрясение 23 сентября 2016 г.**

### **Abstract**

*The data of instrumental and macroseismic observations of the Vrancea region earthquake, September 23, 2016, based on observations at seismic stations of the Center for Experimental Seismology of the Institute of Geology and Seismology of the Academy of Sciences of the Republic of Moldova are presented. The macroseismic manifestation of the earthquake in the territory of country has been investigated. According to earthquake records at seismic stations in the territory of the Republic, dynamic parameters were calculated and the value of earthquake intensity at the locations of seismic stations was determined. The intensity map in terms of points-degrees of the earthquake in the territory of the Republic was constructed. A comparative analysis was carried out and the earthquake energy parameters were estimated at the stations of Republic of Moldova and Romania.*

**Key words:** *Vrancea zone, macroseismic data, dynamic parameters.*

### **Rezumat**

*Sunt prezentate rezultatele cercetărilor instrumentale și macroseismice a cutremurului regiunii Vrancea din 23 septembrie 2016 în baza datelor de observație de la stațiile seismice a Centrului de Seismologie Experimentală al Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Republicii Moldova. S-a investigat manifestarea macroseismică a cutremurului în teritoriul țării. În baza înregistrărilor seismelor la stațiile seismice din teritoriul Republicii au fost calculați parametrii dinamici și determinată intensitatea seismului în locația amplasării acestora. A fost construită harta de intensitate în termeni puncte-grade pe teritoriul Republicii. S-a realizat o analiză comparativă și apreciați parametrii energetici ai cutremurului, obținuți la stațiile seismice din Republica Moldova și România.*

**Cuvinte cheie:** *regiunea Vrancea, date macroseismice, parametrii dinamici.*

### **Резюме**

*Представлены данные инструментальных и макросейсмических наблюдений землетрясения области Вранча, произошедшего 23 сентября 2016 года, полученные по наблюдениям на сейсмических станциях Центра экспериментальной сейсмологии Института геологии и сейсмологии Академии Наук Республики Молдова. Исследовано макросейсмическое проявление землетрясения на территории страны. По записям землетрясения на сейсмических станциях республики рассчитаны динамические параметры и проведена оценка интенсивности землетрясения в пунктах расположения сейсмических станций. Построена карта интенсивности землетрясения на территории республики в пунктах-баллах. Проведён сравнительный анализ и оценка энергетических параметров землетрясения, полученных на станциях Республики Молдова и Румынии.*

**Ключевые слова:** *зона Вранча, макросейсмические данные, динамические параметры.*

Землетрясение области Вранча с определенной по станциям Молдовы магнитудой  $M_{sm}=5,9$  и глубиной 90 км, произошло 23 сентября 2016 года в 23:11 (24 сентября в 2:11 местного времени). Это землетрясение по своим энергетическим

характеристикам и макросейсмическому проявлению на территории республики превосходит фоновую сейсмичность региона. Наблюдается смещение зоны максимального проявления землетрясения к востоку от инструментального эпицентра.

### Инструментальные данные

Обработаны записи землетрясения на 5-ти из 6 станций, находящихся на территории Молдовы, и 9-ти станциях, расположенных в Румынии. На сейсмической станции “Кишинев” в течение одного часа, на который пришлось это сейсмическое событие, наблюдался сбой регистрирующей системы. Кинематические показатели сейсмической станции “Сороки” не использовались в локализации очага, так как был сбой по времени, определялись только энергетические характеристики землетрясения. Первые данные о параметрах землетрясения получены в результате автоматической обработки записей сетью станций Молдавского Национального Центра Данных по программе SEISCOMP-3. Дальнейшее уточнение параметров очага было произведено в результате обработки сейсмограмм с помощью программы SEISGRAM [1] и локализации очага по программе HYPOS. [2]. Сводка оперативных определений основных параметров землетрясения некоторыми региональными и международными сейсмологическими службами [3-5] приведена в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры Карпатского землетрясения 23 сентября 2016 г. по данным различных сейсмических служб

№	Агентство	$t_o$ ч. мин. с.	Координаты гипоцентра			Магнитуда
			$\varphi^{\circ} N$	$\lambda^{\circ} E$	$h, км$	
1	MOLDa	23 11 20,1	45,73	26,64	82	$M_{L_v}=6.1$
2	MOLDm	23 11 20,1	45,81	26,56	90	$M_b=5.7, M_{sm}=5.9, M_d=5.8$
3	BUC	23 11 20,1	45,71	26,62	91,6	$M_l=5,3$
4	CSEM	23 11 20,0	45,76	26,63	93,5	$M_w=5,6$
5	MAD	23 11 19,5	45,79	26,6	82,1	$m_b=5,7$
6	GFZ	23 11 19,8	45,78	26,72	92	$M=5,5$
7	MOS	23 11 14,6	45,85	26,47	50	$m_b=5,7$
8	NEIC	23 11 20,1	45,72	26,62	88,2	$M_w=5,6, m_b=5,7$
9	ОС ИГУ	23 11 21,3	45,65	26,81	100	$M_b=5.2, M_{sh}=5.2, M_d=4.6$

Сокращения: MOLDa – автоматическое определение по программе SEISCOMP3; MOLDm – определения по программе HYPOS с использованием региональных годографов; ОС ИГУ – отдел сейсмологии Института геофизики, г. Симферополь, Россия; BUC - National Institute for Earth Physics, Romania, Bucharest, Национальный институт физики Земли; CSEM- Centre Seismologique Euro-Mediterraneen, Европейский Средиземноморский сейсмологический центр, г. Страсбург, Франция; MAD – Instituto Geografico Nacional, Madrid, Spain, Национальный институт географии, Мадрид, Испания; GFZ – GEOFON Data Center Operator, Национальный исследовательский центр наук о Земле, Потсдам, Германия; MOS – Геофизическая служба Российской

академии наук, г. Обнинск, Россия; NEIC – National Earthquake Information Center, Национальный сейсмологический информационный центр о землетрясениях Геологической службы США, г. Денвер.

Как видно из таблицы 1, координаты эпицентра в пределах точности согласуются между собой. Разброс по широте равен  $0,2^\circ$  ( $\varphi=45,65 - 45,85$ ), по долготе –  $0,25^\circ$  ( $26,56 - 26,81$ ). По глубине, если исключить два крайних значения (50 и 100), разброс становится равным 11,85 км ( $h=82 - 93,5$ ). По магнитудам значения разделяются: согласно определениям Румынии и Крыма это величины 4,6–5,3. Остальные агентства дают величины магнитуд 5,6–6,1. Наиболее устойчивые значения наблюдаются для магнитуды  $m_b=5,7$ . Значительная разница в оценке энергетики землетрясения румынскими и молдавскими станциями находится вне области ошибок определения магнитуд, и требует их подробного анализа, что будет представлено далее.

В таблице 2 приведены результаты обработки инструментальных наблюдений на станциях Молдовы, а именно: динамические параметры землетрясения (смещения, скорости, ускорения колебаний), которые позволяют сделать оценку инструментальной балльности землетрясения в пунктах наблюдений [6].

Таблица 2. Динамические параметры землетрясения 23 сентября 2016 г.

№	Сейсмическая станция	Тип волны	Упругое смещение почвы		Колебательная скорость		Ускорение		Интенсивность, I баллы (MSK-64)[1]		
			X, см	T, с	V, см/с	T, с	A, см/с <sup>2</sup>	T, с	I <sub>X</sub>	I <sub>V</sub>	I <sub>A</sub>
1	Джурджулешты (GIUM)	P	0,0270	0,6	0,2700	0,1	3,5734	0,8	5	4	5
		S <sub>N</sub>	0,1300	0,6	1,3000	0,7	2,5000	0,14	6	5	5
		S <sub>E</sub>	0,1600	0,8	1,2000	0,9	3,5000	0,18	6	5	5
2	Леово (LEOM)	P	0,0086	0,2	0,2850	0,2	2,3200	0,04	4	4	5
		S <sub>N</sub>	0,1600	0,52	1,4800	0,14	14,300	0,3	6	5	5
		S <sub>E</sub>	0,0940	0,48	1,4400	0,38	11,200	0,33	5	5	5
3	Малые Милешты (MILM)	P	0,0130	0,9	0,1500	0,43	0,0980	0,08	4	4	2
		S <sub>N</sub>	0,0300	0,38	0,3800	0,31			6	5	
		S <sub>E</sub>	0,0315	1,4	0,3230	0,46	1,1800	0,09	6	5	4
4	Пуркары (PURM)	P	0,0073	1,3	0,0668	0,20	0,1690	0,15	3-4	5	5
		S <sub>N</sub>	0,0940	0,66	0,8310	0,54	0,8641	0,35	5	4-5	5-6
		S <sub>E</sub>	0,0417	0,77	0,5448	0,48	0,7634	0,27	5	4-5	5-6
5	Сороки (SORM)	P	0,0028	0,39	0,0510	0,14			3-4	3	
		S <sub>N</sub>	0,0115	1,15	0,2000	0,36			4-5	3-4	
		S <sub>E</sub>	0,0180	0,45					4-5		

Станции в таблице приведены по мере увеличения расстояния от очага, которое находится в пределах от 130 до 290 километров. Видно, что в пунктах, расположенных ближе к очаговой зоне, значения динамических параметров выше. Значения приведённых параметров находятся в пределах величин, соответствующих интенсивности землетрясения в точках наблюдений [7]. Сейсмическая интенсивность в баллах, по показаниям приборов, не противоречит таковой, полученной из макросейсмических наблюдений.

### Макросейсмические данные

Макросейсмическому воздействию подверглась вся территория республики. Особенно сильно оно ощущалось в юго-западной её части. Ниже приводится описание проявления землетрясений в некоторых населённых пунктах Молдовы.

Кагул. Опрошено 93 человека, ощутили – 89 человек. Все люди проснулись, испугались, многие сильно. Слышался гул, шум, треск мебели, звон посуды. Падали мелкие предметы. До, во время и после землетрясения беспокоились животные (лаяли собаки, метались гуси, рыбки в аквариуме).

Джурджулешты, Кагульский район. Послышался сильный гул, лай собак, после чего началось землетрясение. Отключился свет, через некоторое время включился. Многие проснулись, сильно испугались. Двигалась мебель, во время землетрясения упал вазон с цветком.

Кышлица-Прут, Кагульский район. Землетрясение ощущалось всеми жителями на улице, в домах. Все проснулись, некоторые испугались, выбежали во двор. До землетрясения был слышен умеренный гул. При землетрясении звенела посуда, скрипели двери, пол, потолок, чердак, колебалась вода в сосудах, в стенах проявились старые трещины.

Чимишлия. Все проснулись от землетрясения. Ощущали все жители на протяжении 40 секунд, Чувствовали 4 толчка, немногие испугались, все покинули дома. До землетрясения слышался гул. Дребезжали двери, окна, посуда. Трещали стены, пол, потолок, крыша. Сильно раскачивались люстры, лампочки. В некоторых случаях появились лёгкие трещины в штукатурке. Наблюдалось беспокойство животных до, во время и после землетрясения.

Леово. Большинство людей проснулось от сильного шума, похожего на шум от проезжающего тяжелого транспорта. Затем почувствовали толчок, колебания, затем ещё более сильный толчок и колебания, Некоторые испугались. Звенела посуда, дребезжали стекла в окнах, качались всяческие предметы. Скрипели, с шумом открывались и закрывались двери. Упала настольная лампа. Наблюдалось беспокойство домашних животных. После землетрясения в стене образовались трещины (дом из глины).

Кишинев. Большинство людей проснулось от землетрясения, многие испугались. Почувствовали сильный толчок, сотрясение здания. Колебания происходили в северо-западном–юго-восточном направлении. Качались лампы, звенела посуда, трещали стены. Падали предметы (книги, ваза для цветов).

Жеврень, Криулянский район. До толчка слышался шум, дом из камня, 1 этаж, проснулись все, большинство испугались, многие покинули дом. Звенели двери, окна, посуда. Сотрясались легко двери, качались люстры, лампочки. Опрокидывались легкие предметы, в стене появились тонкие трещины. Колебались слабо цветы в вазонах. Наблюдалось беспокойство животных. Колебания схожи с таковыми от падения предметов.

Драсличень, Криулянский район. Ощутили два толчка, в направлении север-юг. Большинство людей проснулось, многие испугались, покинули жилище. До толчка был слышен гул. Звенела посуда, раскачались люстры. Опрокидывались лёгкие предметы. Некоторые вещи сдвинулись с места примерно на 1 см. До и во время землетрясения проявлялось беспокойство животных. Сотрясения были похожи на колебания, вызываемые тяжелым транспортом.

Магдачешть, Криулянский район. Большинство жителей ощутили землетрясение. Чувствовали 2 быстрых толчка, направление колебаний на юг, продолжительность 30 секунд. Большинство проснулись, испугались, некоторые покинули жилище. До землетрясения слышался гул. Дребезжали двери, окна, посуда. Трещала немного крыша. Сильно качались люстры. Открывались двери. Качались цветы в вазонах. Во время землетрясения наблюдалось беспокойство животных. Сотрясения были похожи на колебания, вызываемые тяжелым транспортом.

Бэлэурешть, Ниспоренский район. До землетрясения слышался гул. Ощутили абсолютно все, проснулись, испугались, покинули дома. Все соседи были на улице. Звенела посуда, люстры. Сильно раскачивались висящие предметы. Сдвигались с места легкие предметы. Беспокоились животные. Сотрясения были похожи на вибрации, вызываемые тяжелым транспортом.

Кэцэлень, Хынчештский район. Ощутили 2 толчка, многие проснулись. Дребезжали двери, окна, посуда. Трещали стены. Слабо качались люстры. Открывались двери, окна, форточки. Появились небольшие трещины в стенах.

Тирасполь (5 этаж 9-этажного дома). Чувствовались два толчка с промежутком по времени, сильная вибрация дома, ощущения сравнимы с таковыми при проезде вблизи тяжёлого транспорта.

По результатам обработки макросейсмических анкет, а также по инструментальным наблюдениям на станциях оценена интенсивность сотрясений в населённых пунктах и составлена таблица пунктов-баллов землетрясения (табл. 3).

Таблица 3. Пункты-баллы землетрясения 23 сентября 2016 г. на территории Молдовы

№ п/п	Населённые пункты	Координаты		Δ, км	Az, °
		φ°, N	λ°, E		
<i>5 баллов</i>					
1	с. Кышлица-Прут, Кагульский район	45,53	28,17	121	100
2	г. Кагул	45,48	28,19	124	102
3	с. Джурджулешть, Кагульский район	45,20	28,21	130	105
4	г. Леово	46,47	28,24	150	60
5	г. Комрат	46,30	28,65	167	67
6	с. Бэлэурешть, Ниспоренский район	46,93	28,14	176	40
7	с. Кэцэлень, Хынчештский район	46,91	28,18	176	41
8	с. Дрэсличень, Криулянский район	47,15	28,78	179	110
9	г. Чимишлия	46,52	28,78	186	61
10	с. Жеврень, Криулянский район	47,25	29,06	196	105
11	с. Малые Милешты	46,91	28,81	210	54
12	г. Кишинёв	47,01	28,86	222	49
13	с. Мэгдэчешть, Криулянский район	47,13	28,82	228	46
14	г. Бельцы	47,75	27,91	241	22
<i>4 балла</i>					
15	с. Плоп-Штюбей, Каушанский район	46,67	29,52	245	64
16	г. Тирасполь	46,8	29,65	260	66
17	с. Пуркары	46,53	29,87	270	71
18	г. Сороки	48,13	28,35	290	18

Карта пунктов-баллов представлена на рис. 1. Из рисунка видно, что на территории Молдовы преобладает 5 балльная интенсивность. Источником макросейсмической информации послужили телефонные звонки на сейсмическую станцию «Кишинев», макросейсмические анкеты, разосланные в различные населённые пункты, опросы жителей сотрудниками региональных сейсмических станции, а также динамические параметры колебаний грунта, полученные на станциях (табл. 2).

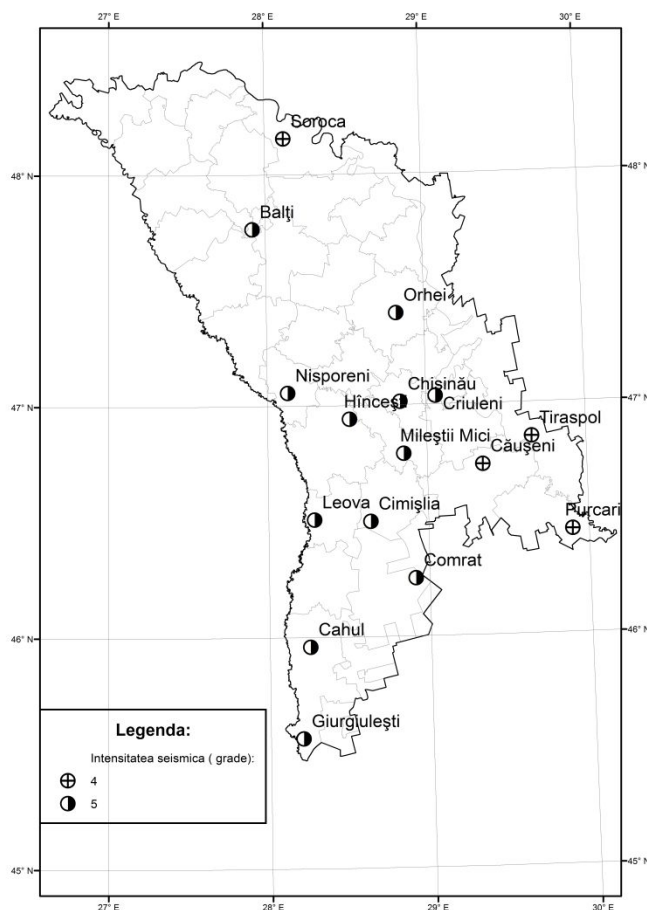


Рис. 1. Карта пунктов-баллов землетрясения 23 сентября 2016 г. с  $M_w=5.6$  [3]

### Энергетические параметры

Рассмотрим энергетические параметры землетрясения по станциям Молдовы и Румынии, полученные в румынском агентстве BUC [4] и молдавском MOLD, при этом для определения магнитуд по записи землетрясения на станциях Румынии использовалась классификация магнитуд, принятая в Молдове ( $M_{PV}$ ,  $M_{SM}$ ) [8] (табл.4). Приведён также класс землетрясения, определяющий его энергию  $E$  в джоулях.

Таблица 4. Энергетические параметры землетрясения 23.09.2016 г. на станциях Молдовы и Румынии (инструментальный эпицентр)

Станция	Az, °	D, km	MOLD		BUC	К (E=10^K)
			M <sub>PV</sub>	M <sub>SM</sub>	M <sub>L</sub>	
MOLD						
GIUM	105	130	5,7	5,8		16
LEOM	60	150	5,8	5,9		15,9
MILM	54	210	5,8	5,9		15,3
PURM	71	270	5,6	6,1	6,2	16
SORM	27	290	5,6	5,7		14,7
<b>Среднее:</b>			<b>5,7±0,1</b>	<b>5,9±0,1</b>		<b>15,6±0,5</b>
BUC						
PLOR	57	8	5,1	5,4	5	13
VR1	64	14	5,2	5,3	5,1	13,7
TESR	5	78	5,4	5,5	5,4	15
BUC1	195	168	5,4	5,2	5,2	14,4
IAS	26	170	5,4	6,2	5,9	15,4
TLCR	111	189	5,5	5,4	5,1	14,5
ARCR	311	220	4,3	4,5	5,2	13,9
EFOR	139	250	5,6	5,6	5,8	14,9
BUR01	333	270	5	4,8	5,2	14,8
<b>Среднее:</b>			<b>5,2±0,3</b>	<b>5,3±0,3</b>	<b>5,3±0,3</b>	<b>14,4±0,6</b>

Из таблицы 4 видно, что разброс определения магнитуд по записям станций Молдовы и Румынии значительно превышает ошибки определения магнитуд. Ошибка определения средней магнитуды какого-либо типа отдельно по записям на станциях Румынии и Молдовы не превышает 0,3, а разница средних значений магнитуд достигает 0,6. Методика определения магнитуд одна и та же. Энергетика землетрясения по станциям Молдовы на порядок выше, чем по станциям Румынии. Это противоречит самой концепции магнитуды, которая не должна зависеть от пункта наблюдения. Связь с направленностью излучения энергии из очага в таблице 2 не прослеживается.

Предполагается [9], что сейсмичность зоны Вранча связана с погружением относительно холодной и плотной литосферы в верхнюю мантию, причем субдукция осуществляется со стороны молодой эпигерцинской платформы на севере, со стороны древней Восточно-Европейской платформы на востоке и со стороны Мизийской плиты с юга и юго-востока. Очаг землетрясения 23 сентября 2016 года располагается в субдуцирующем теле, в астеносфере. Часть генерируемых им сейсмических волн начинает распространяться в зоне пониженной скорости и при углах падения на границу астеносферы и литосферы больше критических испытывает полное внутреннее отражение. Вследствие этого землетрясение не



проявляется в эпицентральной зоне в полной мере, и максимальное излучение его энергии оказывается смещённым в сторону начала погружения литосферы, где и наблюдалось максимальное макросейсмическое проявление землетрясения, его макросейсмический эпицентр. Подобное макросейсмическое проявление глубоких землетрясений зоны субдукции не является уникальным. Например, нетипичное распределение интенсивности сотрясений, вызванных промежуточными и глубокими землетрясениями, наблюдается на протяжении всей Японско-Курило-Камчатской зоны субдукции [10].

### Выводы

Землетрясение 23 сентября 2016 года по своим энергетическим характеристикам занимает промежуточное место между максимально возможными землетрясениями сейсмической зоны, относящейся к горам Вранча в Румынии и фоновой сейсмичностью этой области. Землетрясение ощущалось на всей территории Молдовы силой 4-5 баллов. Приведена карта пунктов-баллов землетрясения для Молдовы. По данным сети станций, расположенных на территории Молдовы, его магнитуды равны:  $M_{pv}=5.7$ ,  $M_{sm}=5.9$ , а порядок энергии землетрясения в джоулях составил  $K=15.6$ . По записям румынских станций, кроме станции «Яссы», эти показатели ниже на 0,5 порядка для магнитуд и на порядок ниже для его энергетического класса. Предполагается, что это связано с наличием пониженного скоростного слоя под Карпатской дугой.

### Литература

1. Anthony Lomax SeisGram2K Seismogram Viewer v5.3.4X05 (09Sep2008) (BETA) Copyright © 2000-2008. <http://www.alomax.net/seisgram>.
2. Алексеев И.В. Программа определения гипоцентра землетрясения NYPOS Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM, 2014(2), 24-28.
3. EMSC, Earthquake information Euro-Med seismicity, Real Time Seismicity – URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>.
4. Institutul National pentru Fizica Pamantului C.P. MG-2, Bucuresti-Magurele. Romania, <http://infp.infp.ro/egsinfo.php>
5. Сводный бюллетень записи землетрясений ближней зоны, 3-я декада сентября 2016 года, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Институт сейсмологии и геодинамики, [seismosilver1@mail.ru](mailto:seismosilver1@mail.ru).
6. Шебалин Н.В. Об оценке сейсмической интенсивности. Сб. Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М, Наука, 1975, 87-90.
7. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Карпатское землетрясение 23 сентября 2016 года. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de științe a Moldovei issn 1857-0046. 2016, Nr.2, 97-105.
8. Магнитудная классификация землетрясений Вранчского очага. Отчет о результатах сейсмологических работ в 1986г. Молдавская опытно-методическая партия, Кишинев, 1987 г.
9. Лыскова Е.Л., Яновская Т.Б. Скоростное строение верхней мантии в области зоны Вранча по данным шумовой поверхностно-волновой томографии.

