

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРА р. ТИСА \*

**Д. Л. Творонович-Севрук, О. В. Лукашёв**

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,  
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; 375297634959@yandex.ru, lukashev@bsu.by

Дана общая геоэкологическая характеристика северной части водосбора р. Тиса. Использовались данные из открытых источников и материалы дистанционного зондирования Google Earth® максимально доступного временного диапазона. Особенности системы хозяйствования и сочетание геологических факторов обуславливают значительную чувствительность геологической среды территории к инцидентам техногенного и природного генезиса. Выделены основные направления дальнейшего геоэкологического изучения рассматриваемого региона: 1. Взаимосвязь поступления химических элементов и развития гидрохимических аномалий и гидрогеохимической зональности в водосборе р. Тиса с геологическим строением региона; 2. Вариации интенсивности выветривания пород горной части водосбора; 3. Поступление в водосбор рудничных и неочищенных вод горнопромышленных районов; 4. Характер локализации населённых пунктов на водосборе, системы канализации и экологические проблемы; 5. Вырубка лесов в Закарпатье и потенциальные гидрологические и климатические риски; 6. Изменение площадей государств на приграничье в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности рек естественного характера.

**Ключевые слова:** аллювий; водосбор; геохимия; дифференциация вещества; мониторинг; техногенез.

Северная часть водосбора р. Тисы, площадью более 50 000 км<sup>2</sup>, включает в себя территорию юго-запада Западных и Восточных Карпат, а также север Среднедунайской равнины [1–8]. В данном регионе примыкают друг к другу Украина, Венгрия, Румыния и Словакия, что определяет наличие в указанном сегменте водосбора р. Тисы процессов трансграничного переноса. Геологическая среда рассматриваемого региона неоднородна, в верхней части водосбора Тисы расположены горные системы, а в средней и нижней – равнинные пространства, сложенные толщами древнего аллювия. На территории проявляются различные гипергенные геохимические процессы – от выветривания материнских пород до переноса и аккумуляции его продуктов в промежуточном бассейне стока (вдхр. Кишкёр). Система хозяйствования и сочетание геологических факторов обуславливают значительную чувствительность геологической составляющей геологической среды региона к инцидентам техногенного и природного генезиса. Кроме того, горный и равнинный режимы рек существенно влияют на распределение химических элементов в современных обстановках гипергенеза (рис. 1).

В настоящей работе под термином «геоэкологическое изучение» понимается комплекс научно-исследовательских работ, использующих методы дистанционного зондирования, сравнительного анализа и геохимического исследования покровных отложений региона при сопоставлении особенностей геологического строения, системы хозяйствования и населённости рассматриваемой территории. В качестве информационной базы использовались материалы дистанционного зондирования региона Google Earth® максимально доступного временного диапазона [1] и данные из открытых источников [2–13]. На основании проведённых наблюдений выделялись основные направления дальнейшего геоэкологического изучения территории.

---

\* – Расширенный вариант статьи, дополненный иллюстративным материалом.

