

## МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.434(924.51)

Ю. ЧИНЧУРА

ОПЫТ ВОЗРАСТНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ  
РЕЧНЫХ ТЕРРАС ЗАПАДНЫХ КАРПАТ  
МЕТОДОМ АНАЛИЗА ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ

Среди комплекса аналитических методов возрастного разделения аллювия в горных котловинах Западных Карпат автором разрабатывался и углублялся метод анализа тяжелых минералов. Установлена прямая корреляция между степенью разрушения зерен пироксенов и возрастом аллювия, на основании чего были выделены группы речных террас вюрмского, рисского и миндельского возраста, сопоставляемые для различных котловин Западных Карпат.

**Введение.** Подавляющее большинство четвертичных долин во внеледниковых среднегорьях Средней Европы имеет развитую систему речных террас, которые возникли в перигляциальной зоне, характеризующейся несколькими генерациями форм рельефа. Речные террасы представляют собой один из важнейших элементов для изучения закономерностей развития среднегорий в четвертичное время. Однако корреляция и возрастная датировка речных террас до сих пор представляет собой в значительной мере нерешенную проблему.

Принципиальная важность речных террас среднегорных областей как наиболее подходящих форм (геоморфологических уровней) для выявления закономерностей развития рельефа в четвертичное время — с одной стороны, значительная фрагментарность и невыдержанность их распространения — с другой — определяют необходимость существенного расширения и углубления аналитических методов их изучения.

Среди широкого комплекса аналитических методов, которые в последние годы используются в геоморфологических исследованиях словацкой части Западных Карпат, нам хотелось бы обратить внимание на один важный аспект — далеко еще не исчерпанные возможности анализа тяжелых минералов при изучении аккумулятивных толщ плейстоценовых речных террас. Этот метод разрабатывался нами применительно к горным котловинам Западных Карпат и показал высокую геоморфологическую эффективность.

**Некоторые особенности геоморфологии западнокарпатских котловин и их террасовых систем.** Довольно пестрое чередование положительных и отрицательных форм рельефа на относительно небольшой территории придает Западным Карпатам специфический горно-котловинный характер. В зависимости от интенсивности и направленности новейших тектонических движений Западные Карпаты можно разделить на две основные морфоструктурные области: горную с тенденциями к общим поднятиям и равнинную с тенденциями к общим опусканиям. Этот генеральный план воздымающихся гор и опускающихся равнин усложняли дифференцированные блоковые движения (Mazúr, 1964; 1965; Budai, Zihá, Seneš, 1965), обусловившие формирование внутрикарпатских котловин, часто приобретающих харак-

тер типичных грабен. Возникновение последних связано прежде всего с неогеновыми и особенно плиоценовыми движениями.

Развитие четвертичных форм рельефа, так же как и их широкое распространение в Западных Карпатах, в значительной мере является отражением отмеченного выше тектонического режима и изменений климата в плейстоцене. В приподнятых горных областях в четвертичное время происходила интенсивная деструкция рельефа, преобладали процессы сноса, следствием чего является ограниченное количество аккумулятивных форм в горах. Области медленно опускающихся прикарпатских низменностей представляли собой на протяжении всего четвертичного времени территорию интенсивного осадконакопления и широкого развития аккумулятивных форм.

По сравнению с внешними низменностями и горными массивами Западных Карпат развитие внутрикарпатских котловин в четвертичное время характеризовалось чередующейся сменой эрозионных и аккумулятивных процессов в условиях периодических изменений климата гляциальных и интергляциальных эпох. Взаимодействие этих сложных закономерностей в котловинах отражают речные террасы, которые развиты здесь наиболее типично. В то же время их фрагментарность, невыдержанность по продольному профилю и большое высотное разнообразие уровней имеют место и в котловинах.

Полученные до сих пор данные по геоморфологии котловин Западных Карпат свидетельствуют, что формирование аккумулятивных толщ плейстоценовых речных террас соответствовало по времени холодным гляциальным эпохам (Mazúr, 1963; Mazúr, Kalaš, 1963; Klimaszewski, 1966). Об этом свидетельствуют факты нахождения холодолюбивой малакофауны, сингенетичных ледяных клиньев и криотурбационных структур, морфометрические анализы гальки, а также взаимоотношения аллювия с другими типами осадков и другими формами рельефа. При этом мы имеем в виду аккумуляцию аллювия основных речных террас, которые отражают общие этапы в развитии всех долин, т. е. террас крупных циклов формирования рельефа Западных Карпат (Mazúr, 1963), а не локальные террасы и местные особенности.