- Вопросы геофизики. Выпуск 46. СПб., 2013 – (Ученые записки СПбГУ; № 446), с.3-13.
10. Митюшкина С.В., Иванова Е.И. Чеброва А.Ю., Левина И.И. Макросейсмические проявления промежуточных и глубоких землетрясений Камчатской зоны субдукции.  
<http://www.emsd.ru/konf091011/pdf/largesteqs/08.pdf>

*Primit la redacție – 6/09/2017*

УДК 551.782

*В.П.Покатилов*

## **Об унификации валидных (действительных) стратиграфических подразделений неогена Днестровско-Прутского междуречья**

### **Abstract**

*Determination and nomenclature of valid (real) stratigraphic units are regulated by requirements of the Stratigraphic Code. However, in practice of geological mapping and geological survey work, the executors often don't follow these requirements. This has led to the emergence of double names of different stratigraphic units, which make extremely difficult understanding of the Neogene stratigraphy of Dniester-Prut interfluves. In order to bring the nomenclature of the stratigraphic subdivisions of the Neogene to the Dniester-Prut interfluves into line with the Code, it's proposed to exclude from use invalid stratigraphic units, retaining only valid ones in order of time priority.*

**Key words:** Stratigraphic unit, nomenclature, priority order.

### **Rezumat**

*Evidențierea și nomenclatura unităților stratigrafice valide (reale) sunt reglementate de cerințele Codului stratigrafic. În același timp, în lucrările de cartare și prospectare-explorare geologică aceste cerințe deseori sunt ignorate. În consecință, au apărut cazuri de dublare a denumirilor unităților stratigrafice, lucru, care la rândul său aduce mari dificultăți în descifrarea stratigrafiei Interfluviului Nistru-Prut. În scopul aducerii la un numitor comun nomenclatorului unităților stratigrafice și Codului stratigrafic, se recomandă a exclude din utilizarea practică unitățile stratigrafice nevalidate, păstrând în același timp, numai unitățile valide considerate prioritare.*

**Cuvinte cheie:** Unitate stratigrafică, nomenclator, drept prioritar.

### **Резюме**

*Установление и номенклатура валидных (действительных) стратиграфических подразделений регламентируется требованиями Стратиграфического кодекса. Однако, на практике исполнителями геологосъемочных и геологоразведочных работ эти требования часто не соблюдаются. Это привело к появлению названий дублёров разных стратиграфических подразделений, что крайне затрудняет понимание стратиграфии неогена Днестровско-Прутское междуречье (ДПМ). В целях приведения номенклатуры стратиграфических подразделений неогена ДПМ в соответствие с Кодексом предлагается исключить из употребления устаревшие и невалидные стратиграфические подразделения, сохранив только валидные, обладающие правом приоритета.*

**Ключевые слова:** стратиграфическое подразделение, номенклатура, право приоритета.

## Введение

Установление и номенклатура валидных (действительных) стратиграфических подразделений определяется Стратиграфическим кодексом (далее Кодекс) [1]. Основные требования Кодекса состоят в следующем:

1. Стратиграфические и биостратиграфические подразделения являются валидными (действительными), если они соответствуют требованиям Кодекса.
2. Каждое стратиграфическое подразделение, независимо от категории и ранга, может иметь только одно валидное название.
3. Основные стратиграфические подразделения охраняются правом приоритета, которое обеспечивает сохранение первоначального названия и принятого его авторами стратиграфического объема, который в дальнейшем может только уточняться.
4. Стратиграфическое подразделение, например свита, выделенная при геологической съёмке масштаба 1:200000, при геологической съёмке масштаба 1:50000 данная свита может быть только подразделена на более мелкие единицы (подсвиты, пачки, слои).

Требования Кодекса универсальны. Они не допускают какой-либо самодельности в выделении, расчленении и переименовании ранее выделенных стратиграфических подразделений. К сожалению, требования Кодекса часто нарушаются из-за их незнания исполнителями или, чаще всего, в угоду субъективных интересов.

За время многолетнего изучения разными исследователями стратиграфии неогеновых отложений Днестровско-Прутского междуречья (ДПМ) в геологическую литературу (рукописную и опубликованную) внесено большое количество местных стратиграфических подразделений, выделение которых недостаточно обосновано, а также появился ряд одинаковых названий для разных подразделений. С одной стороны, одни и те же названия присвоены разным по возрасту и объёму подразделениям, с другой стороны, одни и те же подразделения в работах разных авторов фигурируют под разными названиями. Особенно таким разнообразием пестрят геологические отчеты, составленные разными авторами в разные годы. В результате сложилась ситуация нескоррелированности геологических материалов по смежным территориям, как в отношении текста, так, особенно, в отношении графики (карт, разрезов и пр.). Поэтому существует реальная необходимость в таксономической и топонимической «чистке» стратиграфических подразделений, в приведении к единообразию наименований и объёмов таксонов, в устранении устаревших наименований, в увязке местных стратиграфических подразделений разных структурно-фациальных зон.

## Анализ материалов

В настоящей статье акцентируется внимание на тех стратиграфических подразделениях, которые претерпели неоднократные изменения наименований и объёмов и ни одно из них официально не утверждено ведущей геологической организацией республики. Ниже рассмотрим некоторые примеры грубого нарушения Кодекса.

Подольская свита. Выделена Р.Р. Выржиковским [2] как «Подольский ярус» (позже свита), к которому автор отнес глинистую породу, которой подчинены залегающие нередко в верхних горизонтах гончарные глины, кремнистые глины, каолиновый песчаник. Нередко в глинисто-песчанистой породе изобилует галька сеноманских кремней. Знак для «Подольского яруса». Как видно из описания, «Подольский ярус» литологически крайне неоднороден и вероятнее всего объединяет отложения разного возраста. По данным геологических работ «подольский ярус», в современной терминологии «подольская свита», в пределах ДПМ сложен в основном двумя фаціальными разновидностями: бентонитовыми (бентонитоподобными) глинами от зеленого, темно-зеленого до черного цвета и «клейкими» песками (кварцевые зёрна, покрытые оболочкой бентонитовой глины). Галька сеноманских кремней присутствует только в тех разрезах, где подольская свита залегает на трепелово-кремниевой толще верхнего сеномана. В других разрезах кремни отсутствуют или встречаются очень редко. Поэтому «галька кремней» знаком для подольской свиты служить не может.

Тем не менее, А.Д. Захаров [3] к подольской свите отнёс «толщу глин» в составе кремниевой пачки верхнего сеномана, бентонитовые глины собственно подольской свиты и глины косовского региоподъяруса (главанская свита по И.В. Блюку [4]). К подольской свите, наряду с «клейкими» песками и бентонитовыми глинами относили скопления бесформенных кремней («валунчатых халцедонитов») Ю.М. Сеньковский [5], а также некоторые геологи-съёмщики [6], датируя возраст свиты как поздний мел – миоцен.

К подольской свите, как региональному реперу, следует относить только породы, имеющие в своей основе бентонитовую составляющую, т.е. бентонитовые и бентонитоподобные глины и «клейкие» пески преимущественно кварцевого состава, залегающие в основании баденских отложений несогласно на породах разного возраста, перекрытые фаунистически охарактеризованными морскими отложениями верхнего бадена, а где таковые отсутствуют – известняками нижнего сармата.

Наиболее сложная ситуация существует в выделении и расчленении песчано-глинистых дельтовых и авандельтовых отложений, охватывающих временной интервал от среднего сармата и до плиоцена включительно, которые Н.П. Барбот де Марни выделил как «балтский ярус» [7]. В описанном им разрезе (г. Балта, Украина) в состав этого «яруса» (ныне «свита») он отнес древнеаллювиальные отложения ананьевской аллювиальной толщи (аналог стольниченской свиты) и часть подстилающих ее дельтовых образований условно верхнего сармата – мэотиса (?). Сложность расчленения балтской свиты в том, что она практически не содержит фаунистических остатков, за исключением редких раковин пресноводных моллюсков. Попытки расчленения свиты по минералого-литологическим особенностям успехом не увенчались [8]. Поэтому долгое время для верхней части разреза сарматских отложений употреблялся термин «балтская свита» с неясными стратиграфическими границами или еще более неопределенный термин «отложения верхнего сармата – мэотиса».

В 1975 г. П.Д. Букаччук и др. [9] отложения Межрифовой зоны залегающие в интервале от кровли диатомитов среднего сармата (диатомитовый горизонт по

И.В.Блюку [4]) до подошвы плиоценовых надпойменных террас Днестра и Прута по литолого-геофизическим особенностям выделил в кодринскую свиту с подразделением на нижнекодринскую (преимущественно глинистую с морской фауной), среднекодринскую (песчано-глинистую с морской и пресноводной фауной) и верхнекодринскую (преимущественно песчано-алевритовую с редкой пресноводной фауной) подсвиты. Нижняя и средняя подсвиты среднесарматского возраста (бессарабский региоподъярус), верхняя подсвита – условно верхнесарматского (херсонского) – мэотического возраста

А.Д. Захаров и др. [3] нижнекодринскую и среднекодринскую подсвиты обозначил как «толщи». В.П. Сергеев [там же] в Зарифовой зоне выделил катериновскую толщу (преимущественно оолитовые, детритовые, фораминиферовые и пр. известняки) как фациальный аналог нижнекодринской подсвиты.

В.П. Мамонтов [10] для Среднего Приднестровья в объеме нижнекодринской подсвиты выделил григориопольскую толщу (глины, алевриты, пески), а в южной части района – нижнекодринскую и среднекодринскую подсвиты объединил в тодирештскую толщу (известняки, глины). В основании верхнекодринской подсвиты он выделил мерешенскую толщу (преимущественно глины с верхнесарматской морской фауной угнетенных *Mastra*).

И.А. Поздняков [11] в междуречье Икель-Чулук в объеме нижне- и среднекодринской подсвиты выделил нижнекодринскую, паулетскую и гировскую толщи. Им же для Нижнего Днестра [12] в полном объеме среднекодринской подсвиты выделена варницкая свита, а в объеме верхнекодринской подсвиты – кайнарская свита с подразделением на нижнекайнарскую подсвиту (аналог мерешенской толщи В.П.Мамонтова) и верхнекайнарскую подсвиту (аналог верхнекодринской подсвиты).

В.А. Диденко [13] в Межрифовой и, частично, в Зарифовой зоне (Флорешты – Кишинев) в объеме нижнекодринской подсвиты выделил катериновскую толщу, климауцкие пески и икельские глины (не имеющих четких границ) – фациальные аналоги нижнекодринской подсвиты. Не меньшая неразбериха существует в расчленении и наименовании континентальных аллювиальных отложений, распространенных в Нижнем Припрутье.

М.А. Григорович-Березовский [14], изучая древнеаллювиальные отложения в низовье р. Прут, выделил их в «левантинские слои», подразделив их на два горизонта, и предполагал наличие третьего (верхнего) с фауной *Unio sturi Hoern*. Н.И. Андрусов [15] считал термин «левантинские слои» очень неопределенным и предлагал его заменить. А.П. Павлов [16] вместо «левантинских слоев» предложил название «поратские слои» (по древнему названию р. Прут – Порат) с подразделением на нижний и верхний горизонты.

А.Н. Хубка [17] аллювиальные отложения, залегающие на коре выветривания нижнего понта, идентичные левантинским и поратским слоям, выделил как «карболийские слои».

В результате проведения геолого-съёмочных работ и детальных палеонтологических исследований в Нижнем Припрутье было установлено, что

«левантинские» («поратские») слои представляют собой континентальные аллювиальные отложения плиоценовых надпойменных террас р. Прут.

П. Д. Букатчук и др. [18] поратские отложения подразделили на:

1) нижнепоратские, содержащие гладкостенную фауну унионид и молдавский комплекс млекопитающих; 2) среднепоратские со смешанной (гладкостенной и скульптурированной) фауной унионид и хапровским комплексом млекопитающих; 3) верхнепоратские со своеобразной богато скульптурированной, толстостенной фауной унионид и скорцельским комплексом млекопитающих. Поскольку поратские слои, как сказано выше, сложены аллювием надпойменных террас, то им были даны названия соответствующих террас (в ранге свит): нижнепоратские - мусаитская свита (XIII надпойменная терраса), среднепоратские – кышлица-прутская свита (XII надпойменная терраса) и верхнепоратские – скорцельская свита (XI надпойменная терраса). Таким образом, левантинские, поратские и карболийские слои, как устаревшие термины предлагается исключить из употребления, заменив их конкретными стратиграфическими подразделениями (свитами) с вышеприведенными названиями.

### **Выводы**

Из краткого обзора видно, что в номенклатуре стратиграфических подразделений неогена ДПМ отсутствует однозначность терминов и названий, что затрудняет чтение и понимание геологических текстов. Это является следствием, во-первых, пренебрежения исполнителей к работам предшественников; во-вторых, отсутствия корреляции геологических материалов смежных территорий; в-третьих, использования устаревших терминов и названий; в-четвертых, игнорирования права приоритета. Все это является грубым нарушением требований Стратиграфического кодекса.

В целях упорядочения номенклатуры стратиграфических подразделений неогена ДПМ, приведения ее в соответствие с требованиями Стратиграфического кодекса (Гл. XI, § 2, ст. 4, 5; Гл. XII, ст. XII, 1, 2) [1] предлагается исключить лишние (дублирующие) и устаревшие термины и названия стратиграфических подразделений, сохранив только валидные, обладающие правом приоритета. (Таблица 1).

Несмотря на то, что в настоящее время площадные геологосъемочные работы на территории ДПМ законсервированы, остаются еще не завершённые работы и не реализованные проекты, которые требуют своего выполнения. Кроме того, существуют реальные намерения возобновления нефтегазопоисковых работ на юге ДПМ. Естественно, что эти работы, их геологическая часть, должны проводиться при строгом соблюдении требований Стратиграфического кодекса. Поэтому необходимость корректировки и упорядочения номенклатуры стратиграфических подразделений в соответствии с требованиями Стратиграфического кодекса остается актуальной.

Таблица 1

Региональные стратиграфические подразделения		Местные стратиграфические подразделения	
Ачкагьльский региоярус		Бучуменская и скорцельская свиты (Прут), балцагская свита (Днестр) - XI нпт Шишканская и кышлица-прутская свиты (Прут), будештская свита (Днестр) - XII нпт	
Дакийский региоярус Придунайская свита	Киммерийский региоярус	Ниспоренская и мусаитская свиты (Прут), чебановская и кучурганская свиты (Днестр) - XII нпт Минжирская (Прут), погребенская (Днестр) свиты - XIV нпт Новофлоридойская (Прут), каларашская (Днестр) свиты - XV нпт  Милештская (Прут), стольниченская (Днестр) свиты - XVI нпт	
Понтический региоярус	Верхний региоподъярус	Твардицкая свита	
	Нижний новороссийский региоподъярус	Виноградовская свита: болградская (нижняя) и карболийская (верхняя) подсвиты Ялпугская свита - нижняя и верхняя подсвиты  Гауренская толща	
Мэотический региоярус		Молдавская свита Валенская свита	Кагульская свита Кодринская свита
Сарматский региоярус	Верхний херсонский региоподъярус	Верхнекодринская подсвита Покшештская толща Мерешенская толща	
	Средний бессарабский региоподъярус	Среднекодринская подсвита. Паулештская толща Нижнекодринская подсвита. Катериновская толща. Гировская толща. Приднестровская рифогенная толща. Диатомитовый горизонт. Рыбницкие слои	
	Нижний вольнский региоподъярус	Зеленовская - рышканская - бравиченская - распопенская - первомайская свиты Брынзенская толща  Припрутская рифогенная толща	
Баденский региоярус	Косовский региоподъярус	Ширеуцкая свита Единецкая свита - главанская свита	
	Величковский региоподъярус	Кривская свита	
	Моравский региоподъярус	Чебровская свита. Подольская свита	



### Литература

1. Стратиграфический Кодекс России. Санкт-Петербург, 2006, с. 54-59.
2. Выржиковский Р.Р. Геологический очерк Автономной Молдавской ССР. Изв. Украинского отделения Геологического комитета, вып. 10, 1927.
3. Захаров А. Д., Сергеев В. П. Хиора Е. Н. Отчет. Геологическое строение и полезные ископаемые Резинского горнопромышленного района. Дубоссары, 1987, 252 с. ГФИОН Агенство по Геологии и минеральным ресурсам.
4. Блюк И.В. Отчет. Литолого-фациальный анализ неогеновых отложений Молдавской ССР. ГФИОН Агенство по Геологии и минеральным ресурсам. Кишинев, 1989 с. 24-57.
5. Сеньковский Ю.М. Силициты мела юго-западного склона Восточно-Европейской платформы. Издание Наукова Думка, Киев, 1979, с. 57-64.
6. Рыборак В.М. (отв.исп.). Отчет. Геологическое строение и полезные ископаемые Среднего Приднестровья. 1990, с 337. ГФИОН Агенство по Геологии и минеральным ресурсам.
7. Барбот де Марни Н.П. О балтском ярусе третичной почвы Южной России. Зап.минералог.общ-ва, т.IV, 1869.
8. Хубка А.Н. Опыт расчленения балтских отложений МССР и сопредельных районов УССР по пирокластическому материалу. Изв. АН МССР, № 10, 1966, с. 46-50.
9. Букатчук П.Д. и др. О расчленении пород среднего сармата к западу от Кишиневско-Каменной рифовой гряды. Геологическая структура и рельеф Молдавии. Кишинев, 1979, с. 34-48.
10. Мамонтов В.П. (отв.исп.). Отчет. Комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка со съемкой четвертичных отложений масштаба 1:50000 для целей мелиорации массива орошения «Среднее Приднестровье». Кишинев, 1989, 269 с. ГФИОН Агенство по Геологии и Минеральным ресурсам.
11. Поздняков И.А. и др. Комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка масштаба 1:50000 для целей мелиорации массива орошения Икель – Чулук. ГФИОН Агенство по Геологии и Минеральным ресурсам. Кишинев, 1990, с. 86-124.
12. Поздняков И.А. (отв.исп.). Отчет. Геологическое строение, гидрогеологические и инженерно-геологические условия площади Тираспольского листа. Кишинев, 1992.с. 131-171, ГФИОН Агенство по Геологии и минеральным ресурсам.
13. Диденко В.А. (отв.исп.). Отчет. Геологическое строение, гидрогеологические, инженерно-геологические и экологические условия и полезные ископаемые Кишиневского горно промышленного района. Дубоссары. 1992. ГФИОН Агенство по Геологии и Минеральным ресурсам.
14. Григорович-Березовский Н.А. Некоторые замечания о левантинских отложениях Южной Бессарабии. Записки Новороссийского общества естествоиспытателей природы, т. XXXIII, 1909.
15. Андрусов Н.И. Избранные труды. Издание Академия Наук СССР Т. 1, 1961.

16. Павлов А.П. Неогеновые и послетретичные отложения Южной и Восточной Европы. Мемуары геологического отделения общества любителей естествознания, антропологии и этнографии, вып. 5, 1925. с. 185.
17. Хубка А.Н. К стратиграфии континентальных средне-верхнеплиоце-новых отложений юго-запада МССР. Стратиграфия верхнего фанерозоя Молдавии. Кишинев, Штиинца, 1987, с. 81-98.
18. Букатчук П.Д. и др. Геологическая карта Молдавской ССР. Объяснительная записка. Кишинев, 1988, с. 188-194.

*Primit la redacție – 31/07/2017*

CZU 504.4(478:282.243.758):51

Codreanu I.\*

## Utilizarea modelelor matematice în caracterizarea morfometriei bazinelor râurilor Soloneț și Cogîlnic

### Abstract

*The article reflects the results of the research on the evolution of the hydrographic networks and the surfaces of the Soloneț and Cogîlnic rivers basins under specific environmental conditions. Cartographic materials and representation of data (number, summed and averaged lengths of river segments, and data regarding the drainage areas of different order basins) in logarithmic coordinates, with reference to the years 1913 and 1988, highlight the changes that occurred over time. The use of quantitative methods such as mathematical modeling of statistical data, allow a profound analysis of time and space changes, and correlation with the impact of environmental factors, highlight the way of drainage processes, the state and evolution of these basins.*

**Keywords:** river, basin, morphometric elements, logarithmic scale, environmental conditions.

### Rezumat

*Articolul reflectă rezultatele cercetărilor cu privire la evoluția rețelelor hidrografice și suprafețelor din cadrul bazinelor râurilor Soloneț și Cogîlnic în condiții specifice de mediu. Materialele cartografice și reprezentarea șirurilor de date (numărul, lungimile însumate și medii ale segmentelor de râuri, precum și datele cu privire la suprafețele de drenaj ale bazinelor de ordine diferite) în coordonate logaritmice, cu referință la anii 1913 și 1988, pun în evidență modificările intervenite în timp. Utilizarea metodelor cantitative cum este modelarea matematică a datelor statistice, permite o analiză profundă a modificărilor în timp și spațiu, iar corelarea cu impactul factorilor de mediu, scoate în evidență modul de realizare a proceselor de drenaj, starea și evoluția acestor bazine.*

**Cuvinte cheie:** râu, bazin, elemente morfometrice, scară logaritmică, condiții de mediu.

### Резюме

*В статье приводятся результаты исследований касательно эволюции гидрографических сетей и дренажных поверхностей бассейнов рек Солонец и Когылник в зависимости от географических условий. Картографические материалы и презентация статистических данных (число, средняя и общая протяжённость рек, средняя и общая площадь разнопорядковых бассейнов) в логарифмических координатах (1913 и 1988 г.) выявляют происшедшие изменения в этих бассейнах. Применение количественных методов, как математическое моделирование на основе статистических данных, даёт возможность провести глубокий анализ морфометрических изменений во времени и пространстве, влияние факторов окружающей среды, выявляет моделирующие процессы и эволюцию данных бассейнов.*

**Ключевые слова:** река, бассейн, морфометрические элементы, логарифмическая шкала, условия среды.

---

\* Universitatea de Stat din Tiraspol.

## Introducere

Evoluția bazinelor hidrografice este rezultatul interacțiunii dintre regimul fluxului de materie și energie care pătrunde și circulă în limitele lor și de rezistența opusă de suprafața topografică. În condiții normale, principala sursă de materie o constituie precipitațiile atmosferice, iar de energie, radiația solară. Rezistența suprafeței topografice depinde de poziția altimetrică a bazinului hidrografic și de rezistența la eroziune a rocilor care o constituie, de gradul de acoperire cu vegetație, de caracteristicile învelișului de sol, de tipul de utilizare a terenurilor de către factorul antropic, etc.

Interpretarea acestei evoluții din punct de vedere al teoriei sistemului pune în evidență relațiile de interdependență a factorilor și fenomenelor geografice, permite estimarea cantitativă și calitativă a modificărilor de mediu în timp și spațiu. Teoria sistemului, pusă la punct din analiza unui număr apreciabil de legi ale naturii, demonstrează că între obiectele care alcătuiesc orice bazin hidrografic există o serie de relații de interdependență, care fac ca sistemul să funcționeze ca unul întreg [1,2].

## Metodologia studiului

În scopul determinării tendințelor de evoluție a rețelelor de drenaj și a suprafețelor din bazinele râurilor Soloneț (afluent de dreapta) și Cogîlnic (afluent de stînga) a râului Răut timp de aproape un secol, pe baza măsurătorilor morfometrice în sistemul de ierarhizare Horton-Strahler, s-a apelat la hărțile în scara 1:100000, care reprezintă situația la începutul și respectiv la sfîrșitul secolului XX [3, 4, 5]. Pornind de la proprietățile liniare ale unui sistem fluvial, se cartează și analizează întîi de toate structura sistemelor ramificate de albi, care sunt considerate linii trasate într-un plan. Măsurarea caracteristicilor morfometrice (numărul de segmente de râuri de diferite ordine, lungimile acestora și suprafețele de drenaj) cu acumularea de date statistice, reprezintă valori, care ulterior pot fi reprezentate grafic și analizate în raport cu legile lui Horton [6, 1, 2].

Prin urmare, modelul morfometric al unui bazin hidrografic este rezultat din trei drepte, care la rîndul lor sunt determinate de reprezentarea șirurilor de date în același sistem de coordonate logaritmice și apoi analizate în conformitate cu legile drenajului (legea numărului de râuri și de bazine, legea lungimilor însumate, legea lungimilor medii, legea suprafețelor însumate și legea suprafețelor medii). Modele matematice pot fi construite și pentru alte caracteristici, precum panta albiilor de râuri de diferite ordine din bazinele hidrografice, cu evidențierea rolului ei în procesele de modelare [7, 8].

## Rezultate obținute și discuții

*Construirea modelelor morfometrice ce caracterizează drenajele* râurilor Soloneț și Cogîlnic începe cu exprimarea grafică a șirurilor numerice din baza de date [9], care definesc legea numărului de râuri de ordine succesive și legea lungimilor însumate la începutul și sfîrșitul secolului XX. Dreptele obținute sunt concurente într-un punct în care cele două ecuații au rădăcini comune.