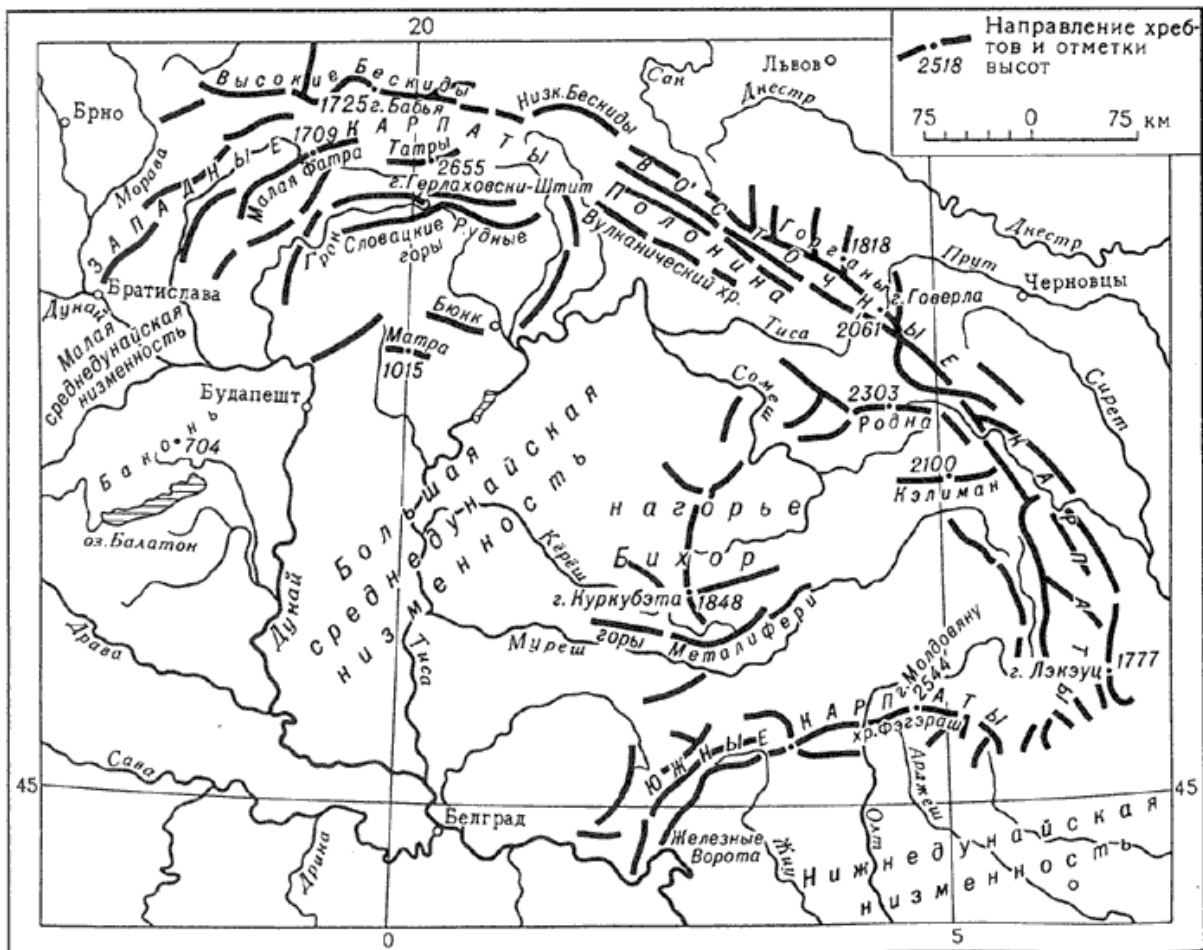


Рисунок 1 – Водосбор р. Тиса в контексте Черноморского бассейна [6]

Река Тиса является наиболее протяжённым (965 км) левым притоком р. Дунай, общая площадь водосбора составляет 153 000 км<sup>2</sup>. Исток реки расположен на юго-западной периферии Карпат, разница между высотой истока и устья достигает 380 м [1–9]. По особенностям рельефа верховье водосбора р. Тисы является средневысокой горной страной, образованной сочетанием субпараллельных горных хребтов северо-западного и юго-восточного простирания с вертикальным расчленением рельефа до 2 000 м. В пределах региона развита высотная поясность – зоны от умеренной до холодной с соответствующей им растительностью. Реку Тиса по режиму питания и морфологии можно отнести к средиземноморскому типу, для которого характерно неравномерное распределение осадков на протяжении года, выражающееся в паводках, обусловленных зимним выпадением осадков и их таянием, а также летним межением при сокращении стока [5–7, 9, 10]. Данная особенность питания усложняется особенностями геологического строения зоны замедленного и активного водообмена.

Для территории характерно значительное эрозионное расчленение рельефа. Водосборы притоков имеют вытянутые продолговатые очертания, высоты водосборов достигают 1 200 м, средние уклоны до 400 ‰, ширина бассейнов составляет 10–35 км. Конфигурация речной сети р. Тиса в пределах Карпат близка к древовидной. Для водосборов верхнего течения р. Тиса типичны отчётливо выраженные V-образные профили речной долины в верховье и U-образные в нижнем и среднем течении. На горных участках рек долина более похожа на ущелье с каменистым скальным дном и отвесными прилегающими склонами (рис. 2).