**Вопросы анализа тяжелых минералов в речных террасах западнокарпатских котловин.** Огромное значение речных террас для изучения развития среднеречных областей в четвертичное время обуславливает применение при их исследовании весьма широкого набора методов. Большая часть используемых аналитических методов развивалась постепенно, причем в их применении появлялись все новые аспекты. Так, в рамках группы седиментологических методов использовался и развивался метод анализа тяжелых минералов, довольно часто применяемый при изучении флювиальных отложений.

Главной нашей задачей анализа тяжелых минералов при изучении флювиальных отложений западнокарпатских котловин явилась возрастная параллелизация отдельных речных террас или их групп. Возможность возрастной корреляции речных террас двух соседних котловин в Западных Карпатах на базе количественного анализа тяжелых минералов — задача крайне трудная. Большая пестрота геологического строения Западных Карпат и соответственно очень пестрый и быстро меняющийся спектр минералов в современных водных потоках или осадках их плейстоценовых предшественников способствуют тому, что ассоциации тяжелых минералов в разновозрастных террасах одной и той же котловины (а тем более соседних котловин) под влиянием впадающих притоков значительно различаются. Можно констатировать, что во многих случаях водные потоки в пределах одной котловины не сохраняют характерную ассоциацию даже тяжелых минералов.

Для иллюстрации специфических условий Западных Карпат можно привести пример долины р. Ваг (рис. 1), где в двух соседних котловинах — Турчанской и Жилинской — мы наблюдаем значительные изменения в составе ассоциации тяжелых минералов в современном аллювии. Аналогичное явление наблюдается на р. Грон (на участке между Банской Быстрицей и Жиаром), а также в большинстве других рек (рис. 2).

Сходные закономерности были отмечены Э. Мазуром (Mazúg, 1963) при параллелизации плейстоценовых речных террас в Жилинской котловине также с помощью количественного анализа тяжелых минералов. Полученные им результаты позволили наметить отличия террасовых отложений главной речной долины от террас ее притоков и аллювия речных террас от внутриваллиновых конусов выноса. Но лишь в отдельных случаях результаты анализа тяжелых минералов удалось использовать для возрастного расчленения основных террас (Mazúg, 1963).

Ассоциации тяжелых минералов становятся стабильными и более или менее характерными для определенных водных потоков лишь после выхода рек из Карпат. Эта закономерность позволила М. Мишику (Mišik, 1956) на основании типичных ассоциаций тяжелых минералов Вага и Дуная выделить в их обширной общей пойме две минералогические провинции.

Применявшиеся до сих пор методы количественного анализа тяжелых минералов из речных террас западнокарпатских котловин свидетельствуют о том, что эти методы могут использоваться для целей параллелизации речных террас и определения их относительного возраста с большими трудностями.

**Некоторые новые возможности анализа тяжелых минералов в речных террасах западнокарпатских котловин.** Учитывая значительную нестабильность ассоциации тяжелых минералов в речных террасах западнокарпатских котловин, при углублении дальнейших исследований мы уделяли меньше внимания количественным соотношениям (которые находятся под влиянием местных условий), перенесли центр тяжести на изучение отдельных форм и признаков, свидетельствующих о разрушении тяжелых минералов. Особое внимание уделялось зернам амфиболов (протравленных с различной интенсивностью) или пироксенов, а также ставролита и апатита, лопастным коррозионным формам на гранатах и т. д.

Согласно Ф. И. Петтиегну, самые большие изменения в породе после ее осаждения происходят под воздействием внутрисластового разложения. Н. Г. Судакова (1965) большое значение при разрушении тяжелых