Raportînd lungimile însumate de același ordin la numărul de segmente de ordine succesive care caracterizează drenajul, rezultă al treilea șir, care reprezintă lungimea medie a cursurilor de ordine succesive și care la rîndul său este o progresie geometrică crescătoare. În rezultatul reprezentării acestui șir în scară logaritmică, obținem o nouă

dreaptă, care la rândul ei are un punct comun cu cea determinată de legea numărului de râuri și unul cu cea a lungimilor totale. Vîrfurile triunghiului care este determinat de dreptele concurente, ce reprezintă legea sumei lungimilor și cea a lungimilor medii, are o semnificație deosebită. În acest punct, cele două ecuații au rădăcini comune, valoarea abscisei exprimînd ordinul de mărime al bazinelor respective. Pentru a urmări tendințele de modificare a parametrilor morfometrici din bazinele râurilor Soloneț și Cogîlnic timp de aproape un secol, s-au suprapus pe aceeași scară logaritmică atât valorile obținute pentru modelele drenajului din 1913, cît și pe cele obținute pentru anul 1988 (Fig.1).

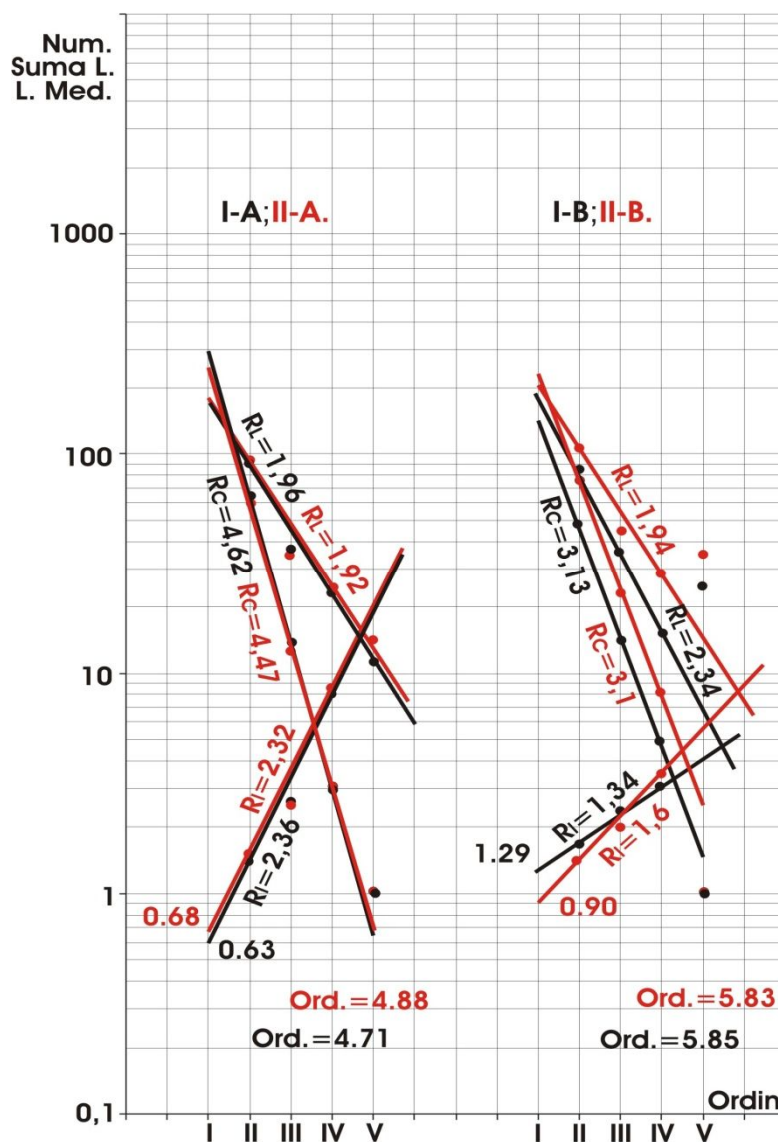


Fig. 1: Modelul morfometric al drenajului pentru bazinele: A – Soloneț; B – Cogîlnic. (între anii 1913-1988)

Modelele morfometrice ce caracterizează rețeaua de drenaj ale râului Soloneț (Fig.1, I-A și II-A), ne demonstrează o stare foarte aproape de echilibru. Prin urmare, constatăm o scădere a numărului de segmente de ordinele I, II și III, primele înregistrând în 1913 cca. 296 segmente, iar la sfârșitul perioadei de studiu cca. 268 de segmente. O analiză comparativă demonstrează, că drepte ce reflectă legea numărului de segmente de ordine succesive, aproape că coincid, doar cu o mică micșorare a pantei, confirmat și de raportul de confluență. Tot odată, lungimile însumate au crescut puțin, cu o mică tendință de creștere spre ordinele superioare, iar lungimile medii înregistrând creșteri neînsemnate. În sens evolutiv, mărimea bazinului a rămas aproape constantă, fapt confirmat de valoarea ordinului 4,71 la începutul secolului XX și 4,88 la sfârșitul acestuia.

Modificări constatăm și în modelele morfometrice ce definesc evoluția drenajului râului Cogîlnic (Fig. 1, I-B și II-B). Astfel, creșterea numărului de segmente de primul ordin de la 153 la prima etapă, pînă la 238 la a doua a determinat și o redistribuire proporțională prin toate ordinele mai superioare, cu excepția celui superior, păstrînd aproape aceiași pantă și raport de confluență. Valorile lungimilor însumate au crescut odată cu mărimea ordinului, iar dreapta care reflectă legea lungimilor medii din 1986 o intersectează pe cea din 1913, demonstrînd o scădere a valorilor doar pentru ordinele I-III și o creștere pentru ordinele IV-V, ceea ce pînă la urmă determină o stabilitate a mărimii bazinului de 5,85 timp de aproape un secol.

**Modelele morfometrice ale suprafețelor**, ce caracterizează bazinele râurilor Soloneț și Cogîlnic la începutul și sfârșitul secolului XX, este o exprimare grafică în coordonate logaritmice a șirurilor numerice [9] care definesc legea numărului de bazine de ordine succesive: legea suprafețelor însumate și legea suprafețelor medii.

Modelele de determinare a suprafețelor bazinelor hidrografice, verificate pentru un număr destul de mare de bazine [1], arată că cele trei drepte sunt concurente în trei puncte, formînd un triunghi. Dintre punctele caracteristice ale acestui triunghi, o importanță deosebită o are cel determinat de concurența dreptelor date de legea suprafețelor însumate și ale celor medii, pentru că abscisa punctului respectiv dă și ordinul de mărime ale sistemelor hidrografice analizate.

În scopul urmăririi tendințelor de evoluție în timp și spațiu a parametrilor morfometrice ce caracterizează suprafețele bazinelor de drenaj de ordine succesiv crescînde, din bazinele Soloneț și Cogîlnic timp de aproape un secol, s-au reprezentat în aceeași scară logaritmică atît valorile determinate pentru modelul drenajului din anul 1913, cît și pe cele din anul 1988 (Fig.2).

Analizînd prin suprapunere în aceeași scară logaritmică modelele morfometrice ale suprafețelor ce definesc evoluția bazinului râului Soloneț (Fig.2, I-A și II-A) timp de aproape un secol, constatăm o situație deosebită comparativ cu celelalte exemple din bazinul Răutului [6, 9], de fapt mai apropiată de cea a bazinului râului Cula. Astfel, apare în evidență o reducere a numărului de bazine de ordine inferioare, cu o tendință puțin exprimată de o creștere a celor superioare, fapt ce face ca dreapta care definește legea numărului de bazine din 1988 să o intersecteze pe cea din 1913. În același timp, dreapta care definește legea suprafețelor însumate realizează și ea o mișcare lentă, de fapt determinată de creșterea neînsemnată a valorilor ordinilor inferioare, cu o reducere concomitentă a celor de ordine superioare.

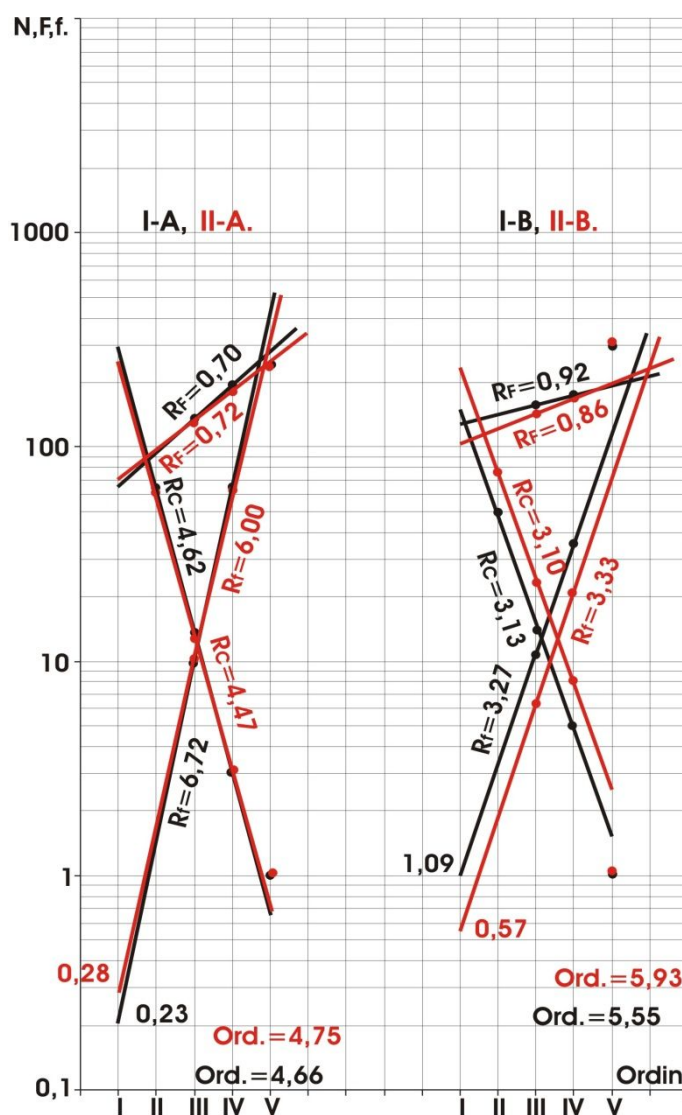


Fig. 2: Modelul morfometric al suprafeței bazinelor de drenaj între anii 1913 -1988: A – Soloneț; B – Cogîlnic.

Situația este confirmată și de mișcarea drepte care definește legea suprafețelor medii a bazinelor de ordin succesiv crescînde, la care constatăm o depășire a suprafețelor necesare apariției bazinelor de primul ordin, de la 23 ha la începutul secolului trecut pînă la 28 ha la sfîrșitul acestuia, caz excepțional pentru tot bazinul Răutului. Însă odată cu creșterea ordinului, constatăm o reducere ușoară a suprafețelor medii ce le aparțin, cu toate că întregul bazin a realizat o creștere a ordinului de la 4,66 la începutul secolului, pînă la 4,75 către sfîrșitul secolului XX.

Analizînd modelul morfometric al suprafețelor ce definește evoluția în timp și spațiu a bazinului rîului Cogîlnic (Fig.2, I-B și II-B) constatăm, că pe parcursul timpului

determinat de cele două repere cronologice condițiile de mediu au determinat apariția noilor bazine de primul ordin predominant în zona de obârșie, cu redistribuirea suprafețelor proporțional spre ordinele II-IV, cu toate că ordinul superior a păstrat mărimea existentă de la începutul secolului trecut. Dreapta ce definește legea suprafețelor însumate are o tendință de creștere a pantei, situație determinată de reducerea semnificativă a suprafețelor însumate ale bazinelor de ordin inferior, ceea ce demonstrează și o creștere a gradului de fragmentare. Această situație este confirmată și de dreapta ce definește legea suprafețelor medii a bazinelor la care constatăm o reducere remarcabilă a suprafețelor medii necesare apariției bazinelor de primul ordin, de la 109 ha în 1913 la 57 ha către 1988. Prin urmare, constatăm că suprafețele s-au redistribuit inclusiv spre ordinele mai superioare, mai puțin pentru ordinul V, cu toate că este evidentă o realizare a bazinului în proporție de 200%, condiție care ne dă de înțeles că saltul la un ordin mai superior se poate întâmpla în orice moment.

Cercetările efectuate în baza caracteristicilor rețelelor și bazinelor hidrografice pînă în prezent, demonstrează utilizarea tot mai frecventă a metodelor matematice, care ajută eficient la aprecierea cantitativă a unor caracteristici importante și a factorilor de mediu ce definesc individualitatea acestora. Interacțiunea variabilelor ce caracterizează individualitatea bazinelor hidrografice impune o reacție de răspuns a sistemului, care de fapt depinde și de rezistența suprafeței topografice, opusă la acțiunea agenților externi.

Bazinul râului Răut, din care fac parte și bazinele afluenților Soloneț și Cogîlnic, se caracterizează la prima vedere prin condiții de mediu relativ omogene [5], dar studierea caracteristicilor morfometrice și a modificărilor care au intervenit pe parcursul secolului trecut, pun în evidență o reacție diferențiată a sistemelor de drenaj cercetate.

***Analiza minuțioasă a condițiilor de mediu din bazinele râurilor Soloneț și Cogîlnic*** în raport cu modificările elementelor morfometrice, evidențiază situații diferite:

- în cazul râului Soloneț, relația factorilor de mediu cu drenajul râului evidențiază păstrarea pe parcursul de aproape un secol a unei situații de echilibru relativ, care a condus la păstrarea ordinului de mărime și apariția unui număr redus de râuri și bazine noi.
- în cazul râului Cogîlnic, unii factori au accelerat reacția drenajului și apariția unui număr mai mare de segmente de ordine inferioare, dar în același timp cu păstrarea ordinului de mărime a bazinului.

Prin urmare, mărimea de realizare a drenajului râului Soloneț a crescut timp de aproape un secol de la ordinul 4,71 doar la 4,88, dar în același timp constatăm și o reducere cu 4 segmente de ordinul II și o creștere de 0,1 km atît a lungimilor medii cît și a suprafețelor bazinelor cu 0,16 km<sup>2</sup>. Relieful de podiș pe care s-a dezvoltat acest bazin, este fragmentat de ravene și hîrtoape, iar pantele râurilor sunt mici, cu raporturile de pantă între 2,5 și 2,7 și respectiv cu dominarea unghiurilor de pantă de 2-6°. Interfluviile largi ale Solonețului sunt constituite din alternări de nisipuri și argile ale Basarabeanului (Sarmațianului) Mediu și Superior, iar luncile din argile de vîrsta Basarabeanului inferior [10]. În aceste condiții litologice se intensifică infiltrarea subterană a apelor venite din precipitații și reduce scurgerea de suprafață. Respectiv și procesul de eroziune liniară este mai lent, cu minimizarea impactului asupra caracteristicilor morfometrice ale bazinului. Cantitatea de precipitații este ceva mai mică în raport cu bazinul Răutului, iar solurile sunt predominant de textură luto-argiloasă. În bazinul râului Soloneț este accentuată și activitatea antropică, confirmată de extinderea timp de aproape un secol a terenurilor agricole, care la sfîrșitul secolului trecut constituiau 75-90% din suprafața totală. În



structura terenurilor agricole domină terenurile arabile, iar în structura culturilor agricole, cerealele și prășitoarele. Suprafețele de păduri și fânețe naturale sunt foarte reduse, iar indicele de transformare ambientală fiind mai mare în partea inferioară a bazinului, cu o reducere ușoară spre partea superioară [11;12].

Influența condițiilor de mediu din sud-estul Răutului asupra drenajului râurilor mici pot fi reflectate de modificările caracteristicilor morfometrice ce definesc drenajul râului Cogîlnic. Astfel, pe parcursul secolului XX în acest bazin s-au format 28 de segmente de râu de ordinul II, lungimea medie a cărora s-a redus cu 0,30 km, iar suprafața de recepție cu 1,65 km<sup>2</sup>. Analiza minuțioasă a drenajului arată, că majoritatea segmentelor de râuri de ordine inferioare s-au format în zonele de obârșie sau pe versanții direct aferenți albiilor de ordin superior. Relieful de podiș pe care s-a format acest bazin hidrografic este fragmentat de văile adânci ale râulețelor mici cu panta ceva mai mare, confirmată de raportul pantelor  $R_i=2,24$  [5] și dominarea unghiurilor de pantă cu valori între 2°-6° și 6°-10°. Aceste caracteristici geomorfologice au determinat majorarea energiei scurgerii de suprafață, în condițiile unei cantități ceva mai sporite de precipitații.

Condițiile litologice ale interfluviilor, constituite din alternări de nisipuri cu argile ale Sarmațianului Mediu, iar pe interfluviul de Sud și din nisipuri micro- și macrogranulare, au intensificat formarea segmentelor de râuri predominant în regiunile de obârșie, ordinele superioare adâncindu-se pînă în calcarele și argilele Sarmațianului Mediu. Unul din factorii care s-a opus declanșării undelor de transformări spre ordinele superioare este și forma alungită a bazinului.

Odată cu evoluția naturală a bazinului râului Cogîlnic și factorul antropic prin activitatea sa a determinat o valorificare a terenurilor de la 75 la 85% către sfîrșitul secolului XX, cu dominarea terenurilor arabile. Cu toate că constatăm, că timp de aproape un secol suprafețele de pădure au crescut ușor de la 1,5% la 3,8% [12], rolul acestora în blocarea proceselor de eroziune este nesemnificativă. Influența omului s-a manifestat și prin modificarea direcției cursului inferior al albiei de ordinul V prin lucrări cu caracter ingineresc încă din anii 50-60 ai secolului trecut.

Apariția unui număr mai mare de segmente de râuri de ordine inferioare pe versanții de stînga a râului Cogîlnic este determinată în mare parte de asimetria versanților văii și de prezența în această parte a bazinului a cernoziomurilor levigate și cenușii închise de pădure cu textură lutoasă, spre deosebire de versanții de dreapta, unde constatăm soluri tipice și levigate cu textură luto-argiloasă.

## Concluzii

- Modelele morfometrice sunt reprezentări grafice în coordonate logaritmice tot mai frecvent utilizate ca metode matematice în studierea modificărilor și evoluției bazinelor hidrografice.
- Suprapunerea în aceleași coordonate a modelelor morfometrice pentru mai multe etape cronologice de cercetare, scoate în evidență modificări diferențiate, în dependență de aportul de substanțe și energice cît și de impactul factorilor de mediu din bazinele hidrografice.
- Corelarea modelelor morfometrice ale bazinului râului Soloneț cu raportarea la rolul factorilor de mediu din acest spațiu scoate în evidență faptul că acesta timp de aproape

un secol nu a suportat schimbări esențiale, fiind caracterizat de un echilibru al proceselor de drenaj, indiferent de impactul factorului antropic.

- Spre deosebire de primul caz, corelarea modelelor morfometrice ale bazinului râului Cogîlnic în relație cu factorii de mediu din acest spațiu, pune în evidență faptul că acesta timp de aproape un secol a suferit mai multe modificări ale sistemului morfometric, dar încă fără a provoca un salt la un alt ordin mai superior al bazinului hidrografic.
- Rezultatele cercetărilor din bazinele râurilor Soloneț și Cogîlnic pot fi valorificate în domeniul utilizării teritoriilor, exploatării resurselor naturale, protecției mediului, etc., afit de autoritățile publice locale sau regionale, cât și de instituțiile ramurale al statului.

### Bibliografie

1. Strahler A. Geografie fizică (traducere în limba română). Editura Științifică, București, 1973. 595 p.
2. Zăvoianu I. Morfometria bazinelor hidrografice. Editura Academiei R. S. România, București, 1978. 174 p.
3. Codreanu I. Analiza rețelei de râuri a Răutului pe hărțile din anul 1913. Probleme regionale în contextul procesului de globalizare. Simpozion Internațional. Editura ASEM, Chișinău, 2002, pag. 410-412.
4. Codreanu I. Monitoringul rețelei de râuri a Răutului pe hărțile din anul 1986. Analele UST, 2002. Volum. II, pag. 69-72.
5. Codreanu I. Modificări morfometrice ale rețelei de râuri din bazinul râului Răut (Republica Moldova) în anii 1913 -1986. Revista Geografică, t. VIII, Academia Română, Institutul de Geografie, București, 2005, pag. 130 –134.
6. Codreanu I. Differentiated changes of drainage in the basins of the Ciuluc and Cula rivers in the 20<sup>th</sup> century. În cuprinsul revistei Present Environment and Sustainable Development. Volumul 5/2011, Iași, 2011, pag. 16-21.
7. Codreanu I. Panta albiilor de râuri de diferite ordine din bazinul Răutului și rolul ei în procesele de modelare. Analele Universității de Stat Tiraspol. Acta et commentationes. Vol. II, Chișinău, 2006, pag. 84-87.
8. Sandu M. Culoarul depresionar Sibiu – Apold (studiu geomorfologic). Editura Academiei Române. București. 1998. 176 p.
9. Codreanu I. Dinamica elementelor morfometrice ale bazinului râului Răut pe parcursul secolului XX și impactul asupra mediului. Monografie publicată cu suportul Fondului Ecologic Național. Editura „Știința”, Chișinău, 2014, 160p.
10. Boboc N., Bejan Iu., Țițu P. Structura geologică și evoluția paleogeografică a dealurilor Ciulucurilor. Mediul Ambient. Nr.3(69), 2013, pag. 21-24.
11. Bejan Iu., Țițu P. Determinarea gradului de presiune antropică asupra peisajelor. Studiu de caz-dealurile Ciulucurilor. Mediul Ambient. Nr.3(69), 2013, pag. 25-27.
12. Codreanu I. Trecutul și prezentul pădurilor Răutului. Conferința Națională științifico-practică “Secetele – pronosticarea și atenuarea consecințelor.” Ministerul Mediului și Amenajării Teritoriului, INECO, Chișinău, 2000, pag. 77-80.

*Primit la redacție – 9/09/2017*

УДК 624.131

Полканов В.Н.<sup>1</sup>, Сыродоев Г.Н.<sup>2</sup>, Богдевич О.П., Полканова А.В.<sup>1</sup>

## О роли и содержании инженерно-геологического обоснования при проектировании дорог на оползнеопасной территории

### Abstract

*On the basis of the actual material analysis, were identified and analyzed the errors that are made, while carrying out engineering and geological surveys. The main natural features, to which should be paid attention to, when examining landslide sites, were identified. Were proposed recommendations on: study of sand-clay layers composing the landslide slopes of Republic of Moldova; identification of the causes that contribute to the development of the landslide process; evaluation of the long-term stability of slopes; appointment of counter-landslide measures complex.*

**Keywords:** motor road, geological surveys, landslide danger, slope stability.

### Rezumat

*Pe baza analizei materialului factologic, au fost identificate și analizate erorile ce pot fi comise în timpul efectuării unor studii geotehnice. Au fost identificate caracteristicile principale naturale care necesită o atenție deosebită în procesul examinării terenurilor cu pericol de alunecare. Sunt propuse recomandări privind: studierea straturilor argilo-nisipoase ce formează versanții Republicii Moldova supuși alunecării de teren; identificarea cauzelor ce contribuie la manifestarea procesului de alunecare de teren; evaluarea stabilității de lungă durată a versanților; desemnarea complexului de măsuri de prevenire a alunecării de teren.*

**Cuvinte cheie:** drum auto, studii geotehnice, pericol de alunecare de teren, stabilitatea versantului

### Резюме

*На основе анализа фактического материала выявлены и проанализированы ошибки, допускаемые при проведении инженерно-геологических изысканий. Определены основные природные особенности, на которые должно обращать внимание при обследовании оползневых участков. Даны рекомендации по: изучению песчано-глинистых толщ, слагающих оползневые склоны Республики Молдова; выявлению причин, способствующих проявлению оползневого процесса; оценке длительной устойчивости склонов; назначению комплекса противооползневых мероприятий.*

**Ключевые слова:** дорога, инженерно-геологические изыскания, оползневая опасность, устойчивость склона

---

<sup>1</sup> Технический Университет Молдовы

<sup>2</sup> Институт экологии и географии АНМ

## Введение

Качество инженерно-геологических обоснований автомобильных дорог определяется полнотой выполненных исследований, объем и содержание которых обусловлены задачами проектирования и строительства и зависят от сложности инженерно-геологических условий трассы, степени изученности района и стадии проектирования. Недостаточное внимание анализу влияния будущих антропогенных изменений на природную обстановку может привести к ошибкам и просчетам в прогнозах [1].

