

## ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДОЛИНИ ДНІПРА НА ДІЛЯНЦІ ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

**М.Г. Демчишин<sup>1</sup>, Т.В. Криль<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: enggeolog@yandex.ru  
Доктор технічних наук, професор, завідувач відділу.*

<sup>2</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: kotkotmag@mail.ru  
Кандидат геологічних наук, науковий співробітник.*

Розглянуті особливості інженерно-геологічних умов на ділянці прориву Дніпра через Український щит. Антропогенного впливу ця територія зазнавала з давніх-давен. Найбільші зміни відбулись після спорудження греблі багатофункціонального Дніпровського водосховища. Проблема навігації була вирішена при затопленні Дніпрових порогів. Інженерно-геологічні проблеми прилеглих територій до цієї ділянки долини також пов'язані із поширенням ґрунтів лесової формації (перигляціальна зона дніпровського зледеніння).

*Ключові слова:* інженерно-геологічні умови, об'єкти природної спадщини, водосховище, затоплення, кристалічні породи, лесові ґрунти.

## ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF DNIEPER VALLEY ON AREA OF DNIEPER WATER-STORAGE BASIN

**M.G. Demchyshyn<sup>1</sup>, T.V. Kril<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: enggeolog@yandex.ru  
Doctor of technical sciences, professor, chief of department.*

<sup>2</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: kotkotmag@mail.ru  
Candidate of geological sciences, scientific worker.*

The features of engineer-geological conditions on a site of break of Dnieper through the Ukrainian shield are considered. This territory tested anthropogenic influence since olden times. Most changes happened after building of a dam of multifunction Dnieper water-storage basin. The problem of navigation was decided at flooding of the Dnieper rapids. The engineer-geological problems of adjoining to this area of valley territory are also related to distribution of grounds of loess structure (periglacial area of the Dnieper glacier).

*Key words:* engineer-geological conditions, objects of a natural heritage, water-storage basin, flooding, crystalline rocks, loess grounds.

## ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧЕСКІЕ УСЛОВІЯ ДОЛИНЫ ДНЕПРА НА УЧАСТКЕ ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**М.Г. Демчишин<sup>1</sup>, Т.В. Криль<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: enggeolog@yandex.ru  
Доктор технічних наук, професор, завідувач відділом.*

<sup>2</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: kotkotmag@mail.ru  
Кандидат геологічних наук, науковий співробітник.*

Рассмотрены особенности инженерно-геологических условий на участке прорыва Днепра через Украинский щит. Антропогенное влияние эта территория испытывала издавна. Наибольшие изменения произошли после сооружения дамбы многофункционального Днепроовского

водохранилища. Проблема навігації була решена при затопленні Дніпровських порогів. Інженерно-геологічні проблеми прилеглих територій к цьому участку долини також пов'язані з розпространенням ґрунтів лесової формації (перигляціальна зона дніпровського ледника).

*Ключеві слова:* інженерно-геологічні умови, об'єкти природного насліддя, водохранилище, затоплення, кристалічні породи, лесові ґрунти.

## **Вступ**

Ділянка долини Дніпра між містами Дніпропетровськ і Запоріжжя вирізняється проляганням її в каньйоні серед кристалічних порід Українського щита (УЩ), де ріка переходить із Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) в Причорноморську. До цього часу залишається дискусійним питання про час прориву Дніпра через кристалічні породи. Г.І. Горецкий стверджує, що це сталося в неогені, задовго до дніпровського зледеніння [Горецкий, 1970].

Характерно, що урбанізованими процесами в наш час охоплено ділянки тільки на вході і виході в УЩ. Там розташовані великі промислові міста – Дніпропетровськ та Запоріжжя, між якими великі забудови відсутні, а ця частина долини річки входить до Дніпровського (раніше Запорізького) водосховища. В першій половині XVII ст. у північній частині ділянки, на правому березі Дніпра приблизно у 15 км від сучасного Дніпропетровська було зведено фортецю Кодак, що започаткувало заселення цієї території. На півдні з XV ст. освоюється о-в Хортиця, який став осередком військових поселень козаків (Запорізька Січ). Ще на початку XX ст. ця ділянка ріки, довжиною близько 70 км, була порожистою, створюючи проблеми із судноплаванням. Після 1932 р., коли у рамках енергетичної програми було збудовано греблю Дніпрогесу і затоплено цю порожисту частину Дніпра, проблему із навігацією було вирішено. Сама гребля Дніпровського водосховища є унікальною і першою в системі водосховищ Дніпровського каскаду. Це капітальна залізобетонна гребля, арочного типу, висотою 32 м над рівнем води. У період з 1941 по 1943 р. греблю було двічі підірвано у різних місцях. Після вибуху в серпні 1941 р., у результаті якого утворився прорив греблі, водна хвиля спричинила руйнування у нижньому б'єфі і призвела до людських жертв. Гребля була відновлена навесні 1942 р. Вибух в жовтні 1943 р. був менш потужним і мав менші негативні наслідки.

Після спорудження греблі відбулись зміни інженерно-геологічних умов прилеглих територій. Зміни гідрологічного режиму призвели до розвитку зсувних процесів, пов'язаних із лесовими товщами в районі Дніпропетровська. Активізація зсувних та просідних явищ створює загрозу для об'єктів культурної та природної спадщини в межах історичних ареалів у містах Дніпропетровськ та Запоріжжя. Враховуючи природні умови та історичну цінність цих територій, останнім часом висувуються пропозиції про створення тут туристично-рекреаційних комплексів (відтворення фортеці Кодак та зведення вздовж «Дніпровських порогів» екополісу «Ірій-Сад») [Довгаль, 2014].

Зростання обсягів техногенної діяльності (будівництво водосховищ Дніпровського каскаду, забудова та інша господарська діяльність) призводить до змін інженерно-геологічних умов у басейні Дніпра цієї ділянки і виникненню несприятливих умов для життя і діяльності людей. Це насамперед переробка берегів водосховищ із проявом схилових гравітаційних процесів, розмив лесових порід, зміни експлуатаційних умов основ споруд, ґрунтових масивів на території, які безпосередньо прилягають до водосховищ, їх замулювання.