Рисунок 2 – Каменистое скалистое дно рек водосбора р. Тисы

Впадины водосборов располагаются между горными хребтами и сформированы снесёнными со склонов продуктами выветривания, конусами выноса и толщами, образованными деятельностью постоянных и временных водных потоков. Горные склоны верхнего течения водосборов покрыты преимущественно древесной растительностью. Водосборы рек региона образованы бассейнами притоков, прилегающими друг к другу, каждый из которых локализуется в области питания, расположенной преимущественно в пределах горных хребтов местного простираия. Локализованные между горными хребтами речные долины р. Тиса и притоков в верхнем течении выполняются конусами выноса и аллювием (русловым и пойменным), ширина долин изменяется от 0,1 до 3,5 км [1–4] (рис. 3).



Рисунок 3 – Дно речных долин притоков р. Тиса [1]

Для рек водосбора типично доминирование руслового аллювия в верхнем течении и возрастание доли пойменного и старичного – в нижнем. В нижнем течении реки протекают в долинах, выполненных перстративным и констративным аллювием Среднедунайской равнины, сформированным геологической деятельностью Прадуная.

*Геологическое строение.* Верхняя часть водосбора р. Тисы – источника поступления химических элементов в процессы их региональной миграции – располагается на юго-западной периферии Восточно-Европейской платформы в области с выраженным геосинклинальным тектоническим режимом, последняя активизация которого совпала с альпийской эпохой складчатости.

Карпаты сложены породами докембрия, палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Докембрийские и палеозойские образования имеют ограниченное распространение и представлены осадочно-метаморфическими породами – слюдяными и гранатовыми сланцами, кварцитами. Наибольшее распространение в пределах Карпат имеют меловые и палеогеновые образования. Отложения мела сложены песчаниками, аргиллитами, мергелями и известняками мощностью до нескольких сотен метров. Отложения палеогена представлены флишевыми формациями (в виде переслаивания песчаников, аргиллитов, алевролитов, реже – туфов или эффузивных пород), мощности которых достигают нескольких сотен метров. Четвертичные отложения Карпат образованы ледниковыми, флювиогляциально-аллювиальными и элювиально-делювиальными отложениями. Ледниковые и флювиогляциально-аллювиальные образования представлены моренами и древними речными террасами. В пределах Карпат наиболее распространены элювиальные и делювиальными образования глинистых и раздробленных коренных пород.

Процессы эндогенной металлогении Карпат обусловлены интрузивным и эффузивным магматизмом. Для региона характерна тесная геохимическая связь покровных отложений с коренными породами. Мощность рыхлой зоны коры выветривания достигает 1–10 и более метров [2–5]. Наибольшие различия в составе покровных отложений проявляются в их тонкодисперсных составляющих. В большинстве случаев делювий тесно связан с коренными образованиями, что обуславливается его малой подвижностью по причине укрепления горных склонов растительностью. Глинистые минералы меловых и палеогеновых отложений отличаются большим постоянством химического состава по всей территории независимо от фациальных условий осадконакопления. Данные минералы представлены в основном гидрослюдами с включениями тонкодисперсного кварца, монтмориллонита и хлорита. Существующая в Карпатах высотная поясность и соответствующие им климатические зоны определяют особенности дифференцирования химических элементов, а также развитие разнообразных геохимических ландшафтов [5–11].

*Геохимия ландшафтов.* Процессы выветривания в ландшафтах рассматриваемого водосбора наиболее выражены в Карпатах, где выделяются две основные группы ландшафтов, отражающие контрастность геохимических условий среды гипергенной миграции металлов: а) ландшафты на кислой коре выветривания; и б) ландшафты на переходной от кислой к карбонатной коре выветривания. В регионе преобладают геохимические ландшафты с кислым типом гипергенных процессов, которые охватывают более 80 % территории. Вторая группа распространена в области развития вулканических серий Выгорлат-Гутинского хребта [8–11].

Для почвенного покрова различных ландшафтно-геохимических областей характерна достаточно чёткая унаследованность его геохимических особенностей от состава материнских пород и взаимосвязь с биогенным накоплением химических элементов. Влияние растительности проявляется в: росте интенсивности выветривания горных пород и минералов; участии органических веществ в процессах гипергенной миграции (образование металлоорганических комплексов); ускорении непосредственного извлечения химических элементов из пород субстрата и возврате их в почву в формах, способных к дальнейшей миграции в зоне гипергенеза [3, 8–11].

Для ландшафтно-геохимических условий среднегорского пояса верхнего течения водосбора р. Тиса характерны средневыщелоченные и частично открытые ореолы рассеяния химических элементов.