Анализ составляемых программ инженерных изысканий, проведенных авторами, показывает, что недостаточно внимания уделяется вопросам снижения их стоимости, экономическому анализу эффективности, сокращению сроков проведения и повышению надежности мероприятий. Отмечаются искажения объемов изысканий, как в сторону увеличения, так и в сторону занижения.



Рис. Наиболее крупные оползни Молдовы (показаны точками) и основные автомобильные дороги (показаны линиями).

В соответствии с существующими нормами, территории с развитыми оползневыми и эрозионными процессами относятся к районам со сложными инженерно-геологическими условиями (Рис). Для таких районов особое значение приобретает надежное инженерно-геологическое обоснование, которое может быть сформировано лишь на основе всестороннего изучения существующих природных условий, особенностей проявления геодинамических процессов, анализа взаимодействия будущих инженерных сооружений с окружающей средой. Только на основе корректного обоснования может быть выбрано наиболее экономичное техническое решение оптимального варианта трассы, рациональные способы

строительства, обеспечивающие устойчивость не только земляного полотна автодороги, но и прилегающих участков. Тщательное изучение инженерно-геологических условий позволит уже на стадии проекта однозначно выбрать оптимальный вариант трассы для дальнейшей детальной проработки, поможет избежать нежелательных осложнений в процессе строительства и эксплуатации дороги [2].

К сожалению, в инженерно-геологических исследованиях не всегда сочетаются геологические и инженерно-технические направления. Пока оползневой склон находится в стадии относительного покоя, он обычно не

привлекает к себе особого внимания специалистов; проектирование и строительство противооползневых сооружений начинает интенсивно осуществляться только после свершения катастрофических подвижек [3].

Зачастую проектированию часто предшествуют исследования, выполняющиеся в основном, вдоль оси будущих трасс или для конкретного участка, на котором уже проявляется подвижки и предполагается осуществление противооползневой защиты (ПОЗ). Однако, проектирование, выполненное на основе даже детальной разведки отдельных (небольших по протяженности) участков без изучения геолого-геоморфологических особенностей всей прилегающей территории, не всегда позволяет обеспечить устойчивость искусственных сооружений, расположенных на склонах, а осуществленные противооползневые мероприятия оказываются недостаточно эффективными [4, 5, 6].

На территории Республики Молдова, особенно в центральной ее части – Кодрах, трудности подстерегают изыскателей и проектировщиков при освоении временно стабилизированных склонов, когда внешние морфологические признаки оползней слабо выражены в современном рельефе и могут быть выявлены лишь опытными исследователями. Такие склоны до освоения, как правило являются относительно устойчивыми и на первый взгляд не вызывают опасений [7, 8, 9].

Недооценка изыскателями, проектировщиками и строителями, геологических, геоморфологических и гидрогеологических особенностей осваиваемых территорий, а также особенностей проявления в их пределах экзогенных геологических процессов, может приводить к нежелательным осложнениям, связанных с неправильным ведением земляных работ.

В связи с изложенным, достаточно остро стоит вопрос о содержании инженерно-геологического обоснования, назначении расчетных значений прочностных характеристик грунтов и выборе надежных методов комплексной оценки устойчивости склонов с учетом региональных инженерно-геологических особенностей района строительства [10 - 16].

### **Результаты исследований и дискуссия**

В районах развития оползней, когда длительное изучение геологического строения склонов и, по возможности, восстановление истории их развития приобретают большое значение, инженерно-геологические изыскания необходимо осуществлять стадийно: предварительные изыскания – на стадии проекта со сводным расчетом стоимости, и окончательные – для рабочей документации [1]. Объем и содержание изыскательских работ на каждой стадии устанавливаются программой в зависимости от сложности инженерно-геологических условий и степени их изученности в районе трассы, категории дороги и стадии изысканий. Последними обуславливается четкая целенаправленность программы в соответствии с многогранными задачами, возникающими при выборе оптимального варианта и связанными не только с оценкой устойчивости склонов (откосов) и обоснованием мер ПОЗ, но и с условиями возведения насыпей, а также рядом других задач, связанных со строительством мостов и эстакад, разведкой месторождений строительных материалов.

На стадии проекта должны быть выявлены оптимальные варианты, решены все инженерно-геологические вопросы, определены основные данные, необходимые для проектирования. Следует полностью исключить возможность активизации инженерно-геологических процессов, способных резко изменить стоимость и продолжительность строительства.

Критерием отбора оптимального варианта является минимум инвестиционных и эксплуатационных затрат при обеспечении устойчивости земляного полотна с учетом комплекса ПОЗ. Кроме того необходимо обеспечение максимальной сохранности ценных сельскохозяйственных угодий и сложившегося природного равновесия, недопущения или предотвращения активизации экзогенных процессов.

В описываемых условиях в процессе инженерных изысканий повышенное внимание должно быть уделено установлению площади развития, типа, интенсивности и особенностей режима проявления геодинамических процессов с целью оценки их влияния на строительство и эксплуатацию трассы. Очевидно, что эти работы должны опережать проектирование продольного профиля автодороги. По существу, на стадии предварительных изысканий до окончания проекта необходимо произвести паспортизацию оползней и других опасных геологических процессов вдоль всей автотрассы, дать их типизацию, изложить принятые гипотезы о механизме развития, составить специальную карту оползневой опасности. Другими словами, необходимо разработать генеральную схему защиты автодороги от опасных геологических процессов, наметить очередность выполнения ПОЗ на отдельных участках [3, 13, 17]. На этой стадии изысканий значительную часть информации, необходимой для инженерно-геологической оценки, можно получить в камеральных условиях в результате обобщения и анализа имеющихся материалов.

Работа с архивами обязательна при подготовке рекогносцировочных инженерно-геологических обследований. Анализ информационной базы дает возможность выявить региональные инженерно-геологические закономерности, знание которых необходимо для выбора рациональных методов исследований и установления оптимальных объемов разведочных работ. К сожалению, именно этому вопросу не уделяется должного внимания, так как проектировщикам не представляется достаточного времени для выполнения этого важного этапа. В дальнейшем это может привести к завышению объемов разведочных и других видов работ, отсутствию возможности целенаправленного проведения инженерно-геологических изысканий, своевременного получения необходимой информации.

Для выбора оптимального варианта трассы на этапе предварительных изысканий в состав инженерно-геологического обоснования должна входить карта районирования территории по степени оползневой опасности. Критерием выделения инженерно-геологических районов служат геоморфологические особенности. Подрайоны выделяются по геолого-генетическим признакам.

При проведении районирования особое внимание следует обращать на [18]:

1. Местоположение оползня не только по отношению к трассе, но и на склоне (относительно базиса эрозии).

2. Характеристики склона (абсолютная и относительная высота, средняя крутизна, крутизна отдельных частей в пределах оползня и прилегающих участков, экспозиция), наличие выходов подземных вод.

3. Форма оползня в плане, его размеры, границы, высота стенки срыва.

Форма оползня дает возможность косвенно получить информацию о литологии и гидрогеологических особенностях оползневого склона. Циркообразные оползни возникают чаще в однородных и макрооднородных песчано-глинистых толщах. Оползни фронтального типа отличаются большой глубиной захвата, характерны для залегающих горизонтально пород при наличии более слабых слоев в основании склона. Оползни угловатых очертаний связаны с участием в смещении жестких пород или же с совпадением поверхности смещения с тектоническими и другими трещинами. Ложкообразные оползни формируются при наличии слабых пород, залегающих в средней и верхней частях склона. Округлые, с суженной горловиной, развиваются в верхней части балок и оврагов, вскрывающих водоносные горизонты. Сложные формы образуются как правило, за счет наложения более молодых элементов морфологии на более старые. Оползни без ясных границ характерны для вязкопластичного течения [9, 19].

4. Геоморфологические особенности, литологический состав и возраст обнажающихся на склоне пород.

5. Предположительные сведения о мощности оползневого тела и форме поверхности в соответствии со схематическим продольным профилем оползня;

6. Предполагаемый тип оползня по механизму.

7. Факторы, сопутствующие активизации оползневого процесса, выявленные на основе опроса местных жителей.

8. Рекомендации по составлению программы разведочных работ с целью уточнения механизма и выбора расчетной схемы для комплексной оценки устойчивости склона, выбора средств ПОЗ.

На этапе предварительных изысканий качественная оценка должна быть уточнена первоначально на основе количественного сравнительно-геологического метода, затем – с помощью расчетных методов, основанных на упрощенных схемах, разработанных в соответствии с принятыми гипотезами о механизме развития выделенных типов оползней.

Основы количественного сравнительно-геологического метода оценки устойчивости оползневых склонов заложены в трудах Е.Н. Емельяновой, Л.Б. Розовского и др. Этим методом устойчивость склона оценивают по соотношению его характеристик (чаще всего высоты и заложения) с характеристиками тех склонов, устойчивость которых предполагается известной. На основе обработки данных полевых измерений методами статистики может быть установлена эмпирическая зависимость между заложением склона ( $L$ , м) и его высотой ( $h$ , м). Подобное уравнение, полученное С.С. Орловым [20] для территории Республики Молдова, в случае предельного равновесия (при  $K=1$ ) имеет вид:

$$L = 0,01h^2 + 2,3h + 91 \quad (1)$$

Исходя из уравнения 1, предложен коэффициент оползневой опасности ( $K_{on}$ ):

$$K_{on} = \frac{h(0,01h + 2,3) + 91}{L} \quad (2)$$

Если  $K_{on}$  находится в пределах 0,7-0,8, то склон обладает запасом устойчивости; при  $K_{on}=1$  склон находится в предельном равновесии, при  $K_{on}>1$  склон может терять устойчивость.

Преимущество представленной зависимости (уравнение 2) состоит в том, что она автоматически учитывает весь комплекс сложных природных факторов, влияющих на оползневые процессы. Однако такой анализ справедлив, если исходить из предположения, что прочность грунта в зоне оползневого смещения всех однотипных оползней в данном районе одинакова. В то же время, прочность грунта в зоне оползневого смещения определяется степенью ее снижения от пикового значения до остаточного (до минимальной прочности). Не всегда снижение прочности происходит в течении одного оползневого цикла. Так как оползни даже в одном районе могут находиться на разных стадиях развития, прочность в зоне оползневого смещения также будет различной [21-23]. В результате неоднократных оползневых смещений глинистые породы утратили свою прочность, а многие оползневые склоны теперь имеют близкие по параметрам профили равновесия, и, следовательно, обладают сопоставимыми значениями механических свойств в зоне оползневого смещения. Это позволяет во многих случаях использовать указанный простой метод оценки устойчивости на этапе предварительных изысканий.

По материалам предварительного обследования разрабатываются и гипотезы о механизме возможных оползневых проявлений, составляется целенаправленная программа разведочных работ и специальные задания для отдельных участков. Ширина полосы ведения этих работ обуславливается, в первую очередь, геоморфологическими особенностями и характером процессов. Количество инженерно-геологических разрезов (поперечников) должно быть достаточным для комплексной оценки устойчивости склонов.

Гидрогеологические условия и режим подземных вод уточняются настолько, чтобы в принципе мог быть решен вопрос об их влиянии на проектируемые сооружения.

Оползневые процессы также выявляются и оцениваются с точки зрения их влияния на проектируемые сооружения. На этой же стадии должен быть собран и материал для разработки ПОЗ [24, 25].

Особое внимание в процессе изыскательских работ необходимо уделить типизации оползневых грунтов и выделению в них инженерно-геологических элементов (ИГЭ), которые дают возможность распространения полученных точечных данных о свойствах пород на толщу в целом и получить в результате статистической обработки значения прочностных характеристик, необходимых для комплексной оценки устойчивости склонов [26, 27].

Особые трудности возникают при изучении макрооднородных песчано-глинистых толщ. Разные исследователи применяют для описания пород свою терминологию, что затрудняет использование полевых описаний для составления генерализованных разрезов, не всегда в полной мере учитывается стратиграфия, генезис и литология пород с одной стороны, а с другой – не дается оценка их строительных свойств и прогноз изменения последних во времени [28].

Для облегчения решения этих задач необходима, прежде всего, тщательная документация всех разведочных выработок. Очевидно, что в полевых журналах не следует делать никаких обобщений, в то же время соблюдать тщательность и



последовательность описания проб по ходу их отбора. При макроскопическом описании глинистых пород обязательно отмечать не только заметные примеси (минеральные или обломочные), цвет в сухом и влажном состоянии, свойства и состояние (карбонатная, пылеватая, жирная, пластичная, твердая и т.д.), включение органических остатков, но и текстуру (пятнистая, беспорядочная, брекчеевидная, микрослоистая, комковатая и т.д.) Особое внимание должно быть обращено на характер и степень нарушения первичного сложения, наличие зеркал скольжения, трещиноватости, ее характера, направленности и т.д. Естественно, что существенную помощь могут оказать материалы геофизических исследований, которые должны предшествовать разведочным работам [1].

Одной из основных задач изыскательских работ является уточнение положений поверхности оползневой смещения на основе анализа зафиксированных поверхностей ослабления и зон повышенной влажности. Эти данные необходимы для выбора схемы генерализованного разреза при выполнении прогнозов устойчивости расчетными методами. На практике чаще пользуются методами предельного равновесия, допускающими что снижение (разрушение) прочности пород равномерно распределено по всей поверхности смещения, чем более сложными методами допустимых деформаций [22].

Впервые вопрос о применимости расчетных методов для оценки устойчивости естественных склонов был рассмотрен Г.С. Золотаревым [29]. Было отмечено, что расчетные методы могут быть успешно использованы лишь при анализе влияния на устойчивость склона отдельных факторов, или оценки эффективности осуществляемых противоползневых мероприятий (ПОМ), но совершенно неприменимы для оценки устойчивости откосов, сложенных породами с высоким структурным сцеплением.

В научно-исследовательской лаборатории механики грунтов ДИИТа для сопоставления между собой результатов расчета устойчивости откосов по методам Терцаги, Чугуева, Бишопы, Тейлора и др. еще в 1965 г. были выполнены соответствующие расчеты на ЭВМ. Различия в результатах расчета по всем этим методам не столь существенны. Выбор метода расчета сравнительно мало влияет на получаемые результаты. В большей степени на итоги расчетов оказывают положение и форма предполагаемой поверхности оползневой смещения, но еще в большей степени – расчетные значения прочности грунта [30, 31].

Для оценки средней прочности пород в зоне оползневой смещения используют метод условного (обратного) расчета. Однако получаемое расчетное сопротивление грунта сдвигу вдоль поверхности скольжения не является величиной постоянной и по мере развития оползня может уменьшаться до остаточного значения. Такой подход позволяет подойти к анализу длительной устойчивости оползневых склонов с учетом возможности снижения прочности грунта в зоне оползневой смещения в процессе деформирования. В этом смысле особое значение приобретает изучение реологических свойств глинистых грунтов.

Для оценки длительной устойчивости оползневых склонов в ДИИТе предложен коэффициент  $K_{ол,у}$ . [30, 31]:

$$K_{ол,у} = \frac{S_0}{S_e} \quad (3)$$

где:  $K_{дл,y}$  – коэффициент длительной устойчивости;

$S_0$  – минимально установившееся сопротивление сдвигу (сдвиг по подготовленной поверхности), соответствующее среднему нормальному давлению по поверхности оползневого смещения (находится по графику, определенному в лаборатории);

$S_e$  – среднее сопротивление грунта сдвигу по поверхности оползневого смещения, соответствующее современному состоянию склона.

Чем ниже значение  $K_{дл,y}$ , тем более катастрофический характер может иметь оползневое смещение. При  $K_{дл,y} = 1,0$  склон достигает предельного положения, и возможность проявления катастрофических смещений по существу исключается.

Таким образом, развитие оползневых склонов при коэффициенте устойчивости больше единицы определяется двумя условиями:

- 1) характером профиля склона и интенсивностью воздействия оползнеобразующих процессов, в частности эрозии;
- 2) соотношением между минимальной прочностью грунта  $S_0$  и средней прочностью в зоне оползневого смещения  $S_e$ .

В итоге, если даже для конкретного оползневого склона на определенный момент будут устранены причины, вызывающие смещения, с сохранением существующего профиля, коэффициент устойчивости при этом не увеличивается. Следовательно, если крутизна склона еще достаточная, при продолжении действия значительных напряжений оползневый процесс на склоне не прекратится, а лишь уменьшится его скорость. Повышение коэффициента устойчивости можно осуществить только за счет изменения в соотношении действующих сил.

Ввиду сложности оползневого процесса, установление причины оползня является очень важной задачей. Совершенно ясно, что для каждого генетического типа оползней преобладающим является влияние того или иного фактора. Если для глубоких оползней скольжения главными причинами являются линейная эрозия, искусственная подрезка склонов, перегрузка их верхней части, реологические свойства грунтов и т.д., то оползни пластического течения (оплывины, сплывы) в основном обусловлены изменением гидродинамического режима в оползневом склоне. Соответственно, различным должен быть и подход к проектированию сооружений.

Для оползней скольжения это могут быть различные типы удерживающих сооружений, контрбанкетты, часто в сочетании с дренажными сооружениями, а также срезка грунта с головной части оползня, регулирование поверхностного стока. Для борьбы с оползнями пластического течения первостепенное значение приобретает строительство дренажных сооружений, особенно лучевых или перехватывающих дренажей, защита от процессов выветривания, регулирование поверхностного стока. Строительство удерживающих сооружений для этого типа оползней практически исключается.

### **Выводы и рекомендации**

Сложность геолого-геоморфологических условий и гидрогеологической обстановки требует различных подходов к оценке подверженности территории к проявлению оползневых процессов. Данные подходы должны подразделяться на

региональные и локальные, для общей оценки оползнеопасности проектируемых трасс автомобильных дорог и локальные – необходимые для оценки устойчивости отдельных склонов и существующих оползней.

Проектирование и строительство автомобильных дорог на потенциально опасной в оползневом отношении территории Республики Молдова требует углублённых исследований инженерно-геологических процессов, способных угрожать автодороге и сопутствующим объектам.

Основу таких исследований должны составить:

- детальные научные изыскания, особенно для ответственных и дорогостоящих сооружений;
- расширенные мониторинговые наблюдения для различных типов оползневых смещений;
- базы данных и специализированные геоинформационные системы;
- усовершенствованные методы численного и пространственного моделирования оползневого процесса;
- специализированные юридические и экономические нормы использования оползнеопасных территорий.

Положительную роль в решении этих вопросов, по мнению авторов должны сыграть совершенствование существующих, разработка и утверждение новых региональных нормативных документов.

### Литература

1. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания. М.: КДУ, 2008. 424 с.
2. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. М.: ПНИИИС ГОСтроя России, 2000. 103 с.
3. Проблемы изучения опасных геологических процессов. Тр. Госстрой СССР. НИИ по инженерным изысканиям в строительстве. М.: Госстрой СССР. 1988. 168 с.
4. Вопросы геотехнического обеспечения дорожного строительства В: Сб. научных трудов МАДИ. М.: МАДИ, 1986. 105 с.
5. Королёв В.А. Инженерная защита территорий. М.: ИД. КДУ, 2013. 470 с.
6. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними). М.: Стройиздат, 1977. 320 с.
7. Билинкис Г.М. Неотектонические предпосылки формирования оползней Молдовы. Геоморфология. 1990, №2, с. 58-66.
8. Доскач А.Г. Эрозионные и оползневые процессы на территории Молдавии. Кишинев, Штиинца, 1978. 80 с.
9. Леваднюк А.Т., Мицул Е.З., Сыродоев Г.Н. и др. Оползнеопасные территории Молдавии и их рациональное использование. Кишинев: АН Молдавии, Штиинца, 1990. 122 с.
10. Монюшко А.М., Олянский Ю.И. Инженерно-геологические особенности сармат-меотических глин Молдовы. Кишинев: Штиинца, 1991. 173 с.

11. Народнохозяйственное освоение территории с развитыми опасными геологическими процессами в Молдавии: Тезисы докладов. Кишинев: Реклама, 1986. 72 с.
12. Неблагоприятные гидрогеологические процессы в Молдавию. Под ред. проф. В.В. Снегового. Кишинев: Штиинца, 1988. 70 с.
13. Оценка инженерно-геологических условий и расчет устойчивости склонов и откосов при проектировании земляного полотна в сильнопересеченной местности. Труды СОЮЗДОРНИИ, 1980. 163 с.
14. Золотарев Г.С., Рагозин А.Л. Закономерности формирования склонов Днестра и методика прогноза их переработки при нестационарном уровненом режиме водохранилищ. Инженерная геология, 1976, №6, с. 47-63.
15. Орлов С.С., Тимофеева Т.А. Геодинамические процессы в Молдавии и борьба с ними. Кишинев: Штиинца, 1974. 70 с.
16. Shaker, Richard R., Sirodov, Gh., Sirodov, I. Landslide susceptibility in the Republic of Moldova: a landscape and multivariate approach for regional assessment. In: Papers of the applied geography conferences, vol. 34. Kent State University, October 2011, p. 288-299.
17. Sîrodov Gh., Mițul E., Ignatiev L., Gherasi A. Baza de date „Alunecările de teren” a sistemului „Geomorfologie” al SIG. In: Analele ale universității “Al. I. Cuza” din Iași (serie nouă). Geografie (supliment). Lucrările simpozionului “Sisteme informaționale geografice” 2000, nr. 6, p. 49-53.
18. Методические рекомендации по инженерно-геологической оценке территории Молдавской ССР при проектировании и строительстве земляного полотна автомобильных дорог (СОЮЗДОРНИИ). Москва, 1983. 28 с.
19. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневых процессов на европейской территории СССР и его региональный прогноз. М.: Недра, 1980. 213 с.
20. Орлов С.С., Тимофеева Т.А., Абраменко П.Г. Противооползневая защита в Молдавии. Кишинев: КПИ им. С.Лазо, 1981. 82 с.
21. Аносова Л.А. Изменение состава и деформационного поведения глин при оползневом процессе. М.: Наука, 1966. 79 с.
22. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я. Развитие оползневых смещений в запредельном состоянии. В: Инж.-геол. свойства глинистых пород и процессы в них. М.: МГУ, 1972, вып. 2, с. 110-119.
23. Туровская А.Я., Тимофеева Т.А. К вопросу о циклическом развитии оползневых процессов. Вопросы геотехники, 1965, № 9, с. 26-31.
24. Гидрогеологические условия Молдавии и методика их изучения. Труды АН МССР. Кишинев: Штиинца, 1973. 144 с.
25. Зелинский И.П. Инженерно-геологический анализ эффективности противооползневых мероприятий г. Одессы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М., 1970. 146 с.
26. Аносова Л.А., Клинова Г.И. Влияние состава и физико-механических свойств среднесарматских отложений на развитие оползневых процессов в центральной Молдавии. В: Инженерно-геологические процессы и свойства грунтов. М., 1980. С. 59-82.
27. Орлов С.С., Тимофеева Т.А., Полканов В.Н. Особенности изучения прочностных характеристик делювиально-оползневых глинистых грунтов

- Молдавии. В: Оползни Молдавии и охрана окружающей среды: Тез. докладов. Кишинев, 27-28 июня 1983. Кишинев, 1983, с.62-63.
28. Тимофеева Т.А. К вопросу о генерализации инженерно-геологических разрезов. В: Тез. докл. Респ. научно-техн. конф. Кишинев, 19-21 апреля 1989 г. Кишинев: КПИ, 1989, с.70.
  29. Золотарев Г.С. Геологические закономерности развития оползней и обвалов: Основы теории их изучения и прогноза. В: Вестник МГУ, Геология, 1974, №4, с. 3-19.
  30. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Черненко Н.Б. О длительной прочности глинистого грунта в массиве на оползневых склонах. В: Основания, фундаменты и механика грунтов. 1978, №5, с. 16-19.
  31. Тимофеева Т.А., Черненко Н.Б. Факторы, определяющие снижение прочности пород в зоне оползневого смещения. В: Исследования устойчивости геотехнических сооружений. Днепропетровск: ДИИТ, 1992, с. 53-57.

