

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

целью обоснования мероприятий по инженерной и экологической защите будущих объектов и минимизации негативного влияния их на подземные воды и минеральные воды.

### Литература

1. Ангахаева Н.А. Селевые явления и их роль в установлении водных и земельных отношений в Тункинском национальном парке (Бурятия)//Проблемы геоэкологии и устойчивого развития в XXI веке. Экология человека и планеты: материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Т.1. – С. 76 – 78.
2. Лехатинов А.М., Лехатинова Э.Б. Объекты экологического мониторинга и познавательного туризма национального парка «Тункинский» (научный –информативный путеводитель) // Иркутск, издательство ООО Репроцентр А1», 2008. 244 с.
3. Природоохранная деятельность в современном обществе / Материалы Международной научно-практической конференции «Тункинскому национальному парку - 20 лет; природоохранная деятельность в современном обществе» (с.Кырен, Республика Бурятия, 12-14 октября 2011 г.). - Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, 2011. - 294 с.

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОГО ГИДРОУЗЛА

М.С. Бахтиёри

Научный руководитель профессор Е.М. Пашкин

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Детальные геологические полевые исследования района строительства Рогунской ГЭС были начаты с 1967 г. и поэтапно с 1978 до 1993 гг. Результаты этих работ показали возможность строительства здесь на р. Вахш Рогунскую ГЭС. Для обновления данных проводились исследования берегов, участка зоны плотины с 2000-го г. Дополнительно в 2012 г. проведено геологическое исследование, основными целями которого были:

- Комплексное изучение правого берега р. Вахш район строительства ГЭС;
- Определение в полном объеме гидрогеологических условий района строительства ГЭС;
- Геологическое картирование поверхности;
- Обоснование некоторых геотехнических характеристик;
- Проведение микрогравиметрических и других измерений.

Для изучения геологических процессов в зоне строительства Рогунской ГЭС необходимо было провести региональные геологические, тектонические, геофизические, гидрогеологические и некоторые другие технические исследования. При региональном исследовании установлено, что зона Рогунской ГЭС расположена в контактовой зоне Южного Тянь-Шаня с приподнятой Северной частью Афгано-Таджикской депрессии. Таджикская депрессия сложена мезо-кайнозойскими осадочными породами, фундаментом которых являются палеозойские отложения, состоящие из метаморфизованных скальных пород.

Северная часть участка строительства Рогунской ГЭС проходит по региональному разлому Иляко-Вахшского структурно-формационного этажа. Русло р. Вахш на участке площадки плотины имеет узкую V-образную форму, которая благоприятствует строительству плотины. Территория Рогунской ГЭС сложена юрскими и меловыми отложениями. Юрские отложения (гаурдакская свита) представлена в основном солевыми отложениями, вторичным гипсом и тонким красноцветным аргиллитом мощностью в среднем 400 м. Нижнемеловые комплексы представлены красноцветными песчаниками и аргиллитами. Мощность отложений нижнего мела в районе Рогунской ГЭС достигает около 1100 м.

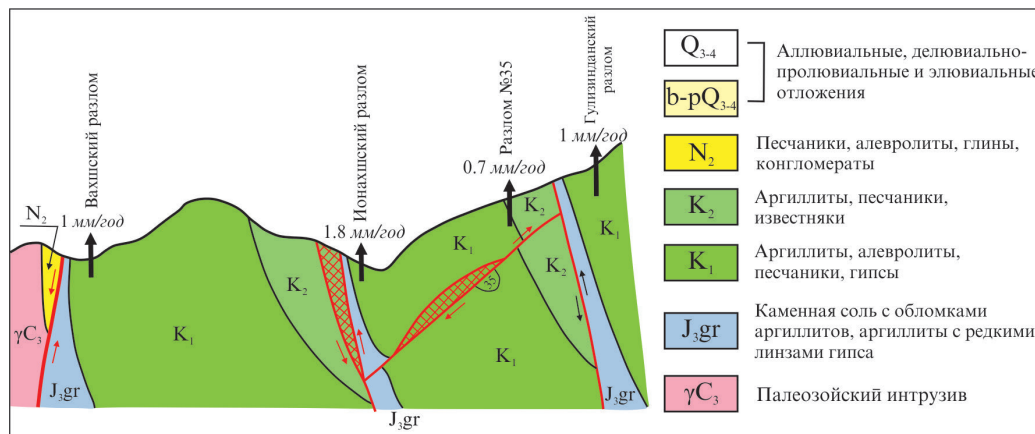


Рис. Схематический разрез, показывающий скорость горизонтальных движений основных разломов (По данным ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС, OSHPC BARKI TOJIK фаза II, 2013)

Основные структурные элементы рассматриваемого района являются Ионахшский, Гулизинданский, Вахшский и др. Геологические структуры имеют направление ВСВ–ЗЮЗ, ось складки заметна на участке кирпичной синклинали плотины. На участке плотины угол падения и направление залегания составляет 75°, а для Ионахшского разлома – 60° для залегания моноклинали, расположенной вниз по течению р. Вахш от разлома [3]. По результатам мониторинга можно сказать, что тектонический блок, разделенный разломами Ионахшским и под №35, поднимается в среднем на 2 мм/год (рисунок). Тем не менее, дифференциальные поднятия между разными станциями характеризуются меньшим наклоном между блоками, разделенными разломами малого порядка [2].