ния. В пределах Карпат выделяются окислительная и восстановительная глеевая геохимическая обстановки. Глеевые обстановки развиты на более высоких частях горных хребтов (выше 1 600 м), выклиниваясь в большинстве случаев при переходе к хвойнолесному поясу. Также глеевые обстановки развиты на основаниях склонов и в межгорных областях. Для складчатых Карпат характерна окислительная обстановка, обусловленная развитой трещиноватостью и отсутствием контакта с почвенным покровом. Отдельной гидрохимической провинцией является Турьянская и периферия Выгорлат-Гутинской ландшафтно-геохимических областей, локализованных вдоль глубинных разломов на границе складчатых Карпат и Закарпатского внутреннего прогиба. Для данного региона характерна выраженная гидравлическая связь с напорными подземными водами разломов [3, 8–11].

Гидрогеохимические аномалии в рассматриваемом регионе, как правило, проявляются в горных частях водосбора. Повышенное содержание химических элементов можно обнаружить в источниках, о чём свидетельствуют данные опробования трещинно-грунтовых вод, дренирующих интрузии серпентинизированных диабазов и серпентинитов с никель-кобальтовым оруденением [2–4, 8–11]. Образование такого рода аномалий может объясняться поступлением трещинно-грунтовых вод из застойных областей подземного выщелачивания рудосодержащих пород, особенно при малой мощности осадочного чехла. В условиях гумидного климата обогащённые растворёнными рудными элементами потоки быстро разбавляются грунтовыми и метеорными водами до среднего по региону значения. В отличие от трещинно-грунтовых вод зоны активного водообмена, воды тектонических нарушений глубинного заложения имеют более длинные пути циркуляции и обширные области питания, что обуславливает их обогащение многочисленными компонентами выщелачивания и накопления в рассолах, и позволяет рассматривать их как естественные гидрогеохимические аномалии. Наиболее развита гидравлическая связь пресных инфильтрационных вод с глубинными высокоминерализованными подземными водами, циркулирующими по разломам в районах максимальной тектонической активизации на сочленении Складчатых Карпат и Закарпатского прогиба (так в некоторых источниках встречаются повышенные концентрации Sr и Mn – 70,4 и 204,0 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно). Наиболее активно выносятся в растворённом виде Sr, Mn, Cu, Zn. Для гидрохимической зональности углекислых подземных вод Карпат характерно пространственное совпадение областей разгрузки высокоминерализованных вод с продольными региональными разломами глубинного заложения [2–4, 8–11].

*Горнопромышленные районы.* Добыча полезных ископаемых на рассматриваемой территории ведётся более 2 000 лет. Общим для всего региона является приуроченность большинства горнопромышленных районов, где разрабатываются месторождения полезных ископаемых эндогенного генезиса, к периферийным частям водосбора – горным системам Восточных Карпат, Словацких рудных гор, нагорья Бихор и др. Структура горнодобывающей промышленности в настоящий момент разнообразна, присутствуют крупные предприятия (горнопромышленный район Бая-Маре), рудники провинции Санта-Маре (Румыния), а также средние и мелкие предприятия (рис. 5–10).

На периферийных частях водосбора также распространены небольшие работающие, законсервированные и заброшенные горнодобывающие и обогатительные предприятия (например, рудник Нижне-Слана, р. Шайо, рис. 9).

Для данной территории весьма типичны каменоломни и карьеры по добыче строительного камня, производство строительных и отделочных материалов местного значения (рис. 10).



Рисунок 5 – Конфигурация долины р. Сомеш в горнопромышленном участке региона Сату-Маре [1]



Рисунок 6 – Отстойники горнопромышленного района Сату-Маре [1]





Рисунок 7 – Переработка аллювия в водосборе р. Тиса [1]



Рисунок 8 – Каменоломни водосбора р. Тиса [1]





Рисунок 9 – Рудник Нижне Слана [1]



Рисунок 10 – Каменоломни Lom Gombasek [1]

В центральной, прирусловой части водосбора р. Тисы также эксплуатируются месторождения экзогенного генезиса – в основном это производство строительных материалов, месторождения благородных металлов в аллювиальных россыпях (добыча промышленным и кустарным способом; последний особенно развит в Румынии). Общим для всех месторождений эндогенного и экзогенного происхождения, находящихся и выведенных из эксплуатации,

является дренирование горных выработок и отходов производства грунтовыми и рудничными водами с поступлением в геологические формации водосбора. В настоящее время рассматривается перспектива разработки Раховского полиметаллического месторождения, расположенного в регионе с высоким рекреационно-туристическим потенциалом. Планируется добыча руды на территории Украины и её вывоз для обогащения в Румынию, что создаст значительную экологическую напряжённость в верхнем течении р. Тиса (рис. 4).