*Primit la redacție – 22/09/2017*

CZU: 556.166:551.583

Sîrodoev Gh.<sup>1</sup>, Corobov R.<sup>2</sup>, Trombițki I.<sup>2</sup>, Cazac V.<sup>3</sup>, Canțîr A.<sup>1</sup>

## Evaluarea resurselor de apă în bazinele hidrografice ale râurilor mici în contextul schimbărilor de mediu (caz de studiu r. Bălțata)

### Abstract

*The article presents the results of studies aimed at assessing the change in the flow of small rivers in a changing environment. Spatial modeling of current as well as predicted runoff is carried out using morphometry of the landforms, land use types and soil cover as predictors and SWAT as modelling approach. The outcomes point to a possible decrease in runoff up to 17% by the end of the century.*

**Keywords:** water resources, small rivers, change of environment, prognosis, SWAT-modeling.

### Rezumat

*Articolul prezintă rezultatele studiilor care vizează evaluarea modificării debitului râurilor mici în condițiile schimbărilor de mediu. Modelarea spațială a debitului actual și a celui prognozat a fost realizată prin intermediul SWAT, utilizând datele privind morfometria reliefului, modul de utilizare a terenurilor și tipul de sol în calitate de predictor. Rezultatele obținute indică o posibilă scădere a debitului râurilor mici de până la 17% până la sfârșitul secolului.*

**Cuvinte cheie:** resurse de apă, râurile mici, schimbarea de mediu, prognoză, SWAT-modelarea.

### Резюме

*В статье приведены результаты исследований, направленных на оценку изменения стока малых рек в условиях меняющейся среды. Проведено пространственное моделирование с использованием SWAT величины стока как текущего, так и прогнозируемого, учитывая морфометрию рельефа, землепользование и почвенный покров. Полученные данные свидетельствуют о вероятном уменьшении стока до 17 % к концу столетия*

**Ключевые слова:** водные ресурсы, малые реки, изменение среды, прогноз, SWAT-моделирование.

Datele observate și proiecțiile climatice furnizează numeroase dovezi în favoarea vulnerabilității ridicate a resurselor de apă dulce, ridicându-se, în felul acesta, probabilitatea de a fi expuse efectelor negative ale schimbărilor climatice, cu consecințele la scară largă asupra societății umane și a ecosistemelor [1].

---

<sup>1</sup> Institutul de Ecologie și Ecologie

<sup>2</sup> Asociația Internațională a Păstrătorilor Râului „Eco-Tiras”

<sup>3</sup> Serviciul Hidrometeorologic de Stat

Deși cuantificarea impactului potențial al schimbărilor climatice asupra bazinelor hidrografice individuale este încă destul de sumară, direcțiile principale ale acestuia au fost determinate destul de bine. Printre astfel de direcții [2] se numără:

- Reducerea debitului râurilor și a cantității de apă disponibilă din cauza creșterii temperaturii, a evaporării potențiale, a cantității precipitațiilor și a vremii schimbătoare;
- Creșterea frecvenței și intensității fenomenelor meteorologice extreme.
- Temperaturile mai mari pot, de asemenea, afecta biodiversitatea ecosistemelor de apă dulce.

În ciuda faptului că proiecțiile cantitative ale schimbărilor cantității precipitațiilor atmosferice, debitului râurilor și nivelului apei din râurile mici rămân incerte, este foarte probabil ca caracteristicile hidrologice să se schimbe într-un viitor apropiat [1].

Pentru a formula niște răspunsuri adecvate la chestiunile și provocările, care urmează să apară în bazinele hidrografice mici, a fost realizată o simulare hidrologică care poate fi utilizată pentru cuantificarea obiectivă a impactului antropic asupra debitului râurilor mici și pentru evaluarea contribuției reale a acestora la formarea resurselor totale de apă în bazinul râului Bălțata.

### **Materiale și metode**

Studierea caracterului proceselor hidrologice de suprafață și a celor subterane duce la cele mai bune rezultate prin aplicarea modelării hidrologice, care simulează aceste procese în condițiile fizico-geografice concrete, la diferite intervale spațiale și temporale. În ultimii ani, a fost dezvoltată o serie de modele hidrologice conceptuale, folosite tot mai mult de hidrologi și manageri de resurse acvatice pentru a înțelege și a rezolva o gamă largă de probleme legate de apă. Numeroase studii de specialitate, care oferă o comparație, atât a componentelor individuale, cât și a pachetelor hidrologice în general, poate fi găsită în [3-6].

Printre cele mai frecvent utilizate modele ale bazinelor hidrografice trebuie să menționăm așa-numitul "Instrumentul de Evaluare Sol-Apă" (*Soil and Water Assessment Tool, SWAT*), elaborat în Statele Unite, care reprezintă rezultatele activității diferitelor centre științifice din această țară, desfășurate pe o perioadă de mai mulți ani, pentru dezvoltarea componentelor sale individuale [7,8]. Datorită fundamentării științifice profunde și accesului deschis, acest model s-a dovedit a fi un instrument foarte flexibil, potrivit pentru soluționarea unei game largi de probleme legate de apă. Sute de lucrări, care în analizele sale utilizează acest model, se prezintă la numeroase conferințe științifice și se publică în revistele științifice de profil [4, 9, 10]. În Moldova, acest model a fost folosit pentru prima dată într-un proiect internațional [Proiectul "Improvement of Small Rivers Management in the Republic of Moldova" este implementat de către Independent Institute for Environmental Issues UFU (Berlin) în parteneriat cu Asociația Internațională a Păstrătorilor Râului Nistru Eco-TIRAS (International Association of River Keepers) cu susținere German Federal Environment Ministry's Advisory Assistance Programme (AAP) for environmental protection in the countries of Central and Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia and other countries neighbouring the European Union. It is supervised by the German Environment Agency (UBA).], în cadrul căruia s-a demonstrat utilitatea modelului la rezolvarea unei game largi de probleme aplicate.

„Forța motrice“ a proceselor modelate o reprezintă bilanțul hidric, impactul apei asupra creșterii plantelor și mișcarea componentelor naturale, care au legătură cu apă.

Procesul de modelare hidrologică a unui bazin hidrografic este împărțit în: faza de sol, care determină numărul afluenților care intră în albia principală și faza de albie, care reprezintă deplasarea apei în lungul rețelei hidrografice către gura de vărsare [12]. Pentru modelare, bazinul hidrografic se împarte în sub-bazine și, la nivelul elementar, în așa-numitele Unități Hidrologice de Reacționare (UHR). UHR reprezintă niște porțiuni de teren, care după parametrii săi hidrologici au proprietăți similare ale solului, tipul de utilizare a terenurilor asemănător, covorul vegetal și morfometria reliefului care se aseamănă, urmând ca toate acestea să se asocieze într-un singur cluster. Această diferențiere reflectă eterogenitatea spațială a bazinului, dar necesită detalierea informațiilor spațiale cu privire la parametrii clusterelor utilizați în clasificare [7]. Aceasta detaliere este realizabilă numai cu hărțile tematice digitale corespunzătoare, modelele numerice ale terenului și pachetele de soft aferente.

Pentru atingerea obiectivului propus, s-a efectuat evaluarea resurselor de apă pentru întregul bazin hidrografic al râului Bălțata. În același timp, a fost luată în considerare o transformare antropică semnificativă a debitului râului, rezultând, practic, acumularea întregului ciclu de scurgere în 4 iazuri artificiale: 3 amplasate direct în albia râului și 1 pe afluentul său drept din zona Bălăbănești. Ca o consecință, râul s-a transformat într-un curs de apă puțin adânc, iar utilizarea apei pentru în activitățile economice poate fi realizată numai din aceste rezervoare.

**Tablul 1.** Suprafața (S) a sub-bazinelor râului Bălțata

Nr	S, ha	Nr	S, ha	Nr	S, ha
1	465,75	10	286,74	19	419,58
2	1577,07	11	82,62	20	153,09
3	1009,26	12	62,37	21	474,66
4	382,32	13	366,93	22	341,01
5	289,17	14	411,48	23	997,92
6	2597,67	15	452,79	24	631,80
7	168,48	16	23,49	25	656,10
8	23,49	17	575,91	26	566,19
9	324,00	18	77,76	27	1969,92

reducere este simțită o perioadă de până la 3 ani după terminarea perioadei secetoase, din cauza faptului că lacurile și rezervoarele din care se alimentează râurile respective au nevoie de mai mulți ani cu precipitații medii pentru redresare. Din cauza acestui factor, scurgerea actuală și potențială în cadrul bazinului se calculează nu pe baza debitului r. Bălțata, ci plecând de la scurgerea de suprafață potențială și de la volumul de apă, care alimentează iazurile.

Următoarele argumente vorbesc în favoarea acestei abordări [13]. În prezent, conform calculului compartimentului ONU pentru apă, 70% din apa proaspătă este folosită pentru producția agricolă; prin urmare, asigurarea hranei adecvate pentru populația Globului reprezintă, într-adevăr, o chestiune a apei. Astfel, de exemplu, în ultimii ani, în cele mai multe bazine hidrografice din SUA se observă reducerea debitelor râurilor între 5% - 50%. Această

## Rezultate și discuții

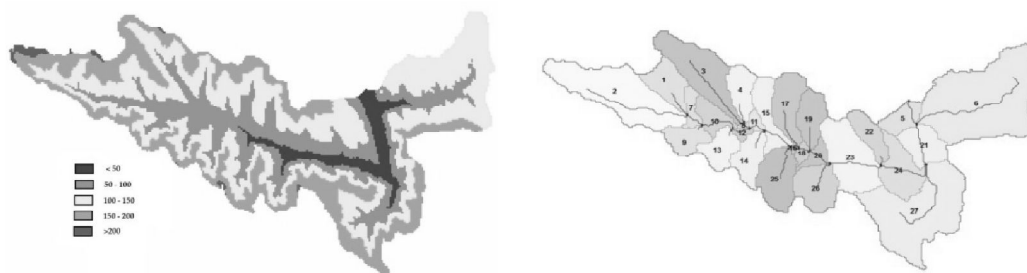
Drept parametru inițial, a fost stabilită dimensiunea pragului unității de clasificare egală cu 300 de hectare. Împărțirea bazinului hidrografic, cu o suprafață totală de 153,9 km<sup>2</sup>, în funcție de pragul selectat, a permis identificarea a 27 sub-bazine (figura 1, tabelul 1), cu o lungime totală a cursurilor de apă de la aproximativ 0,217 km până la 7,696 km (în medie 2,269 km). Suprafața medie, maximă și minimă a sub-bazinelor a fost de 5,86; 26,19; respectiv, 0,23 km<sup>2</sup>.

Printre categoriile de utilizare a terenurilor se remarcă: localitățile (URBN) - 733,7 hectare, terenul agricol (AGRL) - 10103,1 ha, pășunile (PAST) - 93,7 ha, plantațiile



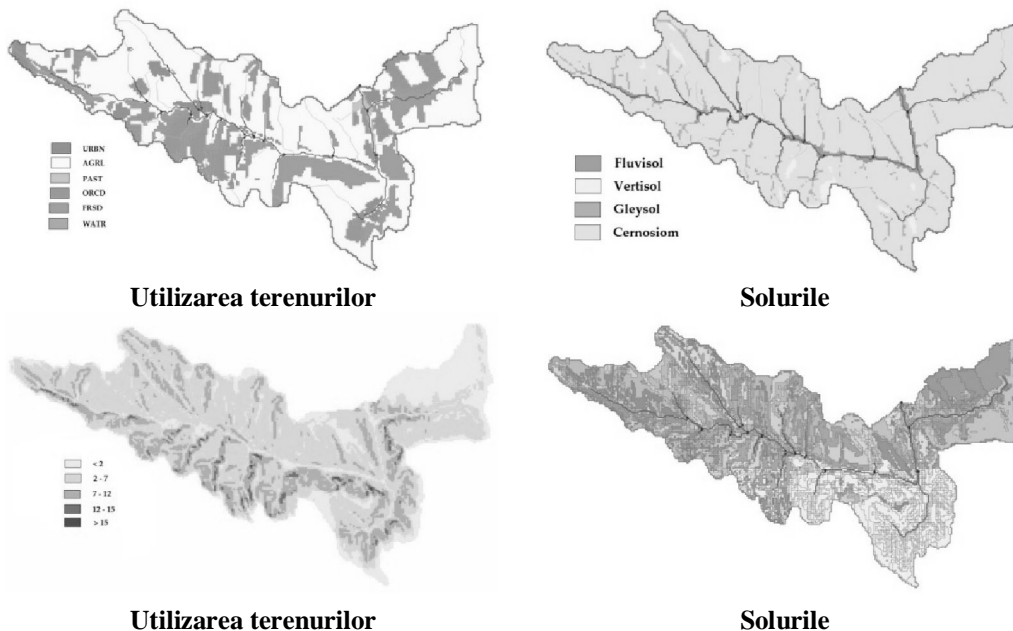
perene (ORCD) - 2067,9 ha, pădurile (FRSD) - 2323,5 hectare și apele de suprafață (WATR) - 66,5 hectare.

**Solurile** sunt clasificate în conformitate cu baza de date internațională FAO (IUSS, 2014) și sunt grupate în 4 tipuri: cernoziom (Cernosiom) – 14834,4 ha; soluri aluvionare (Fluvisol) – 596,8 ha; soluri cernoziomoide (Gleysol) – 826,8 ha; soluri vertice (Vertisol) – 391,4 ha. Pantele (generate cu ajutorul modelului numeric al terenului) constituie o medie de 4,5 grade. După gradul riscului de eroziune acestea sunt grupate în 5 categorii: <math><2,0^\circ</math>; <math>2,0-7,0^\circ</math>; <math>7,0-12,0^\circ</math>; <math>12,0-15,0^\circ</math>; <math>>15,0^\circ</math>. Acestea au fost utilizate pentru a cuprinde toate tipurile de suprafețe, de la cele sub-orizontale până la cele abrupte; ele ocupând 34,3%, 31,9%, 16,6%, 15,8%, 1,4%, respectiv, 0,1% din suprafața bazinului.



**Fig. 1.** Bazinul râului Bălțața, suprapus pe modelul numeric al terenului (stânga) și împărțirea bazinului în sub-bazine (dreapta). Sub-bazinele sunt numerotate cu cifre.

Hărțile utilizării terenurilor, a solurilor și a pantelor bazinului hidrografic Bălțața, sub forma de layere vectoriale cu informația necesară sunt prezentate în Fig. 2.

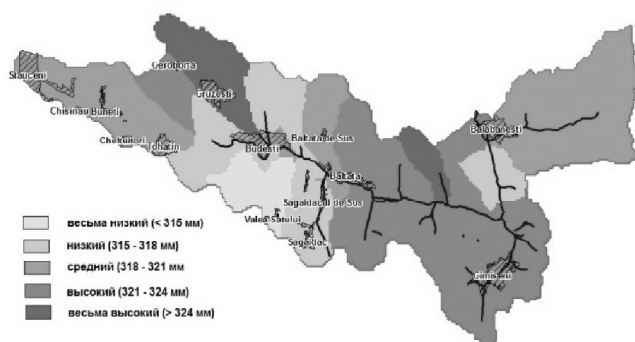


**Fig. 2.** Layere vectoriale pentru identificarea unităților hidrologice din cadrul bazinului hidrografic Bălțața.

**Bazinul hidrografic în contextul climatului actual.** Indicii climatici ai bazinului hidrografic Bălța pentru 30 de ani (anii 1981-2010) sunt prezentați în tab.2. Aceste date includ temperaturile medii minime și maxime, deviațiile standard, precum și valorile medii lunare ale precipitațiilor, care reprezintă predictorii pentru modelarea scurgerii. Alte variabile climatice necesare pentru modelare au fost calculate de către generatorul de vreme, care este unul din instrumente ale modelului SWAT.

**Tabelul 2.** Temperaturile medii lunare și precipitațiile medii lunare la stația meteorologică Bălța în perioada 1981-2010

Variabila climatică	L u n i e											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>T<sub>max</sub></i> , °C	1,3	3,0	8,7	16,3	22,7	25,8	28,0	27,8	22,2	15,7	7,9	2,6
<i>DS</i>	3,1	4,0	3,6	2,2	2,0	1,7	1,9	1,9	2,1	1,4	2,9	2,6
<i>T<sub>min</sub></i> , °C	-5,2	-4,6	-0,9	4,5	9,5	13,4	15,2	14,4	9,8	4,9	0,5	-3,7
<i>DS</i>	3,2	3,2	2,0	1,4	1,2	0,9	1,3	1,1	1,1	1,4	3,0	2,7
<i>Precipitațiile</i> , mm	28	25	30	37	43	71	63	56	45	38	32	32



**Fig. 3.** Distribuția spațială a scurgerii anuale în bazinul hidrografic Bălța

produce în extremitatea nord-vestică a bazinului, iar cea minimă (<315 mm) – în sud-vestul acestuia, la sud de Budești. Cu toate acestea, într-o mare parte, scurgerea se situează în intervalul 318-324 mm.

Înmulțirea scurgerii cu unitatea de suprafață a bazinului reprezintă debitul total în km<sup>3</sup> (tabelul 3). Debitul minim se observă în decembrie-februarie și în aprilie-mai, iar cel maxim este caracteristic lunilor iulie-septembrie. Scurgerea anuală în bazinul hidrografic Bălța poate ajunge la 0,048 km<sup>3</sup>. Cu toate acestea, în prezența unei decalări incontestabile față de aceste estimări, din cauza intervențiilor antropogene discutate mai sus, rezultatele obținute ar trebui tratate cu puțină atenție. În același timp, acestea reprezintă o bază precisă pentru evaluarea, de exemplu, a impactului schimbărilor climatice asupra viitoarelor debite.

Pe lângă modelarea scurgerii totale potențiale, a fost simulată scurgerea potențială a apei în fiecare dintre cele 4 iazuri. Aceste rezervoare artificiale acumulează apă pentru a asigura, în principal, nevoile pur economice ale populației locale, mai ales, pentru irigarea terenurilor agricole și a grădinilor, precum și pentru piscicultură, recreere etc. Valoarea modelată a scurgerii medii multianuale în aceste corpuri de apă variază în prezent de la circa 0,0004 km<sup>3</sup> în satul Bălăbănești până la 0,017 km<sup>3</sup> în satul Cimișeni. În ansamblu, pe parcursul anului, în iazuri se acumulează mai mult de 0,031 km<sup>3</sup> de apă, ceea ce constituie 65% din scurgerea totală a bazinului hidrografic (0,048 km<sup>3</sup>).

**Tabelul 3.** Debitul mediu lunar simulat în zona de captare a râului Bălța și acumularea de apă în iazuri artificiale în perioada 1981-2010.

Lacuri artificiale	L u n i e												Scurgerea	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	mm	10 <sup>-3</sup> km <sup>3</sup>
s. Bălța	0,05	2,1	3,7	1,5	0,09	3,6	9,1	9,6	5,8	3,2	6,2	0,0	44,9	4,3
s. Bălța	0,09	4,4	7,5	2,1	1,6	6,5	17,8	17,7	11,7	5,7	12,6	0,2	87,9	9,3
s. Cimișeni	0,14	6,5	11,2	3,6	2,6	10,1	26,7	27,3	17,5	8,9	18,8	0,2	133,5	17,2
s. Bălăbănești	0,02	1,4	2,1	0,7	0,06	1,6	5,6	5,1	3,9	2,6	4,1	0,0	27,2	0,4
Scurgerea în lac	<b>0,3</b>	<b>14,4</b>	<b>24,5</b>	<b>7,9</b>	<b>4,35</b>	<b>21,8</b>	<b>59,2</b>	<b>59,7</b>	<b>38,9</b>	<b>20,4</b>	<b>41,7</b>	<b>0,4</b>	<b>293,6</b>	<b>313</b>
Bazinul de acumulare	<b>0,4</b>	<b>15,1</b>	<b>27,4</b>	<b>8,9</b>	<b>4,6</b>	<b>23,1</b>	<b>62,2</b>	<b>63,0</b>	<b>40,4</b>	<b>21,6</b>	<b>44,5</b>	<b>0,5</b>	<b>311,8</b>	<b>48</b>

**Scurgerea în bazinul de acumulare în contextul climei viitoare.** Pentru a simula posibila modificare a scurgerii în bazinul râului Bălța, au fost utilizate proiecțiile indicatorilor care caracterizează clima regională în viitor [14]. Valorile așteptate ale temperaturilor medii maxime și minime, precum și cele ale precipitațiilor atmosferice sunt prezentate în tabelul 4. La fel ca și în cazul evaluării scurgerii actuale, aceste valori s-au presupus a fi aceleași pentru întreg teritoriu examinat, în timp ce alți indicatori climatici au fost modelați de generatorul de vreme.

**Tabelul 4.** Proiecții ale valorilor probabile ale temperaturii aerului și ale precipitațiilor atmosferice în bazinul râului Bălța în secolul 21

Anii	Scenariul emisiilor	Lunile anului												An
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Temperatura maximă, °C</i>														
2021-50	RCP 2.6	1,7	2,3	6,9	16,3	22,3	24,1	27,4	28,3	22,1	15,0	10,1	3,2	<b>15,0</b>
	<b>RCP 4.5</b>	2,5	5,0	9,9	17,7	23,5	27,2	29,2	29,3	23,7	16,3	11,1	4,2	<b>16,6</b>
	RCP8.5	2,1	5,5	10,5	18,0	23,7	27,0	29,0	28,9	23,9	16,9	11,9	4,3	<b>16,8</b>
2071-00	RCP 2.6	1,3	3,8	8,7	16,9	22,1	24,8	26,2	27,1	21,2	15,0	10,0	3,3	<b>15,0</b>
	<b>RCP 4.5</b>	3,5	5,9	12,1	18,9	24,7	28,5	30,3	30,5	25,2	17,6	12,6	5,1	<b>17,9</b>
	RCP8.5	5,6	8,7	14,0	20,8	26,3	31,0	33,1	33,0	27,8	19,0	15,2	7,0	<b>20,1</b>
<i>Temperatura minimă, °C</i>														
2021-50	RCP 2.6	-4,8	-4,8	-1,6	4,7	9,6	12,7	15,0	14,8	9,6	4,2	0,6	-2,8	<b>4,8</b>
	<b>RCP 4.5</b>	-4,0	-2,4	0,0	5,4	10,2	14,1	16,0	15,3	10,3	5,5	1,2	-1,8	<b>5,8</b>
	RCP8.5	-4,4	-2,0	0,4	5,6	10,3	14,0	15,9	15,1	10,3	6,0	1,7	-1,6	<b>5,9</b>
2071-00	RCP 2.6	-5,3	-3,5	-0,6	5,0	9,6	13,0	14,4	14,1	9,3	4,3	0,5	-2,7	<b>4,8</b>
	<b>RCP 4.5</b>	-2,9	-1,6	1,2	6,0	10,8	14,6	16,6	15,9	10,8	6,6	2,1	-0,8	<b>6,6</b>
	RCP8.5	-0,6	0,9	2,3	7,0	11,5	15,8	18,2	17,2	11,9	7,9	3,7	1,1	<b>8,1</b>
<i>Precipitațiile, mm</i>														
2021-50	RCP 2.6	22	31	32	68	48	59	45	40	41	39	26	36	<b>487</b>
	<b>RCP 4.5</b>	32	34	34	48	43	49	51	49	44	37	43	40	<b>505</b>
	RCP8.5	26	35	33	43	46	56	53	52	43	37	40	36	<b>500</b>
2071-00	RCP 2.6	22	33	27	19	16	63	65	50	51	48	36	34	<b>465</b>
	<b>RCP 4.5</b>	27	36	37	46	49	60	53	54	51	42	42	41	<b>538</b>
	RCP8.5	28	40	37	51	39	43	46	51	43	40	41	27	<b>487</b>

Notă: RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 – joasă, moderată și puternică încălzire de radiații ( $W/m^2$ ) a sistemului climatic global.