## **Геологічна будова**

Ділянка долини Дніпра розміщена в межах середньодніпровського мегаблока УЩ, який розташований між Дніпропетровськом і Нікополем. Дніпро тут є межею між Дніпровсько-Дніпровською (правобережна частина) та Лівобережно-Дніпровсько-Приазовською північностеповими фізико-географічними провінціями. Правобережна частина долини відноситься до пониженої частини Придніпровської височини. Лівобережна частина – степова низина, яка незначно підвищується у північній частині району та на південь, де вона переходить у Запорізьку рівнину.

Нерівності поверхні докембрію в цій частині УЩ мають тектонічне і денудаційне походження. Розломи орієнтовані переважно у меридіональному напрямку. З ними пов'язані вузькі, долиноподібні грабени, виповнені осадовими породами різного віку [Бондарчук, 1959]. Територія, прилегла до долини Дніпра, характеризується поширенням кристалічних докембрійських порід, які подекуди виходять на поверхню. Це переважно граніти і магматити архейського та протерозойського віку. Частіше кристалічні породи перекриті шаром осадових порід потужністю до 70-100 м. Характерна для цієї території розчленованість поверхні ярами, балками, байраками успадковує тектонічні порушення. Як пише Д.І. Яворницький, «...усіх балок, ярів та байраків незліченна кількість. За даними XVII і XVIII ст.ст. із правого берега Дніпра було 95, а з лівого – 36. З перших найвідомішими були Звонецька, Тягинська, Будилівська, Старокічкаська, Хортицька ... з інших: Лоханка, Тягинка, Дубова, Гіпетуха, Валівала...» [Яворницький, 1990].

Комплекс осадових порід складається з відкладів палеогену: київського ярусу (мергелі, глини, піски, опоки) та харківського ярусу (піски та пісковики).

Неогенові відклади представлені гелветським та тортонським ярусами (глини, мергелі, вапняки), середньосарматським під'ярусом (глини, алевроліти, піски, вапняки), нижньо-верхньоміоценовими нерозчленованими породами (бурі глини), верхньоєоценовими відкладами (піщано-гравійний комплекс) і понтичними вапняками, пісками та глинами (рис. 1). З поверхні розташовані четвертинні відклади, які мають різний генезис. На плато – покривні лесові породи. На долинах – алювіальні утворення: піски з лесовими породами в межах четвертої надзапальної тераси [Демчишин и др., 1991; Краев, 1956]. На схід від Дніпропетровська в долині р. Самара поширені відклади харківської світи олігоцену.

Четвертинні відклади в цьому районі найбільш повно представлені ґрунтами лесової формації. В товщі лесів виділяється стратотип кайдацького горизонту поблизу с. Старі Кайдаки у великому яру, що прорізає правий берег балки Сажанки, яка впадає в р. Дніпро вище її гирла. Відслонюються ле-

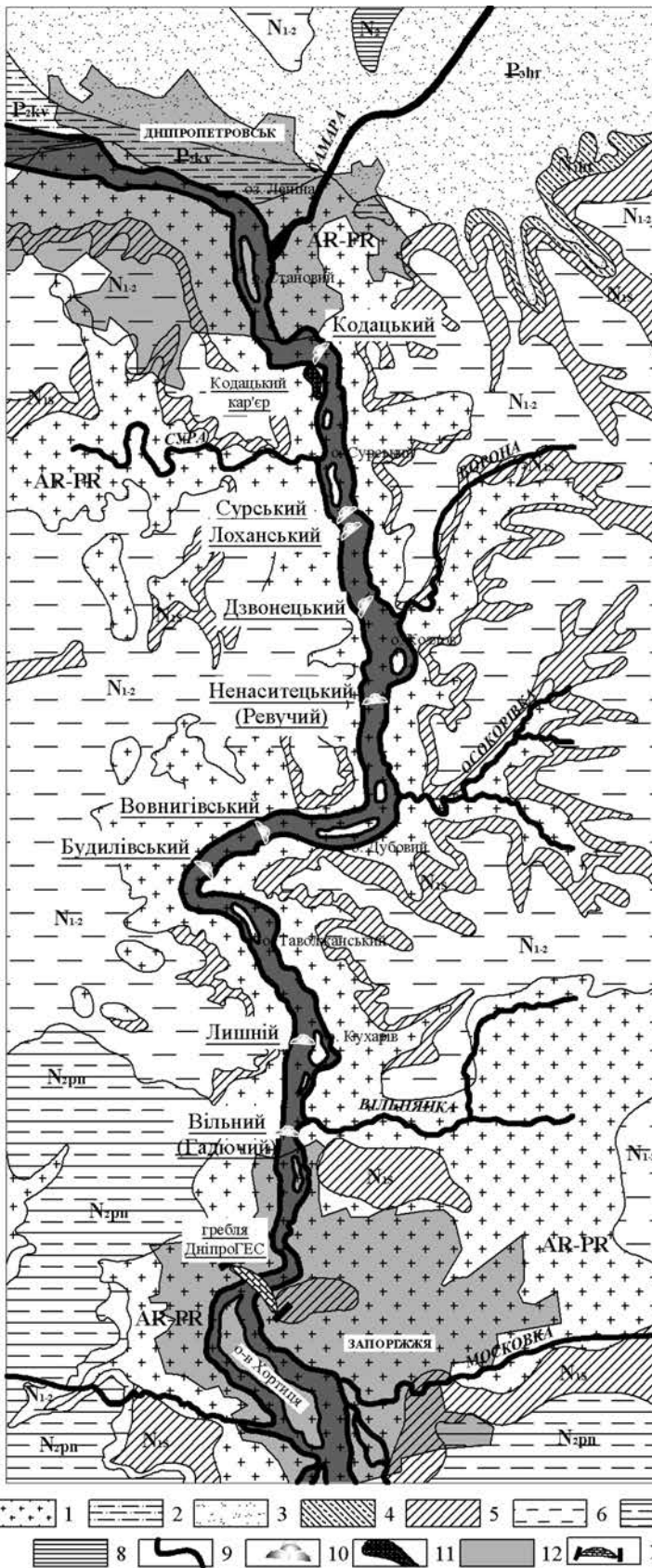
сові товщі зверху вниз від верхнього плейстоцену до неогену. Це відслонення має наукове значення і є опорним розрізом четвертинної системи [Геологические..., 1987].