*Канализация и водоотведение.* В пределах региона системы водоотведения и очистки вод обустроивались по разным направлениям. Для территории Украины характерно развитие и функционирование систем водоочистки, унаследованных со времён СССР. Мелкие населённые пункты повсеместно не имеют развитой сети канализации. Малые и средние города в странах ЕС обладают схожими системами очистки сточных вод. При сбросе условно чистых сточных вод необходимо учитывать процессы трансграничного переноса веществ с верховий водосбора в низовье, строение геологических формаций, в частности, проницаемость осадочной формации Прадуная и возможные перетоки между водоносными горизонтами (рис. 11).



Рисунок 11 – Очистные сооружения вблизи г. Деж [1]

*Экологические проблемы региона.* Материалы дистанционного зондирования показывают на увеличение в период 2008–2018 гг. интенсивности сплошной вырубки лесов на участках горных склонов, удалённых от населённых пунктов, тогда как для лесных территорий смежных государств данный вид хозяйственной деятельности нетипичен. В результате вырубки лесов происходит повреждение почвенного покрова водосборов, увеличивается интенсивность выветривания покровных отложений, отмечаются площадная деградация почвенного покрова, проявление склоновых процессов. Указанные изменения окружающей среды в настоящий момент имеют локальный характер, однако тотальное уничтожение закарпатских лесов (рис. 12) может привести к последствиям регионального уровня, таким как изменения климата, гидрохимии речных вод, а также стока рек и др. [1–4, 5–13].

По данным дистанционного зондирования 2004–2017 гг., на приграничных территориях в верхнем течении р. Тисы типичные для водосбора русловые процессы меандрирования привели к изменению конфигурации береговой линии с продвижением русла от Украины к Румынии на 20–70 м и более, что существенно для данного района, учитывая узость речных долин (ширина 0,2–2 км). Примером проявления данных эрозионно-аккумулятивных процессов в долине Тисы (рис. 13) является устье р. Вишоу [1, 3].

Деятельность горно-обогатительных предприятий создаёт значительные риски для речных систем региона – ярким примером является разовый сброс цианида из шламохранилищ (рис. 14), произошедший в горнопромышленном районе Бая-Маре в 2000 г.

Менее выраженный, но постоянный ущерб окружающей среде наносит разработка месторождений в пределах речных долин и равнинных участков водосбора.



Рисунок 12 – Обезлесивание Карпат [1]

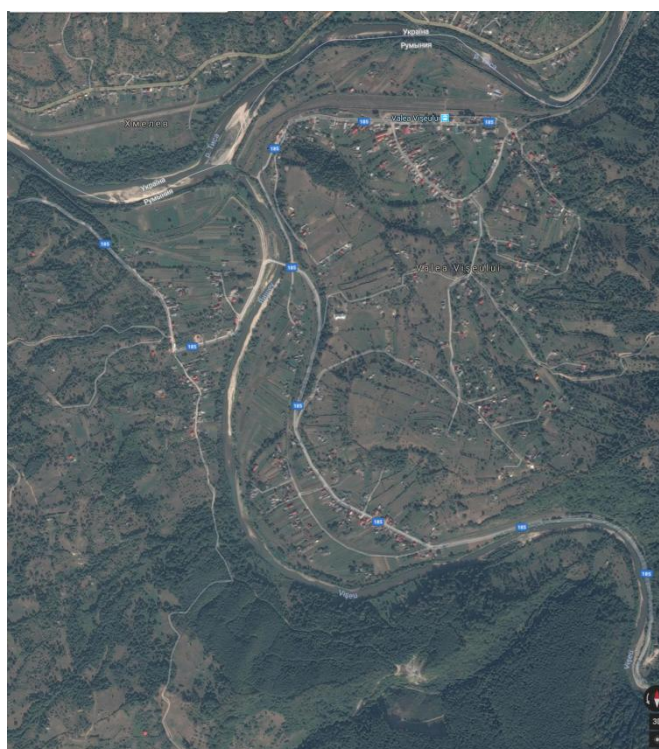


Рисунок 13 – Участки проявления данных эрозионно-аккумулятивных процессов в долине Тисы (устье р. Вишоу) [1]





Рисунок 14 – Экологические последствия в Бая-Маре (2000 г.)