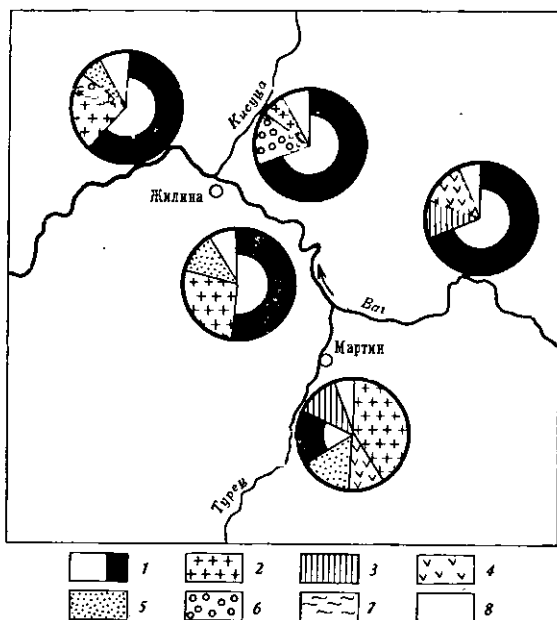


Рис. 1. Спектр тяжелых минералов в современном аллювии рек Ваг, Турец и Кисуца в Турчанской и Жилинской котловинах

1 — рудные минералы; 2 — гранат; 3 — мутные минералы; 4 — амфибол; 5 — гиперстен; 6 — хлорит; 7 — биотит; 8 — прочие минералы (рутил, турмалин, эпидот, апатит, авгит)

минералов придает физико-географической среде и констатирует, что ассоциация минералов указывает как на зональные биоклиматические отличия в этапах осадконакопления, так и на их изменения во времени. Подобным образом были оценены ассоциации тяжелых минералов И. П. Баккером и Т. Левелтом (Bakker, Levelt, 1964).

Возникновение форм разрушения на отдельных минералах обусловлено, по мнению разных авторов, различными процессами. Так, например, возникновение коррозионных форм на пироксенах связывается Ц. Г. Дугласом и Д. Е. Эдельманом (Edelmann, Douglas, 1932) с воздействием внутрипластового разложения. Согласно М. Мишику (Mišik, 1956), само существование форм разрушения на тяжелых минералах еще не говорит о том, что эти формы возникали в стадии выветривания материнской породы, во время транспортировки выветрившегося материала или при внутрипластовом разложении.

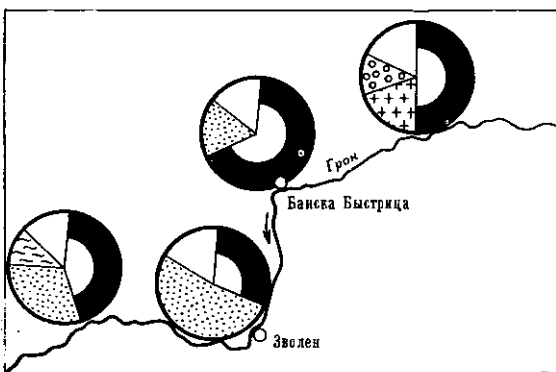


Рис. 2. Спектр тяжелых минералов в современном аллювии р. Грон (усл. обозначения см. на рис. 1)

который происходит из молодых (третичных) вулканических пород. На примере гиперстенов было обнаружено, что интенсивность разрушения отдельных зерен значительно отличается в террасах различного возраста. Этот факт привел нас к выводам о возможности возникновения отдельных форм разрушения в разнородных средах.

1. Возникновение форм разрушения на пироксенах в процессе выветривания материнской породы. Изучение элювия неогеновых вулканических пород показывает, что в корсе выветривания пироксеновых андезитов, откуда постулают зерна в аллювий речных террас, в преобладающем большинстве обнаружены неразрушенные зерна. Наряду с ними в меньшей степени можно было определить также зерна, которые несут слабые признаки разрушения. К подобным заключениям на примере других территорий пришел также и Я. Славик (Slávik, 1955). В какой-то мере остается еще открытым вопрос о том, какое влияние на возникновение форм разрушения имели гидротермальные процессы. Нами было обнаружено, что существенных различий в разрушении элювия андезитов, который был подвержен воздействию гидротермальных процессов, и элювия андезитов, не подвергавшегося гидротермальным изменениям, не наблюдается.