Гідрогеологічні умови району визначаються наявністю п'яти водоносних горизонтів і комплексів: четвертинний комплекс, комплекс у відкладах неогену, горизонт у харківських відкладах, горизонт у буцацьких відкладах, води у трищівуватих зонах кристалічних порід докембрію. Як джерело водопостачання використовують води останнього типу. Вплив на умови будівництва та експлуатації споруд мають дуже розповсюджені води четвертинного комплексу.

Корінні породи в долині Дніпра на ділянці Дніпровського (Запорізького) водосховища представлені гранітами, плагіоклазовими мігматитами, з поверхні вивітрелими, перекритими лесами й лесоподібними породами [Кривенко, Лапчик, 1934; Бондарчук, 1959; Горецкий, 1970].

Виходи кристалічних порід і окремі скелі (забори) були затоплені при будівництві водосховища. Протяжність порожистої ділянки від Кайдацького порога до Вільного становить 65 км (рис. 2). За даними [Кривенко, Лапчик, 1934; Бондарчук, 1959; Горецкий, 1970], перепади висот на порожистій частині Дніпра становили 33,5 м. Крім порогів над поверхнею Дніпра здіймались і окремі скелі, менші порогів за розміром, які назвали «заборами» (близько 60).

У тектонічному відношенні ділянка є зоною геодинамічної активності, зумовленої ендодинамічними процесами, зокрема переміщенням водних мас (гідроудари). За даними В. Воробйова, дев'ять порогів здійснюють кожної доби до 28 вібраційних поштовхів [Довгаль, 2014]. У місцях впадіння у Дніпро малих річок формуються своєрідні геодинамічні зони. З погляду сучасної геодинамічної нестабільності особливої уваги заслуговують морфоструктурно-неотектонічні вузли. Їх особливість полягає у високому ступені тектонічної роздрібленості, яка прослідковується у верхній частині осадового чохла, а також підвищенні значень рельєфу та активізації екзогенних процесів. Додатковий природний динамічний вплив передається від землетрусів платформної частини України (Кіровоградська область).