В регионе проводятся мероприятия, направленные на контроль стока, широко распространены малые ГЭС и водохранилища. Для равнинной части водосбора р. Тиса характерны гидротехнические работы по изменению конфигурации русла притоков основной реки, направленные на их спрямление, с целью вовлечения в хозяйственную деятельность значительных площадей стариц и поймы.

На периферии региона, окаймлённой горными хребтами, широко развито сельское хозяйство, разрабатываются участки преимущественно мелкоконтурного типа, оказываются туристическо-рекреационные услуги (рис. 15, 16).

Населённые пункты здесь локализуются преимущественно в пределах речных долин, либо в непосредственной близости к ним. Более равномерно поселения распределяются на территории с менее выраженным расчленением рельефа и равнинной территории, особенно в Среднедунайской равнине. Увеличение плодородности почв приводит к росту численности населения в водосборе, хорошим примером является венгерская часть Среднедунайской равнины с плотностью населения более 80 чел/км<sup>2</sup> (рис. 17).



Рисунок 15 – Долина верхнего течения р. Тиса [1]

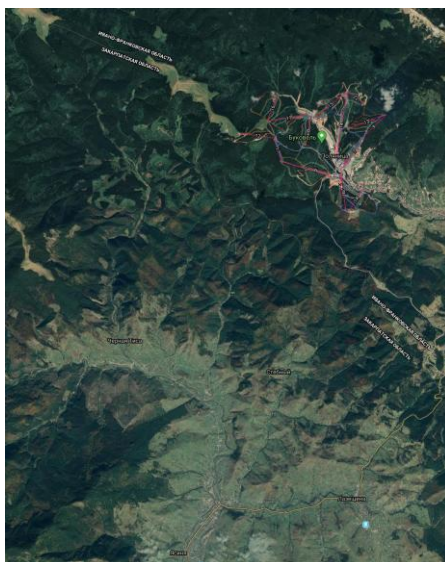


Рисунок 16 – Туристическо-рекреационный участок водосбора р. Тиса [1]

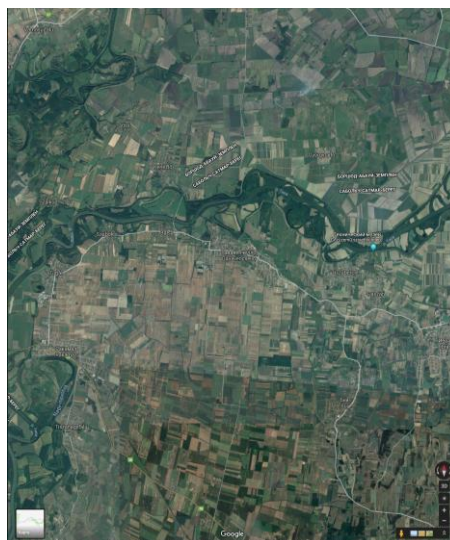


Рисунок 17 – Прирусловой участок водосбора р. Тиса, затронутый агротехногенезом [1]

*Выводы.* На основании проведённого анализа актуальных данных, можно выделить ряд направлений дальнейшего геоэкологического изучения рассматриваемого региона (рис. 18):

- взаимосвязь поступления химических элементов и развития гидрохимических аномалий и гидрогеохимической зональности в водосборе р. Тиса с геологическим строением региона;
- вариации интенсивность выветривания пород горной части водосбора р. Тиса;
- поступление в водосбор рудничных и неочищенных вод горнопромышленных районов;
- характер локализации населённых пунктов на водосборе, системы канализации и экологические проблемы.
- вырубка лесов в Закарпатье и потенциальные гидрологические и климатические риски, в т. ч. нарушение режима водности рек Закарпатья;
- изменение площадей государств на приграничье в результате эрозивно-аккумулятивной деятельности рек естественного характера.