2. Возникновение форм разрушения в процессе транспортировки. Известны многочисленные находки корродированных зерен пироксенов, а также других менее устойчивых минералов в отложениях современных речных потоков, которые дрепируют неогеновые вулканические породы. На подобные факты указывал еще М. Мишик (Mišik, 1956) при предварительном изучении тяжелых минералов некоторых речных потоков Словакии. Несмотря на нахождение разрушенных зерен в современных речных потоках, мы все же предполагаем, что последние не представляют собой среды, подходящей для возникновения

коррозионных форм на пироксенах. Транспортировка в турбулентном водном потоке представляется более подходящей для разрушения мелких углублений, чем для их возникновения (Wolff, Rothe, 1958). Согласно Р. Винкелю (Vinken, 1959), расстояние транспортировки не имеет никакого влияния на степень разложения минералов. Исходя из этого, мы предполагаем, что нахождение корродированных зерен пироксенов в современных речных потоках является результатом перемещения склоновых отложений, что обусловило перенос разрушенных зерен из аллювия более древних террас (или же делювия) в современные речные потоки.

3. Возникновение форм разрушения в процессе внутрипластового разложения. К внутрипластовому разложению (которое зависит прежде всего от устойчивости отдельных минералов и продолжительности процессов разложения, а также от растворимости породы) не относятся изменения, которые происходят после поднятия породы над уровнем грунтовых вод (Pétranek, 1963). Эти изменения относятся уже к процессам выветривания. В связи с этим судить о разрушении пироксенов в четвертичном аллювии в тех случаях, когда аккумуляция происходила ниже уровня грунтовых вод, можно лишь для той фазы, когда формировалось аккумулятивное дно котловины. В дальнейшем благодаря поднятия днища и глубинной эрозии рек аллювиальные свиты оказывались приподнятыми над уровнем грунтовых вод и морфологически превращались в речные террасы. Тот факт, что в аллювии террас разного возраста встречаются зерна гиперстена и других пироксенов, разрушенные с различной интенсивностью, следует рассматривать как результат воздействия последующих процессов выветривания и различий в их длительности. На основании этого можно попытаться определить зависимость степени разрушения гиперстена (рис. 3) от возраста аллювия речной террасы (т. е. от длительности процессов выветривания).

Чтобы устранить влияние субъективных факторов, степень разрушения отдельных зерен гиперстена оценивалась в цифровых показателях: как отношение разрушенных граней минерала к его общей окружности. Таким образом, была получена возможность выразить степень разрушения для каждого отдельного зерна в процентах. На основании 100—150 измерений в каждом образце фракции 0,25—0,09 мм подсчитывалось среднее арифметическое степени разрушения зерен, которое в дальнейшем обобщалось с помощью методов математической статистики.

Основной целью нашей работы, как уже отмечалось, являлось выяснение возможности параллелизации речных террас по степени разрушения гиперстена в аллювии двух соседних котловин — Жилинской и Турчанской. Результаты изучения степени разрушения гиперстена в низких и пойменных террасах Жилинской и Турчанской котловин в качестве проверки возможностей данного метода были сопоставлены с уже имеющимися данными о возрасте последних генераций четвертичного аллювия, прежде всего вюрмского времени (Mazúr, 1963; Mazúr, Kalaš, 1963; Šinčiga, 1965). Степень разрушения гиперстена в вюрмском аллювии Жилинской котловины колеблется в пределах 2,8—5,1% при среднем арифметическом  $x=4,01\%$ . Степень разрушения гиперстена в вюрмском аллювии Турчанской котловины колеблется в пределах 1,0—6,5% при среднем арифметическом  $x=3,30\%$ . Анализ различий средних арифметических данных степени разрушения гиперстена в вюрмском аллювии Жилинской и Турчанской котловин ( $t=0,943$ ,  $<t_{\text{tab}}=2,101$ ) позволяет констатировать, что эти различия существенны лишь при статистическом уровне значимости  $p=0,05$ .

Как в Жилинской, так и в Турчанской котловинах морфологически наиболее развита группа «средних террас». Возраст средней, так называемой жилинской террасы в Жилинской котловине определяется гео-