Для окончательной оценки влияния Ионахшского разлома проведены дополнительные исследования в двух скважинах, в том числе геофизические. В результате установлено, что движения блоков не являются чистым поднятием, они могут быть наклонными. Такие сложные деформации могут формироваться над основанием сооружений, разделенных меньшими разломами, что вызывает необходимость увеличения числа постов мониторинга.

Последние исследования показали, что зона разлома сильно расслоена аргиллитами и гипсом (без гипса) в юрских отложениях висячего блока и брекчиях (верхний мел), толща зоны разлома нарушена слоями гипсов. В зоне Ионахшского разлома мощность гипса составляет от 1 до более 5 м. Общая мощность верхнемеловых отложений составляет от 20 до 80 м. Исследования в скважинах IF1 и WRB2 показали, что на верхних отметках проницаемость ниже, чем в невозмущенной зоне примыкания плотины (IF1): от умеренной до высокой в опрокинутом участке (WRB<sup>2</sup>). Наблюдения в цементационной штольне в районе правого берега, как правило, подтверждают водонепроницаемость висячего крыла (ниже по течению) зоны разлома нижней части плотины.

Гулизинданский разлом схож с Ионахшским разломом по природе, по размеру, порядку магнитуд смещений, скорости смещения скольжения. В отличие от Ионахшского разлома Гулизинданский разлом не пересекает основание плотины. Он соединяет водохранилище с нижним бьефом плотины [1]. Исследование показало, что зона разлома характеризуется непроницаемыми породами. Это доказано исследованием проницаемости в двух скважинах: высокие скорости сейсмических волн показывают водонепроницаемость зоны разлома.

Разлом №35 расположен почти перпендикулярно долине реки в 100 м ниже от оси плотины и в сторону верхнего бьефа. Далее в сторону нижнего бьефа разлом становится невидимым [2]. Также встречаются несколько трещин, похожих на разлом №35, но они имеют нулевое смещение и пересекают долину в районе плотины. Расстояние между трещинами 20-60 м. Они наблюдаются во многих местах, у створа плотины – субгоризонтальные, неглубокие разрывные нарушения и имеются мелкие смещения грунтов.

Разлом №37 относится к поперечным разломам, которые обнажаются на правом берегу р. Вахш вблизи перемычки верхнего бьефа. Он имеет направление СЗ-ЮЗ с крутым падением к Юго-Восток; амплитуда смещения приблизительно 150-200 м. Ширина зоны дробления достигает 3-5 м, мощность трещиноватых пород достигает 70 м в ширину. Полевые наблюдения не подтвердили наличие разлома в нижней части склона. Последние исследования не подтвердили существование поперечного разлома, названного ранее разломом №24 непрерывного поверхностного разрыва на правом берегу.

Устойчивость берегов р. Вахш на оползни изучалась ранее. В частности установлено, что левый верхний оголовок выходных туннелей в основном состоит из обломочных пород. Основание этих отложений находится ниже уровня водохранилища. Отсюда следует предположение о том, что оползневые процессы могут развиваться после наполнения водохранилища. Склоны правого берега также представлены огромными обломочными отложениями четвертичного периода, в том числе древним оползнем.

Крутые откосы аллювиальных террас находятся на левом берегу р. Вахш, особенно между устьем Оби-Джушон и каньоном, и от устья Обишур, ниже по течению от каньона. Откосы иногда достигают размера 20-50 м в высоту. В будущем, из-за выщелачивания соли, возможно размывание берега за счет эрозии в их основании.

На правом берегу долины Пассиморухо наблюдается два оползня на этой территории, что интерпретируется как изменения склона вследствие выщелачивания соли в их основании. Что касается «зоны VI» оползневые и деформационные процессы, возможно будут продолжаться. Наблюдаются древние оползни в атипичной V зоне правого берега по нижнему бьефу створа плотины. Объем оползней примерно составляет 75-100 млн м<sup>3</sup>.

Последние исследования показали, что атипичные зоны на правом берегу были результатом тектонических деформаций, в отличие от последовательных массивных оползней и поверхностных процессов. В связи с тем, что структурный изгиб лежит глубоко на склоне правого берега, как предполагается в настоящее время, тектонический фактор оценивается как благоприятный для стабильности склона.

На основе анализа степени выветрелости, пористости, проницаемости и неоднородности выделяется 4 класса горных скальных пород на участке строительства ГЭС:

- 1 класс относится в основном к верхней границе основания, где есть выветрелый аргиллит и глиняные заполнения в трещинах песчаника мощностью 7-40 м; деформации - 1,2-2,5 ГПа;
- 2 класс - скальные породы, лежащие под классом 1; толщина их изменяется от 15-25 м около уровня реки до 40-50 м на верхних откосах;
- 3 и 4 класс соответствуют глубоким, мало выветрелым скальным породам с малой трещиноватостью; верхняя граница их лежит на уровне 20-80 м ниже уровня поверхности для класса 3, и от 60 до 140 м - для класса 4.

