

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 551.436 : 627.4 (571.1 : 571.5)

С. С. КОРЖУЕВ, А. А. ФЕДOTOB

**ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ И РАЙОНИРОВАНИЯ ДОЛИН ГЛАВНЫХ РЕК
СИБИРИ В СВЯЗИ С ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ
СТРОИТЕЛЬСТВОМ**

Рассматривается первый опыт составления в региональном плане схемы инженерно-геологического районирования долин главных сибирских рек применительно к строительству гидроэнергетических сооружений. В основу схемы районирования положен целый комплекс признаков, определяющих как надежность размещения гидротехнических сооружений, так и условия производства строительных работ. Исходя из этих признаков, территория Сибири разделяется на следующие крупные области: I — горная, II — равнинная, III — подгорная (переходная), IV — платообразная трапповая, V — платообразная пластовая и VI — плоскогорная; соответственно дается комплексная характеристика и оценка геоморфологических и инженерно-геологических условий этих областей.

В директивах XXIV съезда КПСС предусмотрено широкое освоение в ближайшем будущем природных богатств Сибири. Среди них водно-энергетические ресурсы занимают одно из ведущих мест. Хотя практическое использование этих ресурсов только начинается, уже имеются крупные успехи в их освоении. Нет сомнения, что значение сибирских рек в энергетическом балансе страны будет неуклонно расти и в недалеком будущем гидроэлектростанции сибирских рек займут ведущее место в выработке электроэнергии в СССР. Это потребует резкого увеличения работ по проектированию и строительству гидроэлектростанций на реках Сибири, расширения инженерно-геоморфологических и инженерно-геологических изысканий для обоснования проектов и обслуживания строительства. Следует ожидать также развертывания проектно-изыскательских работ, связанных с осуществлением идеи переброски стока Оби и Енисея в Среднюю Азию и Казахстан для целей орошения. К всемерному развертыванию инженерно-геоморфологических исследований настойчиво призывают в своих работах И. П. Герасимов (1967) и А. В. Сидоренко (1967, 1970).

В настоящей статье сделана первая попытка составления в региональном плане схемы инженерно-геоморфологического районирования долин главных сибирских рек применительно к строительству гидроэнергетических сооружений. Авторы, понимая трудность составления подобной схемы для обширной и разнообразной в структурном отношении территории Сибири, ограничили свою задачу выделением наиболее крупных единиц районирования без их более дробного деления. Схема охватывает долины рек Оби, Иртыша, Енисея, Лены и их крупных притоков — Бии, Катунь, Томи, Чулыма, Ангара, Подкаменной Тунгуски, Нижней Тунгуски, Курейки, Вилюя, Алдана, Олёкмы, Амги, а также долины Оленёка и Пясины. В пределах почти всех перечисленных рек Гидропроектом при участии авторов статьи в разные годы были проведены проектно-изыскательские работы и выпущены проектные материалы.