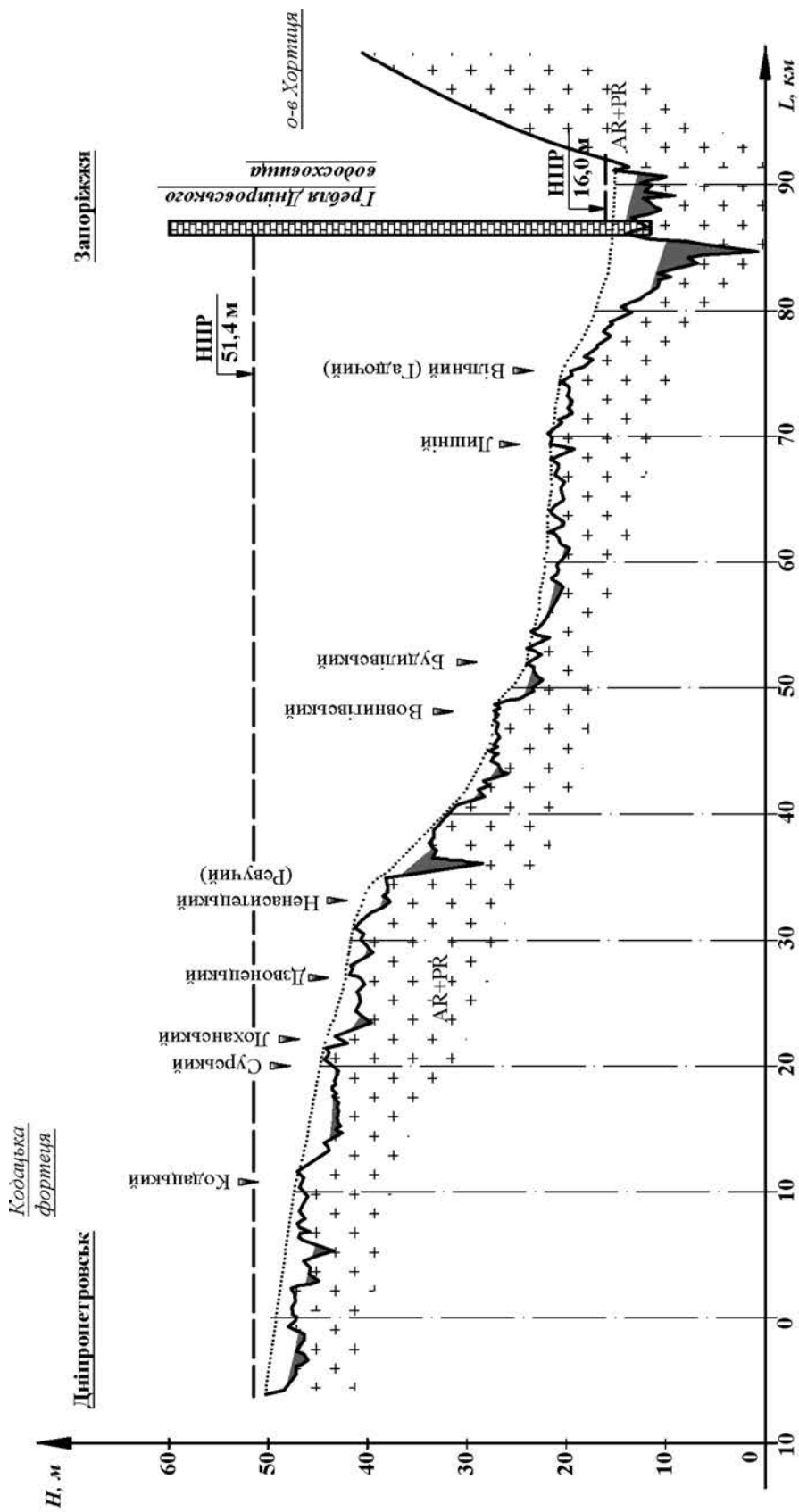


**Рис. 1.** Геологічна карта-схема на ділянці Дніпровського водосховища

1 – архей та протерозой (граніти і мігматити сірі та рожеві плагіоклазові); 2 – палеоген, ківська світа (мергелі, глини, піски, опоки, пісковики); 3 – палеоген, харківська світа (піски глауконітові, пісковики кремністі); 4 – неоген, гел'ветський та тортонський яруси (глини, мергелі, вапняки); 5 – неоген, сарматський ярус (глини, алевроліти, піски, вапняки); 6 – міоцен–пліоцен (строкаті глини); 7 – неоген, понтичний ярус (вапняки черепашкові, піски, глини, пісковики); 8 – неоген нерозчленований (піщано-галечникові відклади); 9 – акваторія водосховища; 10 – Дніпрові пороги; 11 – Кодацький кар'єр; 12 – урбанізована територія; 13 – гребля

**Fig. 1.** Geological card-schemes on the area of the Dnieper water-storage basin

1 – arkhey and proterozoy (granites and migmatiti grey and rose plagioklaz); 2 – a paleogene, Kyivan svita (marls, clays, sands, opoki, sandstones); 3 – a paleogene, Kharkovan svita (sands to the glauconite, sandstones are siliceous); 4 – neogen, gel'vetskiy and torton-skiy tiers (clays, marls, limestones); 5 – neogen, tier of sarmatskiy (clays, alevroliti, sands, limestones); 6 – miocene–pliocene (pied clays); 7 – neogen, pontichniy tier (limestones cherepashkovi, sands, clays, sandstones); 8 – neogen undismembering (pischano-galechnikov deposits); 9 – an aquatorium of water-storage basin; 10 – the Dnieper rapids; 11 – a Kadack quarry; 12 – urbanized territory; 13 – the dam



**Рис. 2.** Схематичний переріз по руслу порожистої частини Дніпра

1 – профіль дна; 2 – середній рівень води до затоплення; 3 – рівень води після затоплення; 4 – кристалічні породи УЦ; 5 – русловий алювій; 6 – греблі водосховищ; 7 – пороги; 8 – осадові породи

**Fig. 2.** Schematic cut on a channel of rapids part of Dnieper

1 – mud line; 2 – average level of water before flooding; 3 – a water level after flooding; 4 – crystal rocks; 5 – alluvium of channel; 6 – dams of water-storage basin; 7 – rapids; 8 – sedimentary rocks

Порожиста ділянка Дніпра, яка починається від м. Дніпропетровськ, на півдні біля м. Запоріжжя обмежується о-вом Хортиця та скелями навколо нього. Нині ця територія має статус Державного геологічного заказника «Дніпрові пороги» та охороняється з 1963 р. Південна частина о-ва Хортиця, острови Байда, Два брати, Стіг разом з історичним ареалом м. Запоріжжя входять до складу заказника. Саме тут у XV-XVI ст. виникло поселення людей, які через національно-релігійний гніт втікали на незаселені землі Дикого Поля, і саме пороги перешкоджали владі розшукувати на тих землях втікачів [Яворницький, 1989]. Геологічною основою о-ва Хортиця слугують докембрійські породи, передусім граніти, перекриті шаром неогенових та четвертинних осадових порід (піщано-глинистих ґрунтів). У північній частині Хортиці над берегом піднімаються скелі заввишки 40-50 м, що спадають у південному напрямку.

### Зміни гідрологічного режиму Дніпра після будівництва Дніпрогесу

Дніпровське водосховище, що утворилось після спорудження греблі в 1927-1932 рр., є першим з дніпровського каскаду із загальною площею водної поверхні 410 км<sup>2</sup> (рис. 3), яке внесло значні зміни в гідрологічні умови Дніпра та інженерно-геологічні умови прилеглої території. Залізобетонна гребля довжиною 760 і висотою 60 м (підводної та надводної частин) забезпечила підняття рівня води на 37,8 м, а трикамерний шлюз довжиною близько 2 км – прохід значних за розміром суден. Основа греблі зведена на найвищих і міцних виступах скель, що визначило кривизну та забезпечило надійність фундаменту споруди. Крім того, арочний тип греблі в плані забезпечує її конструктивну стійкість (сприятливі умови «роботи» бетону на зусилля стискання), а також найбільшу можливу кількість шлюзів для стоку води (47 водозливних кон-



**Рис. 3.** Вид на греблю Дніпровського водосховища [Дем'янов, 2011; Ясонова, 2013]

1 – місця руйнування греблі після вибуху 1941 р.; 2 – місця руйнування греблі після вибуху 1943 р.

**Fig. 3.** A kind on the dam of the Dnieper water-storage basin [Дем'янов, 2011; Ясонова, 2013]

1 – places of the dam destruction after explosion in 1941; 2 – places of the dam destruction after explosion in 1943

струкцій). Дніпровське одне з найзабрудненіших водосховищ внаслідок скидання значної кількості промислових стічних вод, проте в господарському плані Дніпрогес є найбільшим виробником електроенергії серед інших станцій каскаду – його частка становить 38-40%, це близько 650 тис. кВт [Демчишин, Еськов, Саєнко, 1985; Правила..., 2003].