На левом берегу реки, предгорья Вахшского хребта состоят из эвапоритовых скальных пород в долине Вахшского разлома. Видимая часть этих скальных пород состоит в основном из гипса, но присутствие соли на глубине нельзя исключить. Между саями Тагикамар и Хаджаалишо, можно выделить обвал с древним оползнем

объемом от 10 до 15 млн. м<sup>3</sup> который может активизироваться после того, как вода достигнет отметки 1250 м и более. Далее на запад от кишлака Талхакчашма молодой обвал пересекает овраг Танакба. Крутого откоса далее, на правом берегу реки Вахш, не видно.

В верхнечетвертичное время на левом берегу р. Вахш обнаружены древние оползни размером в нескольких сотен млн. м<sup>3</sup>. Ранее исследователи предполагали, что эти оползни могут двигаться. Однако последними исследованиями установлено, что скорость сползания настолько мала, что на водохранилище влияние почти не может оказать. Так как р. Вахш является региональным водосбором, то можно исключить просачивание воды из водохранилища. Так, результаты геолого-геофизических исследований на правом берегу долины р. Оби Шур показали, что разлом является водонепроницаемым.

Таким образом, по результатам многолетних геологических, геофизических, инженерно-геологических, сейсмологических и других исследований можно сделать следующие выводы:

1. Существующие материалы по геолого-геофизическим и другим наблюдениям на данном этапе свидетельствует о возможности безопасного строительства Рогунской ГЭС на р. Вахш.
2. Необходим постоянный мониторинг геологического изменения горных пород берегов р. Вахш.
3. Рекомендуется проведение мероприятий по защите геологической среды от возможной фильтрации дождевых вод и по предотвращению схода оползней.

#### Литература

1. Количко А.В. Инженерно-геологические условия строительство плотины Рогунской ГЭС // А.В. Количко, В.Н. Филь. / Гидротехническое строительство, 1981. – № 10. – С. 11–15.
2. Количко А.В. Инструментальные наблюдения за новейшей тектоникой в районе строительства Рогунской ГЭС // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2005. – № 2. – С. 159-163.
3. Морозов С.В. Прогноз изменения химически уплотненных скальных осадочных грунтов в противofiltrационных завесах (на примере Рогунской ГЭС): Автореферат. Дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Москва, 1985 г. – 37 с.

### О МЕТОДИКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ «ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА» ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ)

К.В. Бекирова, А.Г. Мошкина

Научный руководитель доцент Крамаренко В.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия

Строительство на мерзлых грунтах, и особенно на льдах всегда связано с серьезными рисками. Мощные толщи льдов не редки на территории России, и на данный момент активно изучается состав, строение, характер образования ледяных залежей, процесс формирования залежей льда восстанавливается на основе радиоуглеродного, изотопно-кислородного и палинологического анализа, в соотношении с условиями залегания [1-3]. Наиболее интересным объектом является «Ледовый комплекс2 - Центральной Якутии, который получил свое название и детально был изучен при проведении изысканий под железную дорогу Томмот – Кердем. Это особый горизонт, насыщенный жилами льда, плащевидно залегающий на обширных участках, неоднородный по составу, мощности и генезису. Происхождение ледяного комплекса криогенно-эоловое, в связи с тем, что ледяные жилы являются сингенетическими, т.е. сформировавшимися одновременно с вмещающими породами. Комплекс прорывают термокарстовые котловины и участки с отсутствием жильного льда. Территория распространения комплекса представляет собой огромный полумесяц, направленный выпуклостью на восток, повторяющий большой дугообразный разворот долины р. Лена в среднем ее течении [4, 5]. При проведении изысканий, особенно под линейные сооружения, на данной территории комплекс является серьезнейшей проблемой и знание методик исследования состава и свойств мерзлых грунтов весьма актуально.

Целью данной работы является изучение методик исследования мерзлых грунтов и подземных льдов при инженерно-геологических изысканиях. Задачей является подбор и систематизация данных изучающих распространение, состава и свойств пластовых льдов, а также составление схемы-программы их исследования с подбором методик определения состава и свойств грунтов.

В административном отношении объект исследований находится на территории Мегино-Кангаласского улуса с рядом п. Майя Республики Саха (Якутия). В геоморфологическом отношении Мегино-Кангаласский улус расположен в пределах эрозионно-аккумулятивной равнины Центрально-Якутской низменности, характеризующейся обилием аласов. Абсолютные высотные отметки колеблются от 144 до 160 м [4], типичный разрез приведен на рис.1. Особое внимание уделяется на многолетнемерзлым породам, слагающим «ледовый комплекс». Основные характеристики комплекса: сплошное в плане и непрерывное в разрезе распространение ММП при общей мощности 140-300 м; возможное наличие сквозных таликов только под крупными термокарстовыми озерами; максимальная льдонасыщенность в верхней части разреза (от 7-8 до 10-12м по мощности). Общая льдистость от 0,23-0,98 и более; мощность слоя годовых колебаний температуры 18-20