Modelarea SWAT a scurgerii în bazinul hidrografic studiat, realizată pe baza valorilor estimate ale temperaturii și precipitațiilor, a confirmat ipotezele actuale și datele convenționale obținute anterior pentru bazinul hidrografic Codru [15], care indică reducerea totală preconizată a scurgerii râurilor mici. Astfel, conform estimărilor noastre (Tabelele 6 și 7), modificarea posibilă a scurgerii de suprafață în bazinul hidrografic Bălțata, cauzată de schimbările viitoare ale condițiilor termo-pluviale din regiune, în funcție de orizontul temporar și impactul radiativ, poate să varieze de la o creștere moderată de până la 7-8%, în condițiile impactului radiativ moderat și puternic din prima jumătate a secolului, până la o reducere de la 8% la 25% la sfârșitul acestui secol. În medie, creșterea ratei de scurgere poate ajunge aproximativ la 2% în perioada 2021-2050, iar reducerea până la 17% în ultimii 30 de ani ai acestui secol. În consecință, volumul de apă care se acumulează în rezervoare se va schimba (tabelul 6).

**Tabelul 5.** Proiecții ale schimbării drenajului bazinului r. Bălțata în contextul schimbărilor absolute (Abs., mm) și relative (%) în comparație cu valorile de bază din perioada 1981-2010

L u n a	1981-2010	O r i z o n t u r i t e m p o r a r e , p e r i o a d a											
		2021-2050						2071-2100					
		M o d u r i r e p r e z e n t a t i v e d e c o n c e n t r a r e (RCPs)											
		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%		
Ianuarie	0,4	0,2	46,3	0,7	158,5	0,6	136,6	-0,4	-100	-0,4	-100	-0,4	-100
Februarie	15,1	2,6	17,0	7,6	50,1	7,3	48,1	-10,2	-67,5	-8,8	-58,1	-9,5	-62,9
Martie	27,4	1,2	4,2	6,0	21,8	5,8	21,2	-9,4	-34,4	-4,4	-15,9	-8,0	-29,2
Aprilie	8,9	13,5	152,1	5,6	63,4	5,2	58,9	-8,9	-99,9	-8,8	-98,6	-8,9	-99,8
Mai	4,6	6,8	148,5	1,7	36,5	1,5	32,2	-4,6	-99,8	-4,6	-99,6	-4,6	-99,8
Iunie	23,1	4,6	20,0	-2,1	-9,0	-2,8	-11,9	-22,1	-95,8	-21,4	-92,5	-22,0	-95,3
Iulie	62,2	-17,0	-27,4	-6,3	-10,1	-6,8	-10,9	-53,6	-86,2	-47,4	-76,2	-51,7	-83,1
August	63,0	-20,2	-32,0	-4,8	-7,7	-5,2	-8,2	-43,1	-68,4	-36,4	-57,7	-41,1	-65,2
Septembrie	40,4	-8,6	-21,2	-1,7	-4,2	-1,8	-4,5	-21,8	-53,9	-14,8	-36,6	-19,7	-48,8
Octombrie	21,6	-6,1	-28,3	-3,2	-14,9	-3,3	-15,4	-7,2	-33,1	-1,2	-5,3	-5,4	-25,0
Noiembrie	44,5	-9,0	-20,2	23,1	52,0	22,5	50,6	97,8	219,9	115,7	260,1	104,1	234,1
Decembrie	0,5	-0,1	-12,5	0,0	-2,1	0,0	-2,1	4,4	917	5,7	1196	4,8	991,7
Anual	311,8	-32,0	-10,3	26,5	8,5	23,0	7,4	-79,2	-25,4	-26,6	-8,5	-62,4	-20,0

**Tabelul 6.** Proiecții ale scurgerii anuale în iazuri din bazinul râului Bălțata în termeni absoluți (Abs., mm) și variația sa relativă (%) față de valorile inițiale pentru anii 1981-2010.

L u n a	1981-2010	O r i z o n t u r i t e m p o r a r e , p e r i o a d a											
		2021-2050						2071-2100					
		M o d u r i r e p r e z e n t a t i v e d e c o n c e n t r a r e (RCPs)											
		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%		
s. Bălțata	44,94	-4,6	-10,3	3,8	8,5	3,3	7,4	-11,4	-25,4	-3,8	-8,5	-9,0	-20,0
s. Bălțata	87,89	-9,1	-10,3	7,5	8,5	6,5	7,4	-22,3	-25,4	-7,5	-8,5	-17,6	-20,0
s. Cimișeni	133,54	-13,8	-10,3	11,4	8,5	9,9	7,4	-33,9	-25,4	-11,5	-8,5	-26,7	-20,0
s. Bălăbănești	27,18	-2,8	-10,3	2,3	8,5	2,0	7,4	-6,9	-25,4	-2,3	-8,5	-5,4	-20,0
Scurgerea în lac	293,55	-30,2	-10,3	24,9	8,5	21,7	7,4	-74,6	-25,4	-24,9	-8,5	-58,7	-20,0

Dacă utilizăm gradarea riscurilor din măsurile pentru reducerea scurgerilor propuse de Departamentul pentru Agricultură al Statelor Unite [16], valorile obținute ale modificării scurgerii sub 20% pot fi considerate ca având un grad de risc scăzut, 20-40% reprezintă un risc moderat, iar cele care depășesc 40% sunt echivalente unui risc ridicat.

### Concluzii

Simularea fluxului indus în bazinul studiat, bazată pe valorile modelate ale temperaturii aerului și precipitațiilor atmosferice, a confirmat ipotezele general acceptate privind scăderea preconizată a scurgerii râurilor mici, cauzată de schimbările viitoare ale condițiilor de temperatură și umiditate. În medie, în funcție de modelul adoptat, creșterea ratei de scurgere poate atinge aproximativ 2% în perioada 2021-2050, iar reducerea ajunge până la 17% în ultimii 30 de ani ai acestui secol. În consecință, volumul de apă care intră în lacurile de acumulare se va schimba.

Desigur, rezultatele obținute în acest studiu, din cauza prezenței unei serii de incertitudini, pot fi considerate drept niște estimări aproximative. În același timp, utilizarea corectă a mijloacelor moderne de modelare hidrologică permite, pe de o parte, calcularea în mod corect a cantității potențiale de resurse de apă, chiar și pentru un râu mic, iar, pe de altă parte, luarea în considerație a pierderilor de scurgere ca urmare a diferitelor tipuri de presiuni antropice asupra stării bazinului hidrografic, cauzate, uneori, de o gestiune slabă. Absența unor astfel de înregistrări, combinate cu schimbările climatice, ar putea avea un impact negativ asupra cantității și calității alimentării durabile a economiei, sferei sociale și a ecosistemelor mici din cadrul bazinelor hidrografice cu apă.

### Bibliografie

1. Бэйтс Б.К., Кундцевич З.В., Палютикоф С. У, Ж. П. (ред.). Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата, Секретариат МГЭИК, Женева, 2008. 228 с.
2. Arnell, N.W., J.A. Lowe, S. Brown, S.N. Gosling, P. Gottschalk, J. Hinkel, B. Lloyd-Hughes, R.J. Nicholls, T.J. Osborn, T.M. Osborne, G.A. Rose, P. Smith, and R.F. Warren, 2013: A global assessment of the effects of climate policy on the impacts of climate change. *Nature Climate Change*, **3(5)**, 2013. P. 512-519.
3. Daniel, E.B., J. V. Camp E.J. LeBoeuf, Penrod J.R., Dobbins J.P., and Abkowitz M.D. Watershed modeling and its applications: A state-of-the-art review. *Open Hydrol. J.* 5, 2011. P. 26–50.
4. Refsgaard J .C., Storm B., and Clausen T. Systeme Hydrologique Europeen (SHE): Review and perspectives after 30 years development in distributed physically-based hydrological modelling. *Hydrol. Res.* 41(5), 2010. P. 355–377.
5. Van Liew M.W., Veith T.L., Bosch D. D., and Arnold J. G. Suitability of SWAT for the Conservation Effects Assessment Project: A comparison on USDA-ARS watersheds. *J. Hydrol.Eng.* 12(2), 2007. P. 173-189.
6. Zhang, X., Srinivasan, R., Van Liew M. Multi-site calibration of the SWAT model for hydrologic modelling. *Transactions of the ASABE* 51(6), 2008. P. 2039-2049.

7. Arnold J.G., Kiniry J.R., Srinivasan R., Williams J.R., Haney E.B. and Neitsch S.L. Soil and Water Assessment Tool, Input / Output File Documentation, Version 2012. Texas Water Research Institute. Technical Report 439, College Station, Texas, US, 2012. 654 p.
8. Winchell, M., Srinivasan, R., Di~Luzio, M., and Arnold, J.G. ArcSWAT Interface For SWAT 2009: User's Guide. Texas Agricultural Experiment Station (Texas) and USDA Agricultural Research Service (Texas), Temple (Texas), March 2013. 459 p.
9. Gassman P.W., Reyes M.R., Green C.H., Arnold, J.G. The soil water and assessment tool: Historical development, applications and future research directions. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol. 50(4), 2007. P. 1211-125.
10. Gassman P.W., Sadeghi A.M., Srinivasan R. Applications of the SWAT Model Special Section: Overview and Insights. Journal of Environmental Quality, 2014. 8 p.
11. Corobov R., Syrodov G., Trombitsky I., Galupa D. SWAT Model in Moldova: the First Experience. In: Proceeding of the International Conference Frontiers in Environmental and Water Management, 2015. P. 75-85.
12. Arnold, J.G., D.N. Moriasi, P.W. Gassman, K.C. Abbaspour, M.J. White, R. Srinivasan, C. Santhi, R.D. Harmel, A. van Griensven, M.W. Van Liew, N. Kannan, M.K. Jha (b): SWAT: Model use, calibration and validation. Transactions of the ASABE 55(4), 2012. P. 1491-1508.
13. Cost of Increasing Droughts. <http://growingblue.com/case-studies/cost-of-increasing-droughts/> Доступно 26.09.2016.
14. Коробов Р., Тромбицкий И., Сыродоев Г., Андреев А. Научная монография: *Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра*. Эко-Тирас, Кишинев, 2014. 336 с.
15. Corobov R., Syrodov G., Trombitsky I., Anthropogenic and Climate Change Contributions to Uncertainties in Hydrological Modeling of Small Rivers Watershed Runoff. *Advances in Ecological and Environmental Research*, 2016. P. 14-34.
16. U.S. Department of Agriculture, Forest Service (USDA FS). Assessing the Vulnerability of Watersheds to Climate Change. General Technical Report, PNW-GTR-884, 2013. 32 p.

*Primit la redacție – 31/10/2017*

УДК 544.72 (478.9)

Botnaru V.

## **Sistemul Carstic „Emil Racoviță” – monument geologic de importanță europeană, protejat de stat?**

### **Abstract**

*The main steps of studying of the karstic system "Emil Racovita", contribution of researchers, as well with foreign ones is described. Contents and peculiarities of studies about biotope, microclimate, flora, fauna, geology, hydrogeology etc. has been outline. The main conclusion is concern to the fact that cave is a geological natural monument and need more attention from state officials. A new cave entrance is necessary to arrange and to continue investigations by local researchers in collaboration with foreign specialist.*

**Keywords:** gypsum, karst, karst system, monument of nature.

### **Rezumat**

*În lucrare sunt descrise principalele etape de desfășurare a cercetărilor științifice în Sistemul Carstic „Emil Racoviță”, rolul savanților care au inițiat studiul în cauză, precum și colaborarea cu colegii din alte țări. Sunt evidențiate conținutul și particularitățile cercetărilor despre: biotop, microclimă, floră, faună, geologie, hidrogeologie etc. Concluzia este că Sistemul Carstic "Emil Racoviță", monument geologic de importanță europeană, merită o mai mare atenție din partea organelor de resort. Este necesar de construit altă intrare în peștera și continuarea cercetărilor în colaborare cu specialiștii din țară și de peste hotare.*

**Cuvinte cheie:** ghips, carst, sistem carstic, monument al naturii.

### **Резюме**

*В краткой и хронологической форме приводится анализ исследовательской работы в Карстовой системе "Эмил Раковица", роль ученых в изучении этой системы и сотрудничество с зарубежными исследователями. В работе описываются этапы исследования в областях изучения микроклимата, флоры, фауны, геологии, гидрогеологии и др. Основной вывод этих работ, что Карстовая система "Эмил Раковица", как геологический памятник европейского значения, заслуживает большего внимания со стороны соответствующих органов, в частности в построении нового входа в пещеру, продолжение ее изучение местными специалистами в сотрудничестве с зарубежными исследователями.*

**Ключевые слова:** гипс, карст, карстовая система, памятник природы.

### **Introducere**

Protecția mediului în Republica Moldova și în special protecția monumentelor naturii, necesită din partea organelor statului mai multă atenție și responsabilitate. Un caz concret este Sistemul Carstic „Emil Racoviță”, monument geologic de importanță europeană protejat de stat, din preajma s. Criva, r-nul Briceni. În lucrare se descriu etapele de studiere a acestui important monument al naturii, analiza publicațiilor

științifice în monografii, articole, la simpozioane și întruniri din țară și de peste hotare, conlucrarea cu colegii speologi din alte țări și depășirea multiplelor dificultăți ce au apărut pe parcurs.

Materialele și datele inițiale pentru cercetarea în cauză sunt indicate în lista bibliografică. De asemenea s-au folosit date din arhiva personală a autorului. Principala metodă de cercetare este sinteza critică a lucrărilor aplicative și a cercetărilor științifice efectuate în Sistemul Carstic „Emil Racoviță” (SC ER).

### Caracteristica generală a Sistemului Carstic „Emil Racoviță”

În nord-vestul Republicii Moldova (RM), la graniță cu România și Ucraina de vest, se află Zona carstică Criva-Drepcăuți. Localizarea ei coincide cu aria de răspândire, la adâncimi mici, a gipsului badenian, ce are o vârstă de aproximativ 16 mln ani.

Stratul de gips are forma unei fâșii late de  $\approx 10-15$  km. și se extinde în aflorimente pe o distanță de  $\approx 300$  km, de la orașelul Șireț, regiunea Lvov, Ucraina, până la comuna Drepcăuți, RM și comuna Ivancăuți, România.



Fig.1. Harta amplasării stratului de gips badenian.



Fig. 2. Cariera de gips din preajma s. Criva.

Suprafața formațiunilor de gips situate pe teritoriul RM constituie mai puțin de 1% din întregul masiv gipsifer badenian [Fig.1]. Anume aici, în zona carstică Criva-Drepcăuți, pe parcursul a sute de mii de ani, grație condițiilor favorabile, s-a dezvoltat SC ER (denumirea veche - Zolușca), una dintre cele mai mari peșteri în roca de gips din lume. Lungimea totală a tuturor galeriilor subterane constituie peste 100 km, volumul acestora  $\approx 618900\text{m}^3$  și suprafața  $\approx 206450\text{m}^2$ . După geneză, ea reprezintă o peșteră formată prin dizolvare, iar tipul rețelelor de galerii fiind modelate de regimul de curgere a apei în subteran.

Pâniile carstice și relieful din zonă, ne demonstrează faptul că galeriile SC ER, cercetate și cartografiate, sunt doar o mică parte din totalul golurilor subterane, prezente în Zona carstică Criva-Drepcăuți. Nu este exclus, ca galeriile carstice, în care deocamdată nu este acces, să constituie partea cea mare a galeriilor din zonă. Sper, că în viitorul apropiat, și aceste galerii, vor fi identificate, cercetate și valorificate.



În anul curent se împlinesc 40 de ani de la începutul cercetărilor în SC ER. În calitate de participant și organizator la o parte din expediții în peșteră, încerc să aduc lumină asupra unor probleme legate de cercetarea și valorificarea acestui important monument al naturii.

După anul 1945 în Zona carstică Criva-Drepcăuți s-au efectuat lucrări de prospecțiuni și exploarări geologice de diverse instituții de specialitate [1;2].

În 1954 a fost pusă în exploatare cariera de gips din prejma s. Criva, r-nul Briceni [Fig.2], utilizându-se explozibil la ruperea rocii.

În timpul lucrărilor de excavare, în cariera de gips au apărut câteva intrări în peșteră. [Fig.3].



Fig.3. Gura de peșteră.



Fig.4. Galerie subterană.

În anul 1969, cercetătorii Secției de Geografie a AȘ RSSM (AȘM), au efectuat o deplasare pe teren, cu scopul de a evidenția monumentele naturii din nord-vestul republicii și de a le lua sub ocrotirea statului. Cu această ocazie a avut loc prima descriere succintă a golurilor carstice, descoperite în cariera de gips [3].

Cercetările speologice în galeriile subterane [Fig.4]. au început în anul 1977, fiind organizate de către Secția de Geografie a AȘM, în special de conducătorul instituției Vasile Proca (Fig.5), doctor în geografie, savant și organizator de excepție. Echipa de speologi, din care făceau parte studenți ai Institutului Pedagogic de Stat din Tiraspol: N. Spânu, S. Naumenco, V. Botnaru, V. Țarigradschi, T. Obrucicova, V. Beloborodova, L. Șumulcov, N. Colestro și M. Duloglo, a fost condusă de Vera Nemțean-Verin (Fig.6), doctor în geografie, cercetător științific superior, savant, care a muncit cu devotament pentru dezvoltarea științei și ocrotirea naturii. Începând cu etapa pregătirii expedițiilor în SC ER și până la prezentarea materialului pentru publicare, un ajutor mare ne-a acordat șeful laboratorului de petrografie și geochimie al Institutului de Geofizică și Geologie al AȘM, Mihail Jeru (Fig.7), doctor în geologie și mineralogie, om de o rară omenie și competență profesională. După absolvirea Institutului Pedagogic, am fost invitat de Dumnealui să activez în cadrul laboratorului pe care îl conducea.



Fig.5. Vasile Proca.



Fig.6. Vera Nemțean-Verin.



Fig.7. Mihail Jeru.

Acești savanți au fost inițiatorii studiului fenomenelor carstice în RM. Ei au depus eforturi pentru identificarea surselor de finanțare a lucrărilor pe teren și în laboratoare, pentru găsirea și motivarea persoanelor care urmau să muncească în subteran, asumându-și riscurile. Echipa a fost constituită din tineri geografi, biologi, matematicieni, care sperau ca în cadrul AȘM să se înființeze, cel puțin, un grup de cercetare a fenomenelor carstice. Cu regret, odată cu trecerea prematură în eternitate a savantului Vasile Proca, Secția de Geografie, precum și alte Instituții ale AȘM, n-au organizat mulți ani cercetări tematice în SC ER.

Autorul și colegii, suntem recunoscători acestor savanți, care ne servesc drept modele în munca de cercetare, exemplu de omenie și dragoste față de pământul natal.

Materialul, colectat pe parcursul expedițiilor din anii 1977 - 1981, a fost prelucrat în laboratoarele de specialitate din cadrul AȘM, iar rezultatele, ulterior prezentate la diferite simpozioane, publicate în reviste științifice din țară și de peste hotare. Prima publicație științifică despre SC ER (Zolușca) a apărut în 1978 [4].

În anul 1982, la conferința organizată în cadrul AȘM, a fost prezentată comunicarea [5] unde s-a propus ca SC ER (Zolușca), care în URSS în acea perioadă era pe locul trei și pe locul 11 în lume, după lungimea galeriilor, să fie luată sub protecția statului și să se creeze în nord-vestul RM, o zonă recreativă.

În anul 1983, a fost editată o culegere de articole unde au fost publicate două lucrări cu referire la SC ER (Zolușca). În prima lucrare a fost prezentat materialul referitor la compoziția chimică a apelor subterane [6], iar în a doua - rezultatul nivelmentului unui sector de galerii din peșteră [7].

Un articol despre golurile subterane și perspectiva lor de utilizare a fost publicat în 1985 [8]. În această lucrare autorii argumentează necesitatea creării în cadrul AȘM a unui laborator sau cel puțin a unui grup de cercetare a fenomenelor carstice, evidențierea golurilor subterane, atât a celor carstice, cât și a celor artificiale, cu scopul de a fi utilizate ulterior în economia țării. S-a atras atenția la valoarea pe care o au peșterile, grotle și pseudocarstul în societate, pentru cercetare, în procesul de educație și în scopuri practice.

Secția de Geografie a AȘM, condusă de A. Levadniuc, dr. hab. în geografie, a adresat scrisoarea nr. 23-1256-12 din 10.01.1985 către Ministerul Industriei și Materialelor de Construcție, în care se recomanda: „Pentru păstrarea complexului natural

“Cenușăreasa”, având o importanță mare pentru știință, considerăm oportun permutarea carierei de exploatare a gipsului din s. Criva în s. Drepcăuți, unde rezervele de gips sunt estimate la 25 mln.m<sup>3</sup>. Cariera din s. Criva cu peștera “Cenușăreasa” de pe teritoriul RM, de transmis Ministerului Sănătății și Consiliului Republican pentru turism, care în baza peșterii și a apelor subterane curative, ar putea crea un centru de cercetare, sanatorial și centru de speoturism. În afară de aceasta, amenajarea peșterii, după o cercetare detaliată, ar avea o importanță militaro-strategică și de apărare”.

După destrămarea URSS și declararea independenței RM, se creează Departamentul de Stat pentru protecția Mediului înconjurător și a Resurselor Naturale, și a Direcției Rezervației naturale și Fondul genetic. Prin hotărârea de Guvern nr. 664 din 28.11.1991, este luată sub protecția statului peștera de origine carstică din prejma satului Criva, r-nul Briceni, monument geologic de importanță europeană. Tot prin această hotărâre denumirea peșterii a fost schimbată, în onoarea fondatorului biospeleologiei, vestitului savant român cu renume mondial, Emil Racoviță.

Șeful Direcției sus menționate, dr. I. Bejenaru a reușit să organizeze în perioada 26 - 31 octombrie 1992, o vizită a unei delegații din partea Institutului de Speologie Emil Racoviță al Academiei de Științe a României și a Federației Franceze de Speleologie.

În rezultatul vizitei acestei delegații, în anul 1994, s-au inițiat colaborări conform programului cadru de cercetare științifică între Institutul de Speologie din București, Institutul Național de Ecologie al RM și Laboratorul Subteran de la Moulis, Franța, semnat din partea RM de către dl m.c. Ion Dediu.

La 21 noiembrie 1995 la Chișinău vin trei reprezentanți ai Institutului de Speologie din București, C. Goran, V. Horoi și C. Silviu, care inițiază un plan de colaborare pentru anul 1995 cu omologii săi din cadrul Institutului Național de Ecologie. Din cauza lipsei surselor financiare, dar și a indiferenței unor demnitari de stat, planul de colaborare nu a fost realizat.

Institutul de Speologie Emil Racoviță din București organizează, odată la doi ani, Simpozionul internațional de carstologie teoretică și aplicată. La lucrările acestui Simpozion am avut ocazia să particip la Băile Herculane (1992), și la Băile Felix (1994).

La lucrările Simpozionului de carstologie teoretică și aplicată organizat la Băile Herculane, între 23 - 27 mai 1997 a participat M. Bolfos, dr., cercetător științific superior în cadrul Institutului de Geografie al AȘM.

În cadrul prezentărilor menționate s-a utilizat planul-schiță elaborat în baza materialelor de cartare efectuate în peșteră pe parcursul anilor 1977 - 1981 [Fig.8].

În 2001 a fost expediat un material despre SC ER la simpozionul din Franța, care a avut loc la 6-7 octombrie, organizat de Clubul Speleologic din Paris în Lisle-en-Rigault (Meuse) [9].

În 1999 Departamentul Standarde, Metrologie și Supraveghere tehnică al RM, după un caz tragic, prin dispoziția nr. 21/10 din 21 octombrie 1999 a însărcinat SA”Criva- Knauf” să închidă intrarea în SC ER. Este un caz, când o instituție de stat, în loc să protejeze monumentul geologic de însemnătate europeană, emite o dispoziție pentru blocarea intrării. S-a blocat nu intrarea în fântână, care are 35 m adâncime, dar intrarea naturală în peșteră de la fundul fântânii prin betonare și acoperire cu rocă sterilă din carieră.