Будівництво Дніпрогесу та утворення водосховища призвело до затоплення порожистої, каньйоноподібної частини долини Дніпра. Сучасні заплавні тераси залишилися незатопленими лише у верхній частині (вище Дніпропетровська і в районі гирла р. Самара). Частини першої, другої та третьої надзаплавних терас фіксуються, крім згаданої хвостової частини водосховища, у нижній третині по обох берегах. Центральна частина долини майже не має терас. Винятком є невелика лівобережна частина четвертої надзаплавної тераси біля с. Запорожець, а також долини малих приток. У південній частині району водосховища яри та балки менше поширені, ніж у північній.

Каньйоноподібна форма і переважаюча у геологічній будові берегів і дні долини міцних скельних порід визначили значну глибину водоймища, невелику його ширину, лише в деяких місцях сягаючи 3 км, при середній – 2 км. Берегова лінія виходить на вузькі надзаплавні тераси, на схили лесового плато. Серед лесоподібних суглинків

уздовж берегів відмічаються виходи кристалічних порід, кількість яких збільшилася за період існування водосховища в результаті розмиву лесового покриву й вивітрилих порід. Інтенсивність переробки берегів цього водоймища в минулому була слабкою, а в наш час характеризується загасанням.

Зарегулювання стоку призвело до гідродинамічних та гідравлічних змін на цій ділянці течії Дніпра. Внаслідок акумуляції весняних паводкових вод значно повільніше стало потрапляння їх у розташовані нижче частини. Відбулись зміни у швидкості течій – з 6-8 до 0,15-0,7 м/с (2-2,5 м/с навесні).

В межах водосховища в Дніпро впадають річки Вільнянка, Плоска, Осокирівка, Ворона, Самара, Мокра Сура та нове річище Орелі (див. таблицю). З обох боків у водосховище впадають близько 40 балок і річок, серед яких найбільші праворуч – Мокра Сура (довжина 138 км), ліворуч – Вільнянка (довжина 30 км), Мокра Московка (довжина 50 км).

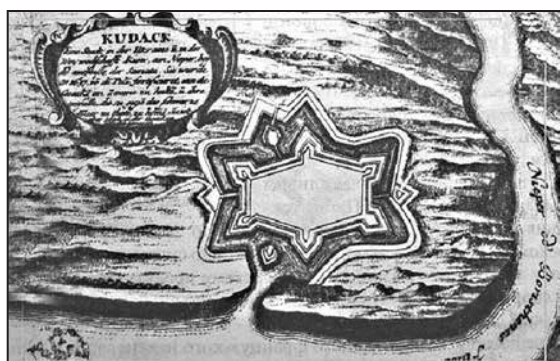
### **Зміна інженерно-геологічних умов при освоєнні долини**

Освоєння території, прилеглої до порожистої частини Дніпра, яке можна порівняти із сучасним рівнем техногенного втручання, почалось у XVI ст. із Запорізької Сечі. Забудова та втручання у природне середовище спричинили знищення рослинного покриву.

### **Притоки Дніпра між Дніпропетровськом і Запоріжжям Branches of Dnieper between Dnepropetrovsk and Zaporizhia**

№ п/з	Назва	Притока	Відстань гирла до місця впадіння, км	Відстань від греблі, км	Абсолютна відмітка гирла притоки, м	Підпір, м	Довжина затоки гирла, км	Довжина, км	Площа водозбору, км <sup>2</sup>
1	Вільнянка	Ліва	337	11	28	29	12,5	30	262
2	Плоска Осокорівка	>>	370	44	38	15	10	28	426
3	Ворона	>>	381	55	43	10	4	32	224
4	Самара	>>	410	84	47	6	18	320	22600
5	Орель	>>	434	108	51			346	9800
6	Мокра Сура	Права	390	64	43,5	9,5	2	138	2830

У 1635 р. на правому високому березі Дніпра, навпроти Кодацького порогу, 15 км нижче теперішнього Дніпропетровська за рішенням польського уряду була збудована фортеця Кодак (рис. 4, а), поблизу якої виникло поселення дніпровських лоцманів. Площа фортеці становила близько 265 тис. м<sup>2</sup>. Кілька разів фортеця руйнувалася і перебувувалася [Яворницький, 1989]. З 1910 р. за ініціативою Д.І. Яворницького на місці фортеці встановлено пам'ятний знак. На території с. Старі Кайдаки збереглися земляні вали фортеці. З 40-х років минулого століття тут діяв механізований кар'єр з видобування граніту № 83. З гранітів виготовляли бут і щебінь для забезпечення будівельним матеріалом м. Дніпропетровськ. Об'єм запасів граніту сягав 450 тис. м<sup>3</sup> [Строительные..., 1964]. Розкривні породи представлені лесоподібними суглинками потужністю 2,5-11,0 м. Зараз кар'єр не діє і затоплений (рис. 4, б).



а (а)



б (б)

**Рис. 4.** Кодацька фортеця на плані Г. Боплана, XVII ст. (а) та затоплений кар'єр на місці її розташування, сучасний вигляд (б)

Fig. 4. Kodack fortress on the plan of G. Voplan, XVII century (a) and a flooded quarry on a place of its location, modern kind (b)

Місто Дніпропетровськ (раніше Катеринослав) заснований у 1776 р. Кількість населення міста на 2013 р. перевищує 1,0 млн, загальна його площа 405 км<sup>2</sup>. Це один з найпотужніших промислових центрів України. Дніпропетровськ – осередок великої урбанізованої агломерації, що розташована на правому та лівому берегах Дніпра. В місті є три великі промзони: у північній та південній частинах правобережжя і на лівому березі. Усього в місті розміщуються 146 великих підприємств, 30% яких мають технологічні процеси, пов'язані з використанням великої кількості води.

Розбудова м. Запоріжжя (колишня Олександрівка) розпочалась з Олександрівської фортеці, закладеної 1770 р. Запоріжжя – шосте за кількістю населення місто України (771 тис. жителів на 2013 р.) із загальною площею забудови 240 км<sup>2</sup>. В ньому знаходяться потужні підприємства з виробництва чорної і кольорової металургії та ін. Це центр електроенергетики та машинобудування. В місті розміщується Дніпрогес. Місто розташоване переважно на лівобережному плато.