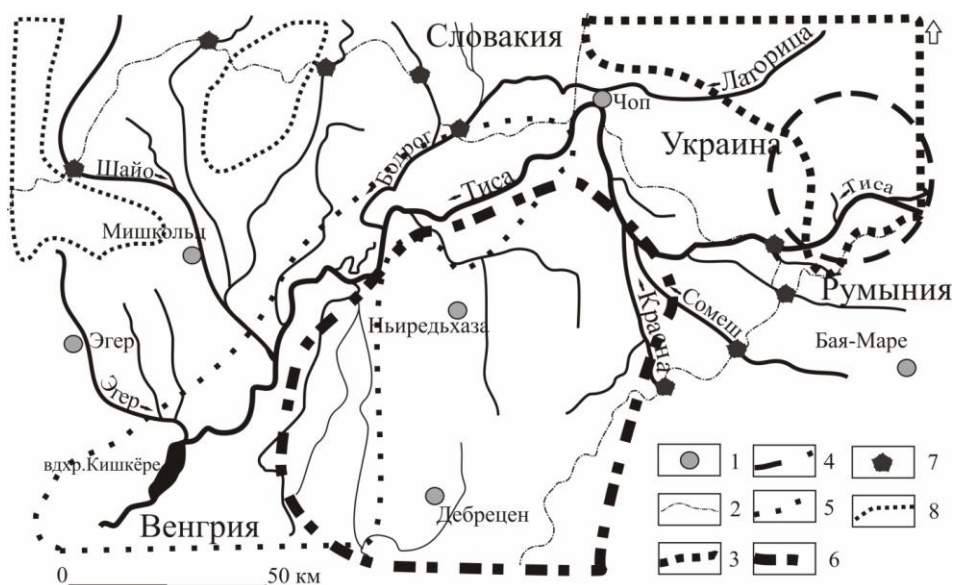


Рисунок 18 – Области развития потенциально неблагоприятных геоэкологических процессов северной части водосбора р. Тиса

1 – крупные индустриальные центры, 2 – государственная граница, 3 – участки с активной вырубкой горных лесов, 4 – область, неблагоприятная для разработки месторождений полезных ископаемых, 5 – область потенциальной экологической напряжённости при трансграничном переносе, 6 – зона возможного перераспределения химических элементов между водосборами притоков р. Тиса, 7 – перспективные участки наблюдения за процессами трансграничного переноса, 8 – участки, благоприятные для ведения производственной деятельности.

#### Библиографические ссылки

1. Google Earth [Electronic resource] / ©Google Inc. Mountain View, 2018. URL: <https://www.google.com/earth> (date of access: 01.07.2018).
2. Mining and Geological Survey of Hungary [Electronic resource] / ©Mining and Geol. Survey of Hungary. Budapest, 2018. URL: <https://map.mbfsz.gov.hu> (date of access: 01.07.2018).
3. Institutul geologic al României [Electronic resource] / ©IGR. Bucuresti, 2018. URL: <http://www.igr.ro> (date of access: 01.07.2018).
4. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra [Electronic resource] / ©Štátny geologický ústav. Bratislava, 2018. URL: <https://www.geology.sk> (date of access: 01.07.2018).
5. Web-portal of Ukrainian Government [Electronic resource] / ©Cabinet of Ministers of Ukraine., Kiev, 2017. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (date of access: 01.07.2018).
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озёр и расчёты основных характеристик их режима. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Зап. Украина и Молдавия (без бассейна р. Днестра). Л. : Гидрометеиздат, 1978. С. 47–57.
7. Національний атлас України / Под ред. Л. Г. Руденко. Киев, ГНПП Картографія, 2008.
8. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. М.: Изд-во ГУГК при СМ СССР карт. 1978.
9. Суцук Ю. Я. Геохимия зоны гипергенеза украинских Карпат. Киев, Наук. думка, 1978.
10. Баранник А. В., Позняк С. П. Горно-лугово-буроземные почвы (Cambic Umbrisols) Украинских Карпат // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 13–21.
11. Папиш И. Я. Дифференциация вещественного состава агрочернозёмов типичных (Haplic Chernozems) Западной лесостепи Украины // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 22–30.
12. Снежко С. И., Ободовский А. Г., Лопух П. С. Долгосрочный прогноз стока горных и равнинных рек для оценки их гидроэнергетического потенциала (на примере Украинских Карпат и Беларуси) // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 1. С. 50–61.
13. Романюк А. Ф., Ярош Е. И., Пикалова С. Д. Формирование химического состава подземных вод Складчатых Карпат, Предкарпатского и Закарпатского прогибов // Проблемы теорет. и регион. гидрогеологии. М. : Изд-во МГУ, 1979. С. 220–223.