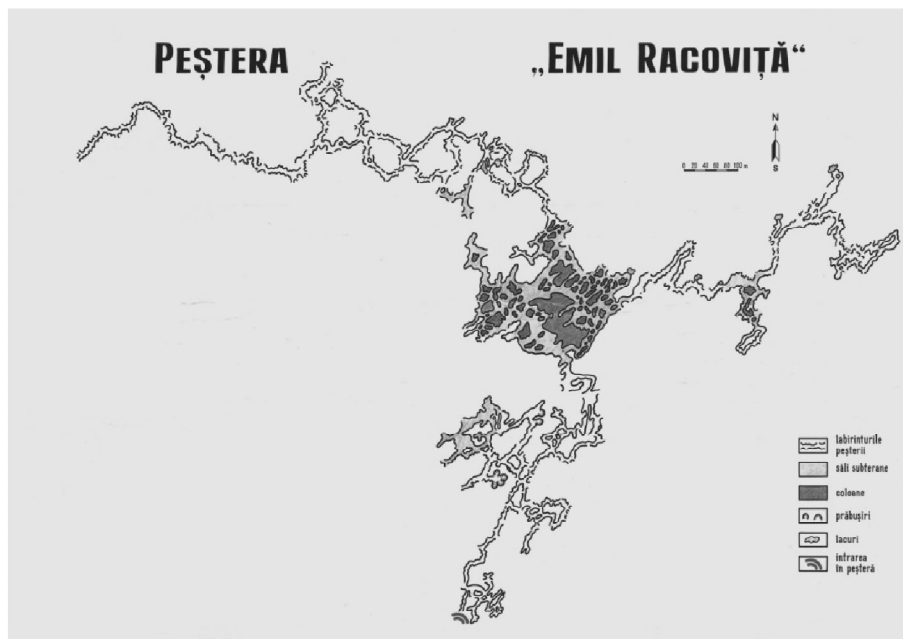


Fig. 8. Planul-schiță a principalelor galerii subterane ale SC ER.

Din 1999 și până în 2005 în galeriile SC ER, monument al naturii protejat de Stat, n-a avut posibilitate să intre nici o persoană.

În luna iunie 2004, în urma presiunii opiniei publice, președintele RM a efectuat o vizită de documentare în satul Criva și la cariera de gips. Ca rezultat s-a decis crearea unei comisii guvernamentale, care să examineze în complex situația creată în SC ER.

La 10 iunie 2004, prin dispoziția nr. 79d, se constituie Comisia guvernamentală, cu scopul examinării impactului exploatării carierei de gips "Criva-Knauf" asupra mediului și a monumentului naturii Peștera „Emil Racoviță”, precum și în vederea elaborării măsurilor de redresare a situației din domeniu.

În concluzia comisiei sunt și următoarele puncte, ce se referă nemijlocit la SC ER:

- elaborarea unui program vast de cercetări științifice complexe de lungă durată (geografice, geologice, hidrogeologice, biologice, geochimice etc.) a peșterii „Emil Racoviță” și continuarea colaborării cu Instituțiile de specialitate din alte țări, care au experiență în privința cercetării, protejării și valorificării peisajelor subterane;

- de stabilit și de reactualizat legal hotarele peșterii „Emil Racoviță” și perimetrul minier al carierei de gips a ÎM „CMC- Knauf” în planurile ei de activitate și ale primăriei s. Criva. De delimitat, prin marcarea pe teren cu borne, hotarele conform cerințelor „Legii privind Fondul ariilor naturale protejate de Stat”;

- de examinat în cadrul unei comisii, starea tehnică și corespunderea proiectului a intrării centrale în Peșteră și de elaborat proiectul de amenajare a intrării a doua în Peșteră, cu alocarea resurselor financiare suplimentare, inclusiv și antrenarea firmei ÎM „CMC-Knauf”, coordonând sarcina de proiect cu instituțiile corespunzătoare.

Pe parcursul a patru decenii în SC ER au fost organizate multiple evenimente sportive la nivel unional, la care au participat persoane din spațiul ex-sovietic și din alte țări. De asemenea au fost organizate expediții științifice, cu participarea cercetătorilor din

cadrul instituțiilor de specialitate din Federația Rusă (Institutul de carstologie și speologie, or. Permi), Ucraina (Institutul Ucrainean de speologie și carstologie or. Simferopol), cluburile speologice "Troglodit" din Cernăuți, „Abis” din Chișinău etc.

O lucrare de sinteză a studiului în peșteră, efectuat de cercetătorii din Ucraina, Rusia și alte țări, reprezintă monografia «Пещера Золушка» [10], autor V. Andreiciuc, care actualmente activează în Polonia. La inițiativa lui și a colegilor săi, la Cernăuți, în luna mai 2009, a avut loc conferința Internațională "Speogeneza și hidrogeologia carstului bazinelor arteziene". Participanții au avut posibilitatea să viziteze și SC ER.

La 21.06.2004, prin decizia Consiliului de administrare a Fondului Ecologic Național, a demarat finanțarea lucrărilor la proiectul nr. 3/510-831 „Estimarea ecologică complexă a SC „Emil Racoviță”, condus de V. Țarigradschi, director al RNS „Pădurea Domnească”. Cu părere de rău, din cauza, că intrarea în peșteră era blocată, n-a fost posibilă finalizarea tuturor obiectivelor proiectului.

În 2004, ÎM „CMC-Knauf” informează Ministerul Ecologiei și Resurse Naturale și Agenția Națională pentru Supraveghere tehnică prin scrisoarea nr.13-688 din 06.12.2004, că intrarea în peștera Emil Racoviță și terenul aferent, a fost transmis Primăriei s. Criva și că Serviciul ingineresc al întreprinderii, lucrează asupra planului de deblocare a intrării în peșteră. Aproape peste un an, ÎM „CMC-Knauf”, informează prin scrisoarea nr.13-667 din 06.09.2005, că intrarea în peștera Emil Racoviță a fost deblocată și se poate intra în galeriile subterane.

Prin decizia Consiliului de administrare a Fondului Ecologic Național, Institutul de Geologie și Seismologie (IGS) al AȘM a obținut finanțare la realizarea proiectului nr. 13/950-1348 din 26.12.2005 „Estimarea ecologică complexă a zonei carstice Criva-Drepcăuți”, condus de dr. hab. C. Moraru. În baza materialelor obținute a fost editată monografia „Carstul în gipsurile din nord-vestul Moldovei”, precum și alte articole științifice [11 - 14].

În luna mai 2006, IGS al AȘM a încheiat un protocol de colaborare cu Institutul de Speologie Emil Racoviță din București, având obiectivele: organizarea de expediții carstologice-speologice pe teritoriul României și RM, schimb de cercetători, vizite de documentare și stagii de lucru comune, participarea la obținerea granturilor (interne și internaționale) și efectuarea în comun a cercetărilor respective etc. La lucrările de cartare în peșteră, au participat dr. A. Petculescu, dr. M. Vlaicu și V. Toma, fiind și coautori ai monografiei menționate mai sus.

IGS al AȘM, în luna septembrie 2008, a început cercetările în baza Contractului C-05-96 din 01.09.2008, „Estimarea influenței carierei Criva asupra ecosistemelor acvatice, aeriene și de suprafață terestră a teritoriilor limitrofe, ținând cont de geochimia rocilor sterile și de zăcământ”. Responsabil de proiect dr. hab C. Moraru [15 - 18].

## Concluzii

Membrul corespondent al AȘM, Ion Dediu, ex-ministru al mediului din RM, în articolul, „Emil Racoviță - savant de talie mondială”, publicat în revista Natura (octombrie 1995) menționa: „*N-ar fi deloc lipsită de sens ideia de a propune includerea peșterii Emil Racoviță în Patrimoniul Natural Mondial. Spre marele nostru regret, dar și rușine, organele oficiale abilitate cu răspunderea pentru conservarea acestui monument al naturii, nu prea își demonstrează interesul și grija de rigoare. Constatăm o atitudine condamnabilă. Mă refer la Guvernul republicii, comitetul executiv Briceni, primăria Criva,*

*instituții publice care pur și simplu nu respectă nu numai Statutul peșterii „Emil Racoviță”, dar și Legea cu privire la protecția mediului înconjurător al RM”*

În România, în anii grei de după război, Academia de Științe a României și Institutul de Speologie au reușit să construiască prima stație laborator instalată într-o peșteră, fapt despre care menționa Simion Saveanu într-o publicație de ziar: „În comuna Călugăreni, satul Cloșani, din raionul Baia de Aramă, se află o minunată peșteră, care nu demult a fost declarată monument al naturii. La gura acestei peșteri se construiește prima stațiune speologică experimentală din țara noastră. Este vorba de o stație-laborator cu ajutorul căreia se vor face experiențe chiar în mediul de viață al animalelor cavernicole. Această stație va cuprinde toată aparatura științifică necesară. Aici se vor face experiențe cu diferite specii de crustacee, miriapode și insecte a căror viață va fi urmărită atât în condițiile normale ale mediului din peșteră, cât și prin cultivarea lor în laborator. De asemenea, se planifică studierea și a altor specii de viețuitoare din caverne. Prin intrarea în funcțiune a primei stații-laborator într-o peșteră se va da curs uneia din cele mai vii dorințe ale regretatului prof. Emil Racoviță, care voia să supună la un studiu experimental animalele cavernicole, chiar în mediul lor de viață”.

SC ER este amplasat geografic la graniță cu România, unde în partea de nord are zone turistice de excepție, cu rezervații peisagistice și monahale, precum și cu Ucraina, care de asemenea în vecinătate are două peșteri gigantice și diverse monumente de istorie și arhitectură. În acest context se impune necesitatea elaborării unui proiect multidisciplinar și interstateal, care să includă lucrări de cercetare și valorificare a zonelor protejate din România, R Moldova și Ucraina.

Sperăm foarte mult, că Republica Moldova, mediul academic, va reuși să atragă persoane interesate și instituții de profil din țară și de peste hotare, pentru a transforma Sistemul Carstic „Emil Racoviță” într-o **Stație-laborator Internațională**, care poate deveni **carte de vizită** a țării, unde oamenii de știință vor avea posibilitate să facă diverse cercetări.

### Bibliografie

1. Крылов С. А. Отчет о детальных геологоразведочных работ, проведенных на Кривском месторождении гипса в 1946-47г.г.- Отчет, фонды АГеоМ, Р. Молдова. 1947.
2. Яцко И.Я., Демидов К.К., Розовский Л.Б. Гидрогеология Кривского месторождения. 1957.
3. Предложения Отдела географии АН МССР. О взятии под государственную охрану геологических, ландшафтных, лесных и других природных объектов на территории Молдавии. Кишинев, Штиинца, 1973.
4. Верина В. Н., Прока В. Е., Спыну Н. И., Науменко С. А., 1978. Карстовая пещера Золушка. - Изв. АН МССР, №2. стр.76-82.
5. Ботнару В. Б., Цариградски В. В., Данилеску И. К., Подземные пустоты Молдавии, их научное и рекреационное значение. Природная среда и территориальная организация хозяйства в районах агропромышленного производства. Кишинев, 27-29 октября 1982г., стр.179-180.
6. Верина В. Н., Ботнару В. Б., Цариградски В. В. Минеральный состав вод Кривской карстовой пещеры. Географические исследования и территориальная организация хозяйства. Кишинев, Штиинца, 1983, стр.125-132.
7. Верина В. Н., Ботнару В. Б., Данилеску И. К. Результаты нивелирования 1979 г. фрагмента Кривской пещеры. Кишинев, Штиинца, 1983, стр.133-137.

8. Верина В. Н., Ботнару В. Б., Подземные пустоты и перспективы их хозяйственного использования. Природные ресурсы Молдавии и их рациональное использование. Кишинев, Штиинца, 1985, стр.153-158.
9. Botnaru V., 2001. Étude des composés chimiques de métaux lourds dans la grotte de gypse "Emil Racovita" (Zolusca, Moldavia). Actes onzième rencontres d'octobre nr.11, Lisle-en-Rigault (Meuse), 6 - 7 Oct. 2001, p. 21 - 24.
10. Андрейчук В. «Пещера Золушка» 2007. Сосновец-Симферополь. стр. 406.
11. Moraru C., Arnaut N., Botnaru V., Melniciuc O., Gâlcă G., Budeșteanu S., Matveeva E., Cadocinicov O., Moraru O., Vlaicu M., Petculescu A., Toma V. Carstul în gipsurile din nord – vestul Moldovei. AȘM, «Elena», 2008, 195 p.
12. Ботнару В. Б., Болотин О. А., Морару К. Е. Геологические особенности глинистых отложений карстовой системы Емил Раковицэ. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, nr. 2, 2011. Chișinău. стр. 36-47.
13. Ботнару В., Морару О., О геохимии донных отложений карстовой системы Емил Раковицэ. Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM, nr. 1, 2008. Chișinău. стр.52 - 65.
14. 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, nr. 2, 2009. стр.69 - 83.
15. Морару К. Е., Стасьев Г. Я., Ботнару В. Б., Матвеева Е. Н., Морару О. К. «Распределение тяжелых металлов в почвенном покрове, прилегающем к горным разработкам (на примере Кривского гипсового карьера, Молдова)». Материалы III Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы северного причерноморья» (Тирасполь, 22 - 23 октября 2009 г.), стр.138 - 140.
16. Недеалков С. И., Морару К. Е., Стасьев Г. Я., Стрэжеску О. И., Ботнару В. Б., Матвеева Е. Н. О радиоактивности горных пород гипсового карьера „Крива”. Материалы III Международной научно-практической конференции «Геоэкологические и биоэкологические проблемы северного причерноморья» (Тирасполь, 22 - 23 октября 2009 г.), стр.144 - 149.
17. Arnaut N., Moraru C., Moraru O., Botnaru V. Processes of groundwater mixing in a river. The V International Conference – Symposium ecological chemistry 2012. March 2 - 3, 2012, Chisinau.
18. Moraru C., Stasiev G., Botnaru V. Heavy metal distribution in the top of soil profile (case study, quarry influence). The V International Conference – Symposium ecological chemistry 2012. March 2-3, 2012, Chisinau.

*Primit la redacție – 27/09/2017*

УДК 556.56. (478.9)

Арнаут Н.А.

## Эколого-гидрологические основы восстановления естественного режима малых рек Молдовы

### Abstract

*Based on the review and analysis of various published materials on small rivers of the Republic of Moldova, an analysis of methodological and organizational measures to restore them has been carried out. It includes a description of the general problems of the restoration of small rivers, basic ecological and hydrological requirements, empirical and theoretical formulas for calculating the stable cross-sections and the plan form of the meandering channel, and designing the channel route for regulating and restoring the natural hydrological and channel regime of the river. The above information can be used in the development and planning of water protection measures on small rivers*

**Keywords:** *small rivers, plan form, regulation of channel, restabilization of regime.*

### Rezumat

*În baza datelor generalizate din diverse publicații științifice referitor la râurile mici din Republica Moldova, a fost efectuată analiza măsurilor metodice și organizatorice de restabilire a lor. Ea include caracteristica problemelor generale de restabilire a râurilor mici, cerințele de bază eco-hidrologice, formule empirice și teoretice de calcul a secțiunilor stabile perpendiculare și forma plană a albiei cu meandre, proiectarea traseului albiei cu scopul de regularizare și restabilire a regimului hidrologic natural. Datele prezentate pot fi utilizate la elaborarea și planificarea măsurilor de protecție pe râurile mici.*

**Cuvinte cheie:** *rîuri mici, forma de plan, regulizarea albiilor, restabilirea regimul.*

### Резюме

*На основе обзора и обобщения различных опубликованных материалов о малых реках Республики Молдова, выполнен анализ методических и организационных мер по их восстановлению. Он включает характеристику общих проблем восстановления малых рек, основные эколого-гидравлические требования, эмпирические и теоретические формулы расчета устойчивых поперечных сечений и плановой формы меандрирующего русла, проектирование трассы русла для целей регулирования и восстановления естественного гидрологического и руслового режима реки. Приведенные сведения могут быть использованы при разработке и планировании водоохранных мероприятий на малых реках.*

**Ключевые слова:** *малые реки, плановая форма, регулирование русел, восстановление режима.*

### Введение

Понятия восстановления, рационального использования и охраны малых рек тесно взаимосвязаны, хотя и определяют различные аспекты взаимодействия человека и природы. Термин «восстановление» появился в последние годы в связи с назревшей проблемой возрождения деградирующих малых рек как природных объектов. Он охватывает широкий комплекс мероприятий по восстановлению (или,



по крайней мере, оптимизации) гидрологического, руслового и гидравлического режимов рек, условий формирования качества воды и водных экосистем. В связи с этим в данной работе на основе анализа исследований различных аспектов малых рек Молдовы, выполненных под руководством Никора В.И., с участием Суходолова А.Н. и других, в том числе автора статьи, анализируются основные экологические и гидрологические проблемы восстановления малых рек Республики Молдова.

Согласно мнению указанных и других авторов, [1, 2, 3, 4], в основе мероприятий по восстановлению малых рек должен быть комплексный подход. Планируемые меры должны охватывать как непосредственно русло реки, так и ее водосбор. Рассматриваются методические и организационные меры для реализации восстановления малых рек Республики. Полученные результаты исследований малых рек Молдовы позволили предложить способы расчета устойчивых поперечных сечений русел и их извилистой формы в плане. Эти меры ориентированы на решение задач восстановления естественного гидрологического и руслового режима малых рек. Приведенные сведения могут быть использованы водохозяйственными и природоохранными организациями для планирования мероприятий на малых реках. Кроме того, они составляют научную основу дальнейших исследований малых рек с целью обоснования мероприятий по интенсификации процессов самоочищения и восстановления водных экосистем.

### **Материалы и методика**

В связи с отсутствием обобщенных систематических данных по русловому режиму и гидравлике малых рек, возникла необходимость комплексного подхода к изучению отмеченных вопросов. Были выделены четыре основных направления исследования: общий гидроморфологический анализ, исследование русловых форм, характерных для малых рек Молдовы, анализ гидравлического режима и экспериментальные исследования полей осредненных скоростей и турбулентности малых рек. Первое направление, включало определение качественных и количественных характеристик основных факторов руслоформирования (жидкого, твердого стока и ограничивающих факторов). Другой задачей было выявление антропогенных воздействий, трансформирующих русловую и гидравлический режим малых рек, а также определение характерных для рек региона типов руслового процесса и типизацию их русел. Второе направление предусматривало качественную и количественную оценку русловых форм разных структурных уровней. В рамках третьего подхода был выполнен анализ гидравлического режима малых рек и устойчивости их русел. Он включал исследования гидравлических и морфометрических характеристик русел, их временную и пространственную изменчивость. Помимо отмеченного, это направление предусматривало разработку модели гидравлического режима малых рек и получение статистических характеристик пульсационных скоростей.

Общее научно-методическое, организационное руководство и научные результаты по вышеперечисленным направлениям принадлежат руководителю тематики Никора В.И. (1990). Основные результаты обобщены в [1, 2, 3, 5] Кроме того, большой научный и практический вклад в решение перечисленных направлений внес Суходолов А.Н. [2]. Автор данной статьи принимал активное научное и практическое участие в исследованиях по первой и второй направлениям. Сформулированные выше направления исследований потребовали проведения

комплексных натурных исследований. Были привлечены и выполнен анализ имеющихся топографических карт масштаба 1:25000, выполненные по съемкам 1949, 1957-1958 гг. и изданные в 1969-1971 годах, а также карт масштаба М:10000, составленные по съемкам последних лет, материалов аэрофотосъемок различных масштабов, данных гидрологических наблюдений и другие. Анализ топоматериалов был использован для определения типов руслового процесса и динамики русловых форм на структурных уровнях макроформ и морфологически однородных участков. При этом, были использованы общепринятые в русловых исследованиях методики [6, 7, 8, 9, 10], в основе которых положены методические приемы гидроморфологической теории Государственного Гидрологического Института, г. Санкт-Петербург (гидроморфологический анализ и др.).

Гидравлический режим малых рек исследовался на основе данных гидрологических наблюдений на водомерных постах Республики Молдова.

Натурные исследования проводились по двум направлениям. Первый включал маршрутные исследования рек и сбор различных натурных данных о малых реках территории. Второй подход предусматривал долговременные натурные комплексные наблюдения за изменением во времени различных характеристик русловых форм и гидравлических характеристик потока на двух стационарных участках (р. Когильник, с. Гура Галбене, р. Сальча, с. Мусаид). Эти наблюдения велись с целью количественной оценки изменения во времени руслового процесса малых рек. Результаты указанных исследований обобщены в работе [1].

### **Анализ общих проблем восстановления малых рек**

По степени сложности согласно [1], процессы восстановления можно разделить на две группы. В рамках первой группы, не требующей больших дополнительных научных исследований, необходимо безотлагательно и неукоснительно выполнить меры по охране малых рек. Они намечены целым рядом правительственных решений и до сих пор, к сожалению, не реализованы. В первую очередь это касается создания водоохраных зон вдоль русел малых рек, их массового облесения, предотвращения сбросов неочищенных сточных вод. Кроме того, необходимо проведение различных противоэрозионных мероприятий, очистки русел от загрязненных донных отложений. При этом весьма важно, чтобы указанные мероприятия проводились комплексно и не в рамках административных районов, а по конкретным бассейнам рек в целом, т.е. по бассейновому принципу.

Вторая группа охватывает мероприятия, требующие глубокого научного обоснования и позволяющие существенно ускорить процессы восстановления. Примерами таких мероприятий могут служить повышение водности рек до естественного уровня, оптимизация режима увлажнения пойм, восстановление плановых форм русел (излучин и т.д.), интенсификация гидрофизических факторов самоочищения рек и др. Так, например, даже полная глубокая очистка сточных вод проблему улучшения качества вод до конца не решает, так как в них поступает загрязненный поверхностный сток, возможность предварительной очистки которого, весьма проблематична.

Альтернативный путь улучшения качества речных вод состоит в интенсификации процессов самоочищения непосредственно в руслах рек. При этом, определяющая роль в самоочищении принадлежит гидрофизическим процессам: турбулентному перемешиванию, взаимобмену наносами между

потоком и руслом, переносу наносов, процессам аэрации воды и др. По оценке западных специалистов, [4] и накопленному опыту, реализация такого подхода оказывается достаточно эффективной, как в смысле улучшения качества вод, так и в смысле экономических затрат. Конечной целью восстановления является приведение рек в состояние экологического благополучия, предполагающего нормальное воспроизводство основных звеньев водных и пойменных экосистем. Жесткие критерии и универсальные пути восстановления малых рек вряд ли могут быть выработаны, что обусловлено, видимо, сложностью и многообразием факторов их формирования и различной степенью пораженности антропогенными воздействиями. В связи с этим, при решении задачи восстановления малых рек для каждой конкретной реки необходим учет индивидуальных особенностей.

Рациональное использование и охрана малых рек предполагает планирование и реализацию хозяйственного освоения их бассейнов с учетом сохранения качества вод, нормального функционирования водных и пойменных экосистем. Такой подход вполне правомерен для экологически благополучных рек, в противном случае должен быть дополнен восстановительными мероприятиями. В организационном плане оздоровление малых рек следует осуществлять в рамках комплексных схем восстановления. По своему статусу они должны иметь нормативный характер и разрабатываться на основе всесторонних гидрологических, гидродинамических, гидрохимических, биохимических, биологических и др. исследований. Важное место в научном обосновании указанных комплексных схем занимают вопросы формирования русел, гидравлики и гидродинамики рек. Являясь абиотическими факторами речных экосистем, они играют определяющую роль в их функционировании и в процессах формирования качества воды. Существует широкий круг восстановительных задач, где требуется проведение специальных расчетов, основанных на знании закономерностей формирования русел, гидравлического режима рек, транспорта наносов и речной турбулентности. К основным из них относятся определение распространения загрязнений в реках (как в растворенном виде, так и переносимых речными наносами), регулирование русел для экологических целей, очистка русел от загрязненных донных отложений, гидравлические промывки русел, интенсификация гидродинамических факторов самоочищения рек и др. Указанные задачи, по сути дела, составляют новый, мало-разработанный раздел речной гидравлики, формирующийся на стыке с экологией. Методологическая основа этого раздела только начинает создаваться и, по всей видимости, будет охватывать разнообразные методы и подходы, позволяющие решать сложные эколого-гидравлические задачи. Используемые при этом, расчетные методы должны быть обоснованы как с точки зрения экологии рек, так и с позиции общей теории руслового процесса и речной гидродинамики. Попытка разработки такого подхода представлена ниже и касается расчетов экологически оптимального регулирования русел малых рек для целей их восстановления, рационального использования и охраны.