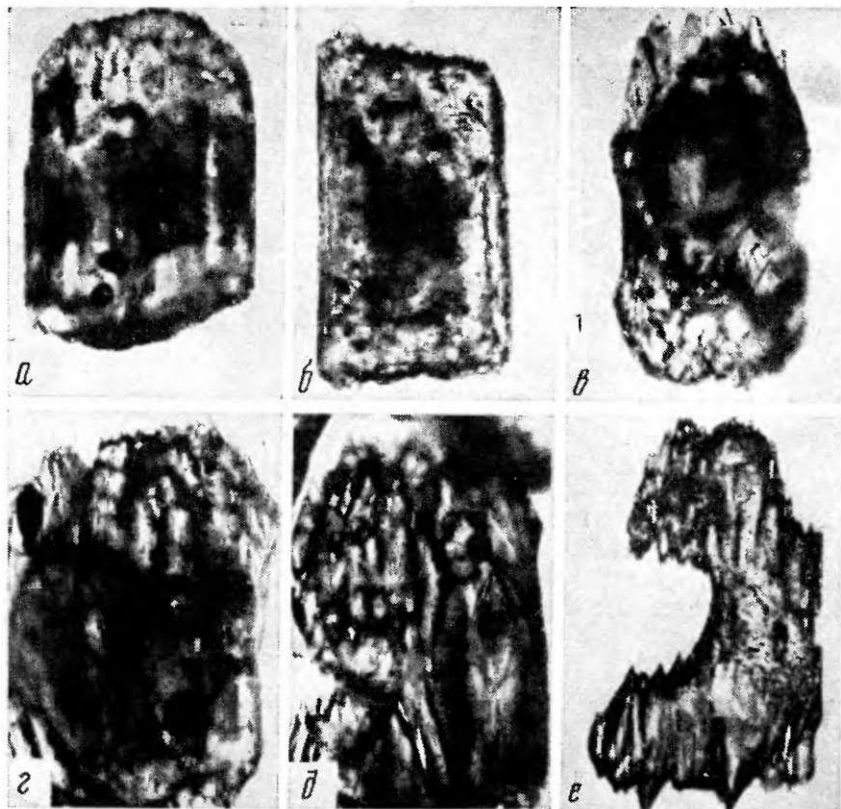


Рис. 3. Примеры различной интенсивности разрушения зерен гиперстена (фракция 0,25—0,09 мм)

морфологами обычно, как рисский (Mazúr, 1963; Mazúr, Kalaš, 1963). В Турчанской котловине, исходя из морфологического положения средней террасы, можно было предполагать, что она является возрастным эквивалентом средней террасы Жилинской котловины. Степень разрушения гиперстена в средних террасах Жилинской котловины колеблется в пределах 37—41,2% при среднем арифметическом  $x=39,36$ . Степень разрушения гиперстена в средних террасах Турчанской котловины колеблется в пределах 34,7—40,2% при среднем арифметическом  $x=36,86$ . Анализ различий средних данных о степени разрушения гиперстена в средних террасах Жилинской и Турчанской котловин ( $t=2,062, < t_{\text{таб}}=2,62$ ) позволяет нам констатировать, что эти различия на статистическом уровне значимости  $p=0,05$  практически не важны. Таким образом, на основании степени разрушения гиперстена можно утверждать, что аллювий средних террас как Жилинской, так и Турчанской котловин относится к одновозрастным образованиям.

Средние арифметические показатели степени разрушения гиперстена в более древних высоких террасах составляют  $x=52,10$ . Можно предполагать, что речь здесь идет об аллювии миндельского возраста. Более древние речные террасы уже не содержат достаточного количества материала, подходящего для анализа фракций 0,25—0,09 мм. Это является результатом того, что степень разрушения гиперстена возрастает с возрастом аллювия и внешне проявляется в том, что зерна гиперстена в более древних речных террасах уже настолько разрушены (раздроблены и поломаны), что переходят в более мелкие фракции порядка 0,09 мм. При обеднении ассоциации тяжелых минералов показатель независимой пере-

менной величины (возраст) отвечает не только значению зависимой переменной величины (например, утрате тяжелых минералов или степени их разрушения), но и определенному количеству этих значений.

Определенное хронологическое положение аккумулятивных толщ отдельных речных террас в Среднем Повжье предоставляет нам возможность более подробно рассмотреть зависимость степени разрушения гиперстена от возраста аллювия. Установленная нами зависимость между возрастом речных террас и степенью разрушения минералов в их аллювии имеет не линейный, а параболический характер (Činčura, 1967). Параболический характер кривой этой зависимости связан с тем, что рост степени разрушения гиперстена происходит вначале быстрее на плоскостях, ориентированных перпендикулярно по отношению к спайности минерала, но затем замедляется в более поздних фазах, когда разрушаются уже плоскости, параллельные спайности минерала.

Величину степени зависимости в случае нелинейной корреляции выражает индекс корреляции  $R_x, y$ , в нашем случае равный 0,995 (Činčura, 1967). Тем самым мы можем констатировать, что речь идет об очень высоком коэффициенте зависимости степени разрушения гиперстена от возраста аллювия речных террас.