В зоні впливу Дніпровського водосховища, зокрема на його берегах, відбуваються такі основні геологічні та інженерно-геологічні процеси та явища: підтоплення, переробка берегів, замулювання, площинний змив та яружна ерозія, просідні явища, зсуви.

**Підтоплення.** Вплив водосховища на підвищення рівня ґрунтових вод (РГВ) має регіональний характер. Проте розвиток підтоплення зумовлюють також інші процеси. На правому березі м. Дніпропетровськ підйом РГВ був обумовлений техногенними чинниками: зокрема, експлуатацією водного господарства міста – втратами води з водопостачальних мереж (протяжність водогінної мережі міста сягає 1270 км); втратами на інфільтрацію в зонах індивідуальної забудови через поливи садів і городів. У лівобережній частині міста підйом РГВ запобіг береговий дренаж. У цих випадках водосховище лише сприяло підйому, а не зумовлювало його безпосередньо. Підйом РГВ у межах правобережних промзон становить 0,8-1,5 м/рік, що призводить до загального підйому рівня на 5-6 м. На лівому березі вплив водосховища спричинив підйом РГВ від 0 до 10 м.



Крім підпору з боку водосховища, в м. Дніпропетровськ на розвиток підтоплення мають вплив такі фактори: затримання поверхневого стоку; замулення каналу Гнилокош; перехід на підземне водопостачання; втрати води; неорганізований скид поверхневих вод; зарегулювання озер.

За даними Дніпропетровського відділення Інституту мінеральних ресурсів у підтопленому стані в м. Дніпропетровськ в останнє десятиріччя ХХ ст. знаходилося понад 4000 будинків і 62 майданчиків промислових підприємств. Підняття РГВ було причиною активізації тут зсувів у житловому масиві «Тополь-1» в 1997 р.

У Запоріжжі почастишали випадки деформації і пошкодження промислових та цивільних споруд, спричинених процесами просідання, зумовленими підняттям РГВ. Як у Дніпропетровську, так і Запоріжжі існує необхідність у реконструкції існуючої водогінної системи, у будівництві нових водостічних колекторів та дренажних систем на зсувних ділянках. Особлива увага в цьому плані має приділятися промзонам, де швидкість підйому РГВ найбільша.

*Переробка берегів.* Регулярні спостереження за процесами переробки берегів Дніпровського водосховища проводилися з 1960 р. засобами їх повторних зйомок [О строительстве..., 1971]. Було проведено інженерно-геологічне районування берегів водосховища (виділено шість районів) та розроблено їх типізацію. При цьому було встановлено, що половина узбережжя (понад 304 км) до цього часу мала вже сформовані береги. Для кожного типу берегів були виконані розрахунки кінцевої переробки. Для скельних високих берегів була прийнята швидкість переробки 0,5-1,0 м/рік [Дранников, 1962]. Береги складені лесовими породами, які швидко розмиваються, на перших етапах мали швидкість розмиву 10-15 м/рік. На сучасному етапі переробка незначна і спостерігається на окремих місцях за аномальних метеорологічних умов.

*Замулювання.* Характеристика загальної інтенсивності замулювання говорить про те, що тут воно менше, ніж в інших водосховищах Дніпровського каскаду [Демчишин, Еськов, Саенко, 1985]. В цьому

плані бажаним є визначення найбільш несприятливих ділянок з джерелами твердого стоку з метою розробки профілактичних заходів щодо зниження їх впливу. Досвід 50-річної давнини дає підстави стверджувати, що середні швидкості седиментації відкладів з часом зменшуються. Для водосховищ Дніпровського каскаду вони становлять 0,73-3,37 см/рік [Краев, 1956; Демчишин, Еськов, Саенко, 1985]. За мінеральним складом у частинах дна, що прилягають до греблі, переважає глинистий та суглинистий мул. Можливості замулювання Дніпровського водосховища на теперішній час не існує.

*Ерозія.* В зоні Дніпровського водосховища спостерігаються три види ерозійних процесів: вітрова, площинного змиву та яружна ерозія.

Вітрова ерозія проявлялася в окремі роки – 1929, 1961, 1969 рр. Вона відома як пилові бурі, що проявлялися на півдні Донбасу, в південних районах Запорізької, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей. Пилова буря в кінці квітня 1928 р. призвела до припинення робіт на будівництві Дніпрогесу.

Водною ерозією найбільш порушені правобережні схили водосховища, де в його північній частині щільність ярів досягає 0,6 км/км<sup>2</sup>. Тільки в правобережній частині Дніпропетровська зафіксовано 17 яружно-балкових систем і понад 20 діючих ярів, багато з яких порушують міські комунікації.

Яри переважно привододільні, довжиною до 4 км, глибиною врізу до 100 м. Берегові – короткі, з глибиною врізу 10-30 м. Донні розвинуті в балках. Серед них є просідно-ерозійні, просідно-суфозійні, ерозійно-обвальні. Яружна сітка у Дніпропетровську займає площу 13,82 км<sup>2</sup>, у Запоріжжі – удвічі меншу [Еськов, 1977].

Через різне походження нерушених водних струмків у районах виділяються два типи площинного змиву: від стоку дощових вод та від стоку вод при таненні снігу. В районі переважає перший тип. Найбільше ці процеси поширені у прибережній зоні водосховища, де вони переробили понад 70% території. Лише за одну зливу з поверхні змивається понад 30 тис. т/км<sup>2</sup> ґрунту. Винос гумусу та поживних речовин призводить до значного зниження родючості.