### **Основные эколого-гидравлические требования для восстановления гидрологического режима малых рек**

Качественный и количественный анализ влияния гидрологических факторов на экосистемы реки и ее поймы требует выполнения следующих условий, учет которых, на наш взгляд, целесообразен при решении задачи экологически оптимального регулирования:

-среднеголетний уровень воды в восстановленном русле должен незначительно отличаться от естественного;

-режим затопления поймы (частота и продолжительность) должен соответствовать естественному или быть близким к нему;

-восстановленное русло реки должно обладать статистической устойчивостью;

-должно быть обеспечено разнообразие гидравлических и морфологических условий, определяющие разнообразие среды обитания водных экосистем.

Первые два из приведенных требований определяют восстановление режима увлажнения поймы и, тем самым, обеспечивают условия нормального функционирования экосистем поймы. Третье требование подразумевает сохранение восстановленным руслом в течение длительного времени пропускной способности при практической устойчивости (отсутствие однонаправленных деформаций типа «размыв» или «заиление», сохранение среднегодовых отметок дна неизменными). Важным экологическим условием является четвертое требование, поскольку степень разнообразия среды обитания тесно связана с разнообразием и устойчивостью функционирования водных экосистем. Перечисленные требования не являются, очевидно, всеобъемлющими и при необходимости могут быть дополнены.

Ниже представлены способы расчета поперечного сечения русел и их формы в плане, учитывающие экологические требования как по сути, так и посредством специального задания расчетных параметров. В их основе лежат результаты морфометрических исследований излучин малых рек и их гидравлического режима, полученные для малых рек Молдовы [1,2,3,5]. Укажем также возможные области применения предлагаемых расчетных схем: восстановление спрямленных на значительном протяжении русел, очистка их от загрязненных донных отложений, обводнение рек, инженерное регулирование русел с учетом экологических требований др.

### **Расчет устойчивых поперечных сечений для целей регулирования русел**

Для расчета устойчивых поперечных сечений русла необходимы: данные о пропускной способности русла  $Q_0$  (расход воды на уровне русловых бровок), уклон дна реки  $I_d$ , коэффициент шероховатости  $n$  при полном наполнении русла, параметр Гришанина  $M$ , предельный угол устойчивого откоса грунта в воде  $\beta$ , характеристики твердого стока. Перечисленные параметры определяются с учетом специфики решаемой задачи и данных изысканий.

Расчет ширины русла на уровне бровок проводится на основе зависимости:

$$B_b = \left\{ \frac{1}{M^{20/7}} (g^{5/2} n_0^6 Q_0) / I_d^3 \right\}^{2/7}, \quad (1)$$

где:

$B_b$ - ширина русла на уровне бровки;

$M$ -параметр устойчивости русла Гришанина К.В.;

$Q_0$ -расход воды на уровне русловых бровок;

$I_d$ - уклон дна,

$g$  -ускорение силы тяжести;

$n_0$  –коэффициент шероховатости при полном наполнении русла, полученной в результате решения уравнений Шези и квазиравномерного движения [11,12].

Расчет средней глубины при полном наполнении русла производится по зависимости:

$$h_b = M \left[ Q_0^{\frac{1}{2}} / (gB_b)^{\frac{1}{4}} \right], \quad (2)$$

где  $h_b$ -глубина при полном наполнении русла.

Расчет параметров уравнения параболического поперечного сечения русла с показателем степени  $r$  рассчитывается по формуле:

$$r = (B/2h_b)m_0 \tan(\beta - 1), \quad (3)$$

где:

$r$  - показатель степени параболического поперечного сечения русла;

$m_0$  – коэффициент запаса (вводится из соображений повышения устойчивости береговых откосов и назначается с учетом особенностей конкретной решаемой задачи, ее величина не превышает 1.0);

$\beta$  - предельный угол устойчивого откоса грунта в воде. Предельный угол устойчивого откоса грунта в воде определяется по аналогии с углом заложения откосов в каналах.

Расчет параметра  $C$  осуществляется по зависимости:

$$C = (2/a)^r (r + 1/r) \quad (4)$$

$$a = B/h^{1/r} \quad (5)$$

$$Z = Cb^r, \quad (6)$$

где:

$Z$ -отметка дна;

$b$ -поперечная координата, отсчитываемая от оси симметрии русла.

Конечным результатом предлагаемой расчетной схемы являются параметры уравнения (6), что позволяет производить расчеты поперечного сечения при любой заданной дискретности поперечной координаты  $b$ . Заглубление русла, определяемое как разность между уровнем бровок и минимальной отметкой дна, соответствует максимальной глубине при полном наполнении русла и рассчитывается по соотношению:

$$H_m = h(r + 1/r) \quad (7)$$

Следует отметить, что по структуре рассмотренный способ аналогичен методу подобия К.В. Гришанина [7, 11, 12]. Принципиальное различие между ними заключается в форме описания поперечного сечения русла и его взаимоувязке с основными гидравлическими зависимостями. Так, в методе Гришанина К.В. расчет ориентирован на трапециидальное поперечное сечение, что позволяет соблюдать условия лишь при одном заданном расходе воды  $Q_0$ . При отклонении от  $Q_0$ , условие не выполняется.

$$M = \left[ \frac{h(gB)^{\frac{1}{4}}}{Q^{\frac{1}{2}}} \right] = const$$

Отмеченные особенности метода подобия обусловлены его направленностью на расчет каналов. В случае естественных русел требуется соблюдение условия устойчивости  $M=const$  при любых колебаниях расхода воды, не превышающих пропускную способность русла. В предлагаемом автором [1] способе расчета указанное условие выполняется, что обеспечивается принятой схематизацией поперечного сечения и адекватностью модели, описанной в [1].

Для контроля предложенный способ целесообразно дополнить расчетом неразмывающих  $V_{nr}$  и незаилающих  $V_{nz}$  скоростей при различных наполнениях русла, при этом могут быть использованы хорошо зарекомендовавшие себя формулы Мирцхулава Ц. Е., Студеничникова Б. И, Гончарова В.Н, Замарина Е. А, Абальянца С. Х. и др.

В случае выполнения условия  $V_{nz} < V < V_{nr}$ , параметры  $C$  и  $r$ , рассчитанные по формулам (3) и (4), принимаются как окончательные ( $V$ -средняя скорость по сечению) [1]. При несоблюдении неравенства  $V_{nz} < V < V_{nr}$ , требуется повторение расчетов по предложенной схеме с учетом откорректированных исходных данных, (например, за счет изменения уклона дна русла, что возможно при достаточно широкой пойме).

Ограничение средней скорости в ( $V_{nz} < V < V_{nr}$ ) обеспечивает отсутствие значимых деформаций русла при любых наполнениях и, вместе с тем, допускает транспорт донных наносов в транзитной части потока в виде перемещающихся внутрирусловых форм. Основанием для такого заключения является условие активного транспорта наносов,  $V=(1.2-1.4) V_{nr}$ , и наличие скоростей в центральной части потока, примерно во столько же раз превышающих среднюю.

В заключение следует подчеркнуть, что условия ( $V_{nz} < V < V_{nr}$ ) не являются жесткими, так как при стационарных колебаниях гидрологических характеристик устойчивость русла будет обеспечиваться в статистическом смысле, сформулированном в [1].

Предложенная расчетная схема может использоваться как самостоятельно, так и как первый этап расчетов меандрирующего русла. Вторым этапом, в этом случае, является расчет плановой формы русла.

### **Расчет плановой формы меандрирующего русла реки**

В работе [4] выделяются четыре подхода при конструировании излучин малых рек при решении задачи их восстановления.

Первый подход, «под копирку», основан на восстановлении плановой формы русла в точности соответствующей прежней (т.е. имевшей место до вмешательства человеческой деятельности). Реализация второго подхода базируется на использовании эмпирических зависимостей, связывающих морфометрические характеристики излучин с гидравлическими и гидрологическими параметрами потока. Третий подход, названный автором [4] «приближенным к естественному», предусматривает естественное формирование меандрирующего русла, без предварительного придания ему извилистой формы. Четвертый, системный подход, основывается на анализе излучин и геоморфологической оценке нарушенной территории.

Анализ перечисленных подходов показывает, что вследствие произошедших за последние десятилетия изменений факторов руслообразования, региональности гидроморфометрических зависимостей и больших временных масштабов формирования русел, наиболее приемлимым является четвертый подход. При этом следует отметить, что системный подход включает, очевидно, элементы первых трех.

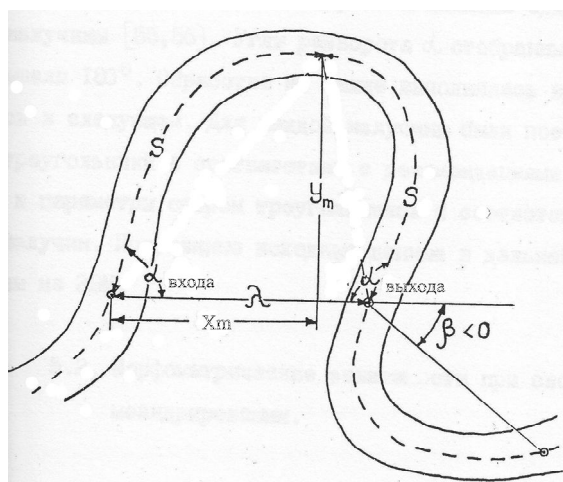


Рис.1. Основные измерители излучины, используемые для расчетов плановых форм при восстановлении спрямленных малых рек Молдовы.

$\alpha_{\text{ex}}$  – угол входа;

$\alpha_{\text{вых}}$  – угол выхода;

$x_m$  – расстояние от начала излучины до проекции вершины на линию шага;

$Y_m$  – высота излучины;

$S$  – длина излучины;

$\lambda$  – шаг излучины;

$\beta$  – угол сопряжения излучины с соседней излучиной.

Предполагаемый ниже способ расчета реализует именно этот подход. Его основу составляют как результаты морфометрических исследований малых рек Молдовы, так и фундаментальные закономерности формирования русел, имеющих общий характер [7, 8, 9]. Наиболее важными из них для рассматриваемой задачи представляются следующие:

1. Плановая форма излучин и их морфометрические зависимости при углах разворота  $\alpha$  от 0 до 115° удовлетворительно описываются формулами:

$$y = y_m \sin\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)x \quad (8)$$

$$\frac{Y_m}{\lambda} = \frac{1}{\pi} \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (9)$$

$$\frac{S}{\lambda} = \left\{ \left[ \int_0^\lambda \sqrt{1 + \tan^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cos^2\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)x} \right] dx \right\} / \lambda \quad (10)$$

$$K = \frac{I_0}{I} = \frac{S}{\lambda} \quad 0 < K < 1,44 \quad 0 < \alpha < 115^\circ, \quad (11)$$

где  $K$ -коэффициент извилистости меандрирующего русла. Численное интегрирование позволяет представить (10) также в табличной форме (табл.1).

Таблица 1.

Численные значения функции,  $S/\lambda = f(\alpha)$ 

$S/\lambda$	1,00	1,01	1,03	1,06	1,10	1,15	1,21	1,31	1,44
$\alpha$ , рад.,	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Связь шага излучин с шириной потока является линейной и может быть выражена соотношением  $\lambda = nB$ , где  $n \approx 6$ . К достоинствам указанных аппроксимирующих выражений относится их простота и доступность при конструировании меандрирующего русла.

2. Для прогноза развития руслового процесса на восстановленных участках следует использовать метод гидроморфологического анализа и вытекающие из него критериальные условия, установленные Сниценко Б.Ф. [8,10]. При конструировании меандрирующих русел важное значение имеет также понятие морфологически однородных участков, в пределах которых наблюдается однородность характеристик долины, поймы, слагающих грунтов, растительности других факторов руслообразования.

3. Гидравлические сопротивления меандрирующего русла при 3. коэффициентах извилистости от 0 до 1,44 соответствующих диапазону  $0 < \alpha < 115^\circ$  не существенно отличаются от сопротивлений прямолинейных русел [7]. Это дает основание варьировать уклоном дна русла при расчетах поперечных сечений по приведенному выше способу в пределах  $I_o \approx (1/1.44)I_o$ , так как вряд ли следует ожидать значимого изменения его пропускной способности за счет придаваемой извилистости.

4. Меандрирующему руслу свойственно чередование плесов и перекатов, приуроченных к соответствующим элементам излучин. С указанными формами руслового рельефа связана продольная изменчивость осредненных и пульсационных скоростей потока и мутности воды. Все это, вместе взятое, обеспечивает в меандрирующем русле разнообразие гидравлических и морфологических условий, необходимых для устойчивого функционирования водных экосистем [13,14].

Вместе с тем, искусственное создание нового русла с плесами и перекатами на практике трудноосуществимо. Выход из этого положения состоит в использовании стремления системы «поток-русло» к самоорганизации, т.е. через определенное время после ввода в строй меандрирующего русла с однородным по длине поперечным сечением поток сам воссоздаст плесы и перекаты в соответствии с плановой морфологией русла и гидрологическим режимом.

Вышеприведенные соображения и морфометрические зависимости дают возможность рекомендовать следующую расчетную схему.

1. Определение шага излучин проектного русла по соотношению  $\lambda = 6B$ , где в качестве  $B$  используется величина ширины русла на уровне бровок, рассчитанная по (1).

2. Определение коэффициента извилистости  $K$ , как отношения уклона долины к расчетному уклону, принятому в расчетах поперечного сечения.

3. Определение угла разворота излучин проектного русла в зависимости от  $K$  по таблице 1, составленной в результате расчетов по формуле (10).



4. Определение амплитуд излучин  $Y_m$  по формуле (9), в которую подставляются значения  $\lambda$  и  $\alpha$ , полученные в пунктах 1-3.

5. Оценка возможного развития руслового процесса при эксплуатации вновь созданного русла на основе расчета критерия Снищенко [8] и сопоставления полученных значений с критическим (таблица 2).

$$A = [(B_0/B_b)/(I_0/I)] , \quad (12)$$

где:

$B_o$  и  $I_o$  – ширина и уклон дна долины;

$B_b$  и  $I$  – расчетные значения ширины и уклона русла.

Таблица 2.

Критические значения Критерия А

Тип руслового процесса	Критерий А	$S_A$
Свобольное меандрирование	36,60	11,50
Незавершенное меандрирование	14,65	4,01
Пойменная многорукавность	7,93	2,43
Ограниченное меандрирование	5,93	1,34
Побочной тип	2,60	0,59
Русловая многорукавность	1,97	0,63

*Примечание:  $S_A$  – стандартное отклонение от средней величины А.*

Качественные и количественные характеристики представленных в таблице типов руслового процесса детально описаны в [8]. Здесь необходимо лишь отметить, что расчет поперечных сечений производится исходя из требований устойчивости русла, поэтому темпы плановых деформаций, соответствующих развитию процесса по указанным в таблице 2 типам руслового процесса, следует ожидать незначительными.

### Проектирование трассы восстанавливаемого русла

Процедура проектирования плановой трассы восстанавливаемого русла осуществляется путем наложения функции  $y=y_m \sin(\pi/\lambda) x$ , на среднюю линию дна долины (на карте). При расчетах ординат этой зависимости используются величины  $\lambda$  и  $Y_m$ , определенные в п.1 и п.4.

Расчеты по предлагаемым способам рекомендуются выполнять для участков с однородными условиями формирования русел. Для этого необходимо предварительное разбиение восстанавливаемой малой реки на морфологически однородные участки. Продольный профиль дна для каждого такого участка определяется по заглублиению проектного русла. Учитывая возможные различия в поперечных сечениях разных расчетных участков, требуется их сопряжение, которое может быть выполнено двумя способами:

- Плановым переходом одного поперечного сечения в другое (при этом сопрягающий участок должен быть достаточно продолжительным для минимизации продольных градиентов основных гидравлических и морфометрических характеристик);

- Устройством на границе расчетных участков специальных гидротехнических сооружений поперечного типа (например, низконапорных плотин, используемых также для дополнительной аэрации потока).

Следует также отметить, что расчеты по рекомендуемым способам целесообразно выполнять при различных (реально возможных) уклонах, углах берегового откоса, коэффициентах шероховатости и др. Результаты таких многовариантных расчетов рассматриваются с точки зрения соблюдения экологических требований, а также с учетом сопоставления с некоторыми характеристиками существующего русла, после чего принимается окончательный вариант.

В запроектированном в соответствии с приведенными схемами расчета русла на отдельных участках могут возникнуть значительные плановые и высотные деформации. Связано это с возможной неоднородностью грунтов, учесть которую в достаточной степени практически очень сложно. В связи с этим, целесообразно проведение специальных наблюдений за режимом восстановления русла с целью своевременного предотвращения возможных негативных последствий.

В заключение уместно привести соображения, высказанные по сути рассматриваемой проблемы одним из авторов книги [13]. «Не будет преувеличением назвать восстановление реки чрезвычайно сложным процессом, трудность которого обусловлена большим количеством переменных факторов до и после восстановления. Если восстановленное русло имеет неустойчивые зоны, их следует проанализировать и внести соответствующие коррективы как можно скорее. В течении некоторого времени после восстановления русло находится в состоянии саморегулирования, при этом проявляются лишь местные эффекты. Подобные эффекты наблюдались, например, в штате Вайоминг на руслах рек, восстановленных после добычи угля открытым способом. Однако в конечном итоге происходит гидрологическая стабилизация русла, нормализуется перенос и отложение наносов и устанавливаются характеристики стока, более благоприятные для обитания водных организмов.

### **Выводы**

Выполненный обзорный анализ дает основание сделать заключение о начале создания научных основ восстановления основных параметров русла и гидрологического режима спрямленных малых рек Молдовы. Они должны включать эколого-гидравлические требования, аналитические и эмпирические методы расчета устойчивых поперечных сечений для регулирования русел, расчет плановой формы меандрирующего русла реки и проектирование трассы восстанавливаемого русла. Указанный комплекс мер и рекомендации могут быть востребованы при разработке и реализации практических методов ускорения восстановления речных экосистем.

### **Литература**

1. Никора В.В. Русловые процессы и гидравлика малых рек. Изд-во Штиинца, Кишинев, 1992, 144 с.
2. Никора В.И., Суходолов А.Н. Эколого-гидравлические расчеты регулирования русел малых рек при обводнении. Препринт, Кишинев, 1991, 50 с.

3. Никора В.И., Арнаут Н.А., Науменко Ф.М. Факторы формирования русел малых рек Молдовы и их типизация. Препринт, Кишинев, 1991, 54с.
4. Хасфуртер В.Р. Использование параметров излучин для восстановления гидрологического равновесия в мелиоративных речных руслах. В кн. Восстановление и охрана малых рек. Теория и практика. М., ВО Агропромиздат, 1989, с. 44-62.
5. Восстановление и охрана малых рек. Теория и практика. М., ВО Агропромиздат, 1989, 311 с.
6. Никора В.И и др. Разработать модели руслового и гидравлического режима основных малых рек Молдовы с целью прогноза деформаций их русел и гидравлических характеристик потока. Отчет: Изучить поверхностный сток смыв почв и русловые процессы на орошаемых водосборах и разработать рекомендации по оценке и оптимизации влияния на них мелиоративных мероприятий. ИГГ, Кишинев, 1990.
7. Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. Л. Гидрометеиздат, 1981, 240 с.
8. Гришанин К.В. Основы динамики русловых потоков. М., Транспорт, 1990, 320 с.
9. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Снисенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л., Гидрометеиздат, 1982, 272 с.
10. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М., Изд-во МГУ, 1986, 264 с.
11. Снисенко Б.Ф. Связь типов русел с формами речных долин. Геоморфология, №1, 1985, с.18-25.
12. Гришанин К.В. Динамика русловых потоков. Л., Гидрометеиздат, 1979, 311с.
13. Гришанин К.В. Устойчивость русел рек и каналов. Л., Гидрометеиздат, 1974, 144 с.
14. Алтунин В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. М., Колос, 1979, 256 с.

*Primit la redacție – 27/09/2017*

**IN MEMORIAM  
GRIGORE MARCU BILINCHIS**



**(02.09.1932 - 27.10.2017)**

La 27 octombrie 2017, după o boală incurabilă, la vârsta de 85 ani, a plecat în lumea celor dreupți doctorul în geologie Grigore Bilinchis. S-a născut la 2 septembrie 1932 în s. Cioburciu, așezat pe malul stâng al râului Nistru, într-o familie de săteni. Absolvent al școlii medii din or. Tiraspol, promoția 1950 în toamna aceluiași an a fost înscris ca student la facultatea de geologie a Universității de Stat din Chișinău. De la părinții săi Grigore Bilinchis a moștenit o nemărginită dragoste de natură și dorul de a vedea și cunoaște lumea înconjurătoare. Acest lucru a contribuit în mare măsură la formarea astfel de calități personale ca spirit de observație și sinteză, putere de muncă nesecată și un veșnic neastâmpăr, care-l îndemna să fie într-o continuă activitate. În plus, o modestie plină de demnitate și o bunătate fără de seamă.

Cu licența de geolog-cercetător Grigore Bilinchis în a.1955 începe activitatea profesională în Iacutia (Rusia), unde în scurt timp s-a afirmat ca un specialist calificat. Inițial a ocupat funcția de geolog, apoi geolog principal de expediție geologică, după care, în a.1964 ocupă funcția de conducător al serviciului geologic întregii regiuni din nord-vestul Iacutiei. Rezultatele prospecțiunilor, cartărilor și explorărilor geologice au fost reflectate în zeci de dări de seamă, pregătite de G.Bilinchis în perioada activității sale în Orientul Depărtat. Apogeul reușitelor lui G.Bilinchis a fost prin a.a.1960-1963, reflectat în raportul privind explorările geologice a zăcământului de polimetale Agâlchin. Pe lângă textul de sute de pagini, raportul conține un număr impunător de anexe grafice – hărți, secțiuni și profile geologice, sute de mii de analize chimice și spectrometrice, folosite în calcularea rezervelor în aramă, zinc, plumb, molibden, wolfram, metale rare și native. Pentru rezultatele obținute în perioada activității pe meleagurile siberiene, geologul-cercetător G.Bilinchis a fost decorat cu ordinul "Trudovoe Crasnoe Znamea".

Prin activitatea sa G. Bilinchis a lăsat o brazdă științifică adâncă și de mare valoare practică asupra subsolului iakutean, atât de bogat în minerale utile nemetalifere, metalifere și caustobiolite.

Se reîntoarce în Moldova în a.1964, unde este angajat prin concurs în Laboratorul de Geotectonică al Institutului de Geologie și Substanțe minerale utile în calitate de

cercetător științific. Înzestrat cu calități enumerate anterior, experimente în practica explorărilor geologice, Grigore Bilinchis se adâncește în colectarea materialului factologic, ce tine de geologia Moldovei. Începând cu lucrări pe teren Grigore Bilinchis demonstrează în scurt timp ca el posedă și calitatea de cercetător de performanță. Observațiile sale pe teren uimeau pe cei din jur prin noutatea și originalitatea lor. La fel, surprindea atașamentul lui față de fiecare obiect de studiu, pe care nu-l părăsea până nu acumula tot ce-i putea oferi. Întâi cuprindea printr-o privire întreg terenul, apoi se îndrepta către punctele esențiale în scopul descifrării, după care trecea la analiza fiecărui strat sau rocă întâlnită. Lucrul de teren însemna pentru Gr.Bilinchis nu numai colectarea unor date complete și detaliate, ci o muncă intelectuală permanentă, prin analiza fenomenelor naturale și stabilirea legăturilor dintre ele. Pe măsura acumulării a tot mai multor date, diferite ipoteze erau verificate, cele noi ocupând locul celor vechi. Ca atare, dl Bilinchis a fost fondatorul cercetărilor în geomorfologie, neotectonică și a mișcărilor tectonice recente, ocrotirii cernoziomului moldav de diferite procese destructive.

Pe lângă teza de doctor în geologie, susținută în a.1971, Grigore Bilinchis a scris și editat 6 monografii și peste 130 de articole, publicate în reviste prestigioase din țară și în afară hotarelor ei, Cu siguranță, aceste lucrări pot servi punctul de plecare a tinerilor cercetători contemporani și al viitoarelor generații.

Așa a fost cercetătorul Grigore Bilinchis în perioada activității științifice în Republica Moldova în perioada 1964-1991. A părăsit serviciul în Institut în a.1991, iar în a.1992 a emigrat cu familia în SUA. Ultimii cinci ani a suferit de o boală incurabilă și peste o lună de la atingerea vârstei de 85 ani s-a stins din viață.

*Dumnezeu să-l odihnească în pace.*

V. Neaga, cercetătorul științific