### Заключение

Как показывает практика геоморфологических и палеогеографических исследований, до сих пор ни один анализ, используемый при изучении речных террас, сам по себе в отдельности, без результатов анализа других показателей, не в состоянии успешно решить тот широкий комплекс проблем, который касается формирования и возраста речных террас. В связи с этим исследование речных террас должно проводиться комплексно и на широкой географической основе.

Приводимые результаты изучения формы и интенсивности разрушения отдельных минералов в зависимости от возраста аллювия речных террас Западных Карпат мы считаем одним из плодотворных направлений постоянно расширяющегося и углубляющегося комплексного анализа речных террас.

### ЛИТЕРАТУРА

- Гриффице Дж. Исследования осадочных пород.— Наука о земле. М., 1971.
- Судакова Н. Г. Устойчивость минералов.— Природа. М., 1965.
- Bakker J. P., Levelt T. An inquiry into the probability of a polyclimatic development of peneplains and pediments (etchplains) in Europe during the senonian and tertiary period.— Publicaties van het Fysisch-geografisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam, No. 4. Amsterdam, 1964.
- Buday T., Cicha I., Seneš J. Miozán der Westkarpaten. Bratislava, 1965.
- Činčura J. Niektoré nové aspekty využitia analýzy ťažkých minerálov pri štúdiu riečnych terás.— Geografický časopis SAV, XVII, 1. Bratislava, 1965.
- Činčura J. Abhängigkeit der Hypersthenzerstörung am Alter der Flussterrassen.— Geologický sborník SAV, XVIII, 1. Bratislava, 1967.
- Edelman C. H., Doeglas D. J. Reliktstrukturen detritischer Pyroxene und Amphibole.— Min. Petr. Mitt., 42. Wien, 1932.
- Klimaszewski W. Views of the Geomorphological Development of the Polish Western Carpathians during the Quaternary.— Geomorphological Problems of Carpathians, II. Geographica Polonica, 10. Warszawa, 1966.
- Mazúr E. Zilinská kotlina a priľahlé pohoria.— Geomorfológia a kvartér. Bratislava, 1963.
- Mazúr E. Intermountain basins a characteristic element in the relief of Slovakia.— Geografický časopis SAV, XVI, 2. Bratislava, 1964.
- Mazúr E. Major features of the West Carpathians in Slovakia as a result of young tectonic movements.— Geomorphological Problems of Carpathians, I. Bratislava, 1965.
- Mazúr E., Kalaš L. Vývoj doliny Váhu v mladom pleistocéne.— Geografický časopis SAV, XV, 2. Bratislava, 1963.
- Mišik M. Použitie ťažkých minerálov pre paleogeografický a stratigrafický výskum so zreteľom na neogén a kvartér Slovenska.— Geologické práce, 43. Bratislava, 1956.
- Petránek J. Usazené horniny, jejich vznik, složení a ložiska. Praha, 1963.
- Slávik J. Sedimentologické poznámky k vývoji Košické a Trebišovské pánve a jejich okolí.— Rozpravy čs. akademie věd, 65, 5. Praha, 1955.

Vinken R. Sedimentpetrographische Untersuchung der Rheinterrassen im östlichen Teil der Niederrheinischen Bucht.—Fortschr. in der geol. v. Rheinland und Westfalen, 4. Krefeld, 1959.

Wolff U., Rothe H. Über die Umwandlung und Neubildung von Schwermineralien.—Z. f. angewandte Geologie, Bd. 4, No. 8. Berlin, 1958.

ЧССР, Словацкая Академия наук  
Институт географии

Поступила в редакцию  
14.1.1972

---

**AN EXPERIENCE OF AGE DIFFERENTIATION  
OF RIVER TERRACES IN THE WESTERN CARPATHIANS  
BY HEAVY MINERALS ANALYSIS METHODS**

**Yu. CHINCHURA**

**S u m m a r y**

Of the whole complex of analytical methods of age differentiation of alluvium in mountain hollows of the Western Carpathians, the author worked out and extended the method of analysing heavy minerals. A direct correlation between the degree of pyroxene grains' destruction and the age of alluvium has been detected, which helped to distinguish groups of river terraces of Wurm, Riss and Mindel age. The terraces of different hollows of Western Carpathians were compared according to this grouping.

---