*Зсуви.* Зсуви та обвали поширені на берегах та схилах ярів і балок. Переважають природно-техногенні зсуви в лесоподібних породах, пов'язані з поверхнею ковзання в бурих та червоно-бурих глинах. Останні більш великі і мають циркоподібні та фронтальні характери. Найбільше поширені зсуви у правобережній частині Дніпропетровська. Тут до кінця 70-х років ХХ ст. нараховувалося 52 існуючих, 19 потенційних зсувних та 58 обвальних ділянок [Краев, 1956; Демчишин и др., 1991].

Протяжність зсувних схилів становить понад 100 км. Найбільш великі зсуви в балках Червоноповстанська, Суха та урочищі Кезерове. У 1997 р. відбувалися зсувні процеси в районі житлового масиву «Тополь-1», що призвели до руйнування житлових будинків. Площа обвальних-зсувних ділянок сягає понад 76 тис. км<sup>2</sup>. Природними факторами розвитку зсувів є рельєф, геолого-літологічна будова і підземні води. Серед техногенних факторів варто зазначити вплив підпору, інфільтрацію, підтоплення, збільшення тиску, підрізки схилів, засипки балок без інженерної підготовки, динамічні навантаження, розмив високих берегів, поблизу яких у руслі великі глибини.

*Просідні явища.* Згідно з визначенням ряду дослідників [Демчишин и др., 1991; О строительстве..., 1971], Дніпровське водосховище розміщене на території поширення лесових порід II типу за просідністю. У населених пунктах на берегах з лесовими породами зафіксовано чимало просідних порушень громадських та промислових споруд. Тільки у м. Дніпропетровськ виділено понад 90 будинків і споруд з ознаками просідних порушень. В Запоріжжі, крім житлових будинків, ознаки просідних порушень мають штучні споруди та підприємства з «вологим» технологічним процесом виробництва.

Товща лесового покриву тут становить 20-30 м, максимальна сягає до 50 м на правобережній частині між Дніпропетровськом і Дніпродзержинськом. Максимальна потужність просідних товщ для Запоріжжя сягає 25 м, для Дніпропетровська – 15 м. Величина просідання залежить від потужності, літологічного складу, структурної будови та властивостей лесових порід, характеру навантаження та умов зволоження.

Особливе значення для визначення просідності має належність лесового покриву до акумулятивних геоморфологічних рівнів Придніпровської височини.

Лесові породи району мають ритмічну будову [Демчишин и др., 1991]. Тут визначаються чотири горизонти викопних ґрунтів. Другий, третій та четвертий лесові горизонти мають повну тричленну будову лесових ритмів із значними за потужністю просідними лесами.

Потужність типових лесів другого горизонту становить тут 5-9 м. Загальна величина просідності лесоподібних суглинків у районі поблизу берегів залежить від потужності майже завжди просідного лесу, який лежить на глибині 3-5 м у верхній частині другого горизонту [Дранников, 1962]. Разом з величинами просідності третього горизонту лесу повна товща дає просідання при навантаженнях 100 кПа до 40 см (Дніпропетровськ) і 100 см (Запоріжжя). При навантаженні до 300 кПа ці величини відповідно зростають до 60 і 140 см.

## **Висновки**

Аналіз геологічної будови ділянки долини Дніпра на місці його прориву через УЩ із геоструктурної області ДДЗ в Причорноморську западину показує, що тут створились своєрідні інженерно-геологічні умови. Особливість їх проявилась при освоєнні цих територій. «Бурхливість» течії Дніпра в межах УЩ при відносно стійких берегах була перешкодою не тільки навігації по Дніпру, але й обмежувала освоєння прилеглих територій під забудову. З огляду на це великі міста виникли на початку (Дніпропетровськ) і в кінці (Запоріжжя) ділянки. Прийнято до уваги і ту обставину, що середньоплейстоценове зледеніння не поширилось далі за каньйоноподібну ділянку долини Дніпра.

Розбудова поселень з кінця ХVIII ст. інтенсивно відбувалася на правому березі Дніпра, перед порожистою частиною долини. Це започатковано зведенням у 1635 р. фортеці Кодак, яка неодноразово зазнавала руйнування і відновлення та була доведена до повного занепаду на початку ХІХ ст. З 1944 р. на її місці відкритим способом проводилась розробка кристалічних порід як сировини для будівельного матеріалу. Вра-

ховуючи історичне значення цього місця, є пропозиції відтворити контури фортеці на місці недіючого зараз кар'єру як об'єкта для розвитку туризму.

Місто Запоріжжя виникло на берегах Дніпра поблизу о-ва Хортиця, який з XV ст. був осередком розселення своєрідних військових формувань (Запорізька Січ) для оборони краю від набігів ординців. Значні зміни інженерно-геологічних умов відбулись у зв'язку з будівництвом Дніпрогесу, затопленням порогів. Відмічаємо надійність греблі Дніпрогесу, яка двічі (у 1941 і 1943 рр.) зазнавала часткових руйнувань вибухами, але зведена на кристалічних породах, вона вистояла і відновлювалась. Розглянуто також проблеми прилеглих територій, де поширені леси перигляціальної зони дніпровського зледеніння, екзогенні геоло-

гічні процеси на схилах долини Дніпра та його допливів.

На прикладі ділянки долини Дніпра досить чітко прослідковуються зміни інженерно-геологічних умов, що спричинені техногенними впливами. Річкові долини навіть на ділянках, де вони сформовані міцними скельними породами, досить чутливі до порушення умов, що склались. Територія, прилегла до Дніпровського водосховища, є перспективною частиною в плані освоєння під забудову з урахуванням новітніх технологій будівництва. Тому моніторинг за цими змінами слугує важливим інструментом для збереження оточуючого середовища та, зокрема, для розробки і проведення заходів щодо захисту від інженерно-геологічних процесів та для збереження об'єктів природної і культурної спадщини.

## Список літератури / References

1. Бондарчук В.Г. Геологія України. Київ : Вид-во АН УРСР, 1959. 832 с.

*Bondarchuk V.G.*, 1959. Geology of Ukraine. Kyiv : Vydavnytstvo AN URSR, 832 p. (in Ukrainian).

2. Горецкий Г.И. Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра. Москва : Наука, 1970. 492 с.

*Goreckiy G.I.*, 1970. The Alluvial chronicle of great Pra-Dnieper. Moscow : Nauka, 492 p. (in Russian).

3. Геологические памятники Украины : Справочник-путеводитель / под ред. Коротенко Н.Е., Щирицы А.С., Каневского А.Я. и др.; изд. 2-е, стереотип. Киев : Наук. думка, 1987. 156 с.

*Geological monuments of Ukraine : Guide-book* Kyiv, 1987 / Ed. Korotenko N.E., Schirica A.S., Kanevskiy A.Ya. et al; 2nd ed. Kiev : Naukova Dumka, 156 p. (in Russian).

4. Демчишин М.Г., Еськов Б.Г., Саенко Т.С. Инженерно-геологические проблемы днепровских водохранилищ. Киев, 1985. 53 с. (Препр. / Ин-т геол. наук АН УССР; 85-15).

*Demchyshyn M.G., Es'kov B.G., Saenko T.S.*, 1985. Engineer-geological problems of the Dnieper water-storage basin. Working paper 85-15, 53 p. Kiev : Institute of Geological Sciences of AS of USSR (in Russian).

5. Демчишин М.Г., Краев В.Ф., Саенко Т.С., Сергеева Л.Г. Лессовый покров территории Украины в сфере техногенеза. Киев, 1991. 57 с. (Препр. / Ин-т геол. наук АН УССР; 91-9).

*Demchyshyn M.G., Kraev V.F., Saenko T.S., Sergeeva L.G.*, 1991. Loess cover of Ukraine terri-

tory in the man-made sphere. Working paper 91-9, 57 p. Kiev : Institute of Geological Sciences of AS of USSR (in Russian).

6. Демьянов В. Спасти Днепр. Экобезопасность. 2011. № 1-2 (7-8). С. 8.

*Dem'ianov V.*, 2011. To rescue Dnieper. *Ekobezopasnost'*, № 1-2 (7-8), p. 8 (in Russian).

7. Довгаль С. Міфічний «Ірій-Сад» стає реальністю. Україна молода. 2014. № 28 (4660). С. 14.

*Dovgal S.*, 2014. Mythical «Irii-sad» becomes reality. *Ukraina moloda*, № 28 (4660), p. 14 (in Ukrainian).

8. Дранников А.М. Итоги изучения и опыт строительства на лессовых просадочных грунтах. Сб. науч. трудов КИСИ. 1962. Вып. 18. С. 5-34.

*Drannikov A.M.*, 1962. Results of study and building experience on loess subsiding grounds. *Sbornyk nauchnych trudov KISI*, iss. 18, p. 5-34 (in Russian).

9. Еськов Б.Г. Инженерно-геологические свойства аллювия Среднего Днепра. Киев : Наук. думка, 1977. 196 с.

*Es'kov B.G.*, 1977. Engineer-geological properties of alluvium of Middle Dnieper. Kiev : Naukova Dumka, 196 p. (in Russian).

10. Краев В.Ф. Просадочные свойства лессовых пород Нижнего Приднепровья. Киев : Изд-во АН УССР, 1956. 148 с.

*Kraev V.F.*, 1956. Subsiding properties of loess rocks of Lower Pridneprov'ya. Kiev : Izdatel'stvo AN USSR, 148 p. (in Russian).

11. Кривенко В., Лапчик Т. До петрографії Кодацького, Лоханського й Ненаситецького порогів. *Тр. УНДГІ*. 1934. Вип. 2. С. 68-77.

*Krivenko V., Lapchik T.*, 1934. To petrography of Kodack, Lokhansk and Nenasiteck rapids. *Trudy UNDGI*, iss. 2, p. 68-77 (in Ukrainian).

12. *О строительстве* в сложных грунтовых условиях в Украинской ССР. В кн.: *Основания, фундаменты и механика грунтов*. Киев : Будівельник, 1971. С. 3-18.

*About building* in difficult ground conditions in the Ukrainian Soviet Socialist Republic, 1971. In: *The bases, foundation and ground mechanics*. Kiev: Budivel'nyk, p. 3-18 (in Russian).

13. *Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду* / Яцик А.В., Томільцева А.І., Томільцев М.Г. та ін. Київ : Генеза, 2003. 176 с.

*Service instruction of the Dnieper cascade water-storage basins*, 2003 / Yacik A.V., Tomil'ceva A.I., Tomil'cev M.G. et al. Kyiv : Geneza, 176 p. (in Ukrainian).

14. *Строительные материалы* Днепропетровской области (Минерально-сырьевая база). Киев : Будівельник, 1964. 290 с.

*Building materials of Dnepropetrovsk areas* (Mineral-raw-material base), 1964. Kiev : Budivel'nyk, 290 p. (in Russian).

15. *Яворницький Д.І.* Дніпрові пороги: Географ.-істор. нарис / худож. О.М. Бузілов. Дніпропетровськ : Промінь, 1989. 142 с.

*Yavornitskii D.I.*, 1989. The Dnieper rapids: Geographic-historical essay / Painter O.M. Buzilov. Dnipropetrovs'k : Promin', 142 p. (in Ukrainian).

16. *Яворницький Д.І.* Історія запорізьких козаків. Т. 1. Львів : Світ, 1990. 319 с.

*Yavornitskii D.I.*, 1990. History of the Zaporozhia cossacks. Vol. 1. Lviv : Svit, 319 p. (in Ukrainian).

17. *Ясонова М.* Взрыв ДнепроГЭС. 18 августа 1941 года / Дата публикации 20.08.2013. <http://www.diletant.ru/articles/19506859>.

*Yasonova M.*, 2013. Explosion of DNEPROGES on August 18, 1941. Available at: <http://www.diletant.ru/articles/19506859> (accessed 20 August 2013) (in Russian).

Стаття надійшла  
27.05.2014