Область	Местоположение	Реки области	Характеристика речных долин	Ширина долин	Грунты основания бетонных сооружений	Расчет показателей	Гидрогеологические и мерзлотные условия	Типичные створы	Выстроенные и строящиеся ГЭС
I горная	Западные склоны Алтайского и Саянского нагорий	Верхний Иртыш Катунь Бия Верхняя Томь Верхний Чулым Верхний Енисей	V-образные, реже каньоны, теснины. Сложные условия залегания коренных скальных пород. Наличие тектонических нарушений. Малый покров рыхлых отложений. Террасы преимущественно цокольные. Мощность аллювия небольшая	В среднем до 1 км	Массивные скальные породы различного петрографического состава	Коэффициент внутреннего трения $tg \varphi = 0,8$ Сцепление $C=0$	Горизонты подземных вод трещинного типа. Отдельные пятна многолетней мерзлоты на возвышенностях	А) Для Катунь: Усть-Семинский, Чемальский, Елдинский, Аргутский- Б) Для Чулыма: Верблюжогорский, Назаровский, Мангалский. В) Для Енисей: Шушенский. Г) Для Томи: Крапивинский, Вычегорловский	Усть-Камеягорская и Бухтарминская на Иртыше, Красноярская и Саяно-Шушенская на Енисее
II равнинная	Западно-Сибирская низменность, Лено-Вилуйская впадина	Нижний Иртыш, Средняя и нижняя Обь, Нижняя Томь Нижний Чулым Нижний Енисей Лена от Якутска до Булуна Вилуй и Алдан (в приустьевых частях)	Чрезвычайно распластаные, ящикообразные. Широко развиты поймы и надпойменные террасы, заболоченные и заторфованные. Мощный покров рыхлых мезокайнозойских отложений. Мощность аллювия значительна. Скальные породы погружены глубоко	Несколько десятков км	Рыхлые песчано-глинистые грунты	$tg \varphi$ от 0,30 до 0,68 C — от 1,0 до 0,0	Горизонты грунтовых вод, расположенные вблизи земной поверхности. В районах II-A и II-B сплошная многолетняя мерзлота, с таликами под руслами рек	А) Для Оби: Кондинские, Нарыкарский, Салехардские Б) Для Иртыша: Тобольский, Уватский	
III подгорная (переходная)	Южная часть Западно-Сибирской низменности	Средний Иртыш Верхняя Обь, средний Енисей (от Ангара до Подкаменной Тунгуски), средняя Томь (от Крапивина до Томска)	Промежуточный тип речных долин, сочетающий черты долин равнинного и горного типа; с общим преобладанием по площади долин равнинного типа	В расширениях несколько десятков км, в сужениях до 2—3 км	В сужениях долин скальные породы (кристаллические и осадочные), в расширениях — рыхлые песчаноглинистые отложения	То же, что и для I и II регионов	Аналогичны I и II областям в зависимости от типа долин. Отдельные редкие пятна многолетней мерзлоты	А) Для Оби: Батурицкий Б) Для Енисей: Абылаковский, Осинский В) Для Томи: Томские Г) Для Чулыма: Краснозаводский	Новосибирская на Оби
IV платообразная трапповая	Западная и Центральные части Сибирской платформы	Средняя и нижняя Ангара, Подкаменная Тунгуска Курейка и Хантайка, Верхний и Средний Вилуй	Четковидное строение в плане: А) суженные в траппах, Б) расширенные в палеозойских осадочных породах. В траппах русла лишены аллювия, берега обрывисты, часты «щели». В палеозойских породах аллювий в русле, террасы по берегам	В траппах до 1 км, в палеозойских породах до нескольких км	Массивные, скальные породы — Сибирские траппы	$tg \varphi = 0,80$ $C=0$	Сплошное развитие многолетней мерзлоты на большей части региона. Горизонты грунтовых вод маломощные, непостоянные, преимущественно подмерзлотные и межмерзлотные	А) Для Ангара: Усть-Илимский, Мурский и др. Б) Для Вилуя: Эрбозекский, Усть-Батуобский В) Для Пясины: Пясинский	Братская и Усть-Илимская на Ангаре, Вилуйская на Вилуе, Хантайская на Хантайке

V Платообразная платформа	Южная и Северо-Восточная части Сибирской платформы	Верхняя и средняя Лена Оленя, Верхняя и средняя Ама Часть Среднего Алдана Верхний и Средний Оленёк	Кругосклонные, каньонные образные, врезаны в скальные породы; глубина вреза 150–300 м; хорошо выражены террасы, преимущественно пokoльные. Мощная аллювия небольшая. Узкие и расширенные участки обычно сопряженные	До 3–7 км на узких участках и более широкие на расширенных отрезках	Массивные скальные породы, известняково-доломитово-мергельные	$\text{tg } \varphi = 0,60-0,65$ $C=0$	На севере подмерзлотные и мекмерзлотные трещинного и трещино-карстового типа. Сплошное развитие мощной мерзлоты. На юге воды того же типа, более обильные; мерзлота менее мощная, развита повсеместно	Для Лены: Киренский, Желайский, Мухутуйский, Сатинский, Нижне-Ленские (Чекуровские, Булукурские)
VI Платообразная котловина	Центральные части Алданского и Анабарского массива	Верхний и частично средний Алдан, Тимитов, Учур Верхний и частично средний Анабар	Узкие, ущельеобразные в кристаллических породах и широкие, ящикообразные в мезозойских песчаных отложениях. Террасы различны, мощность аллювия небольшая	От 1 до 5–10 км	Массивные кристаллические — граниты, гнейсы, сланцы, реже мезозойские песчанники	$\text{tg } \varphi = 0,60-0,65$ $C=0$	Горизонты подмерзлотных вод трещинного типа. На севере сплошная мерзлота. На юге мерзлоты на водоразделах нет	Для Алдана: Суо-Титский

ляется также промежуточный тип речных долин подгорных районов, закономерно сочетающийся в своем облике черты долин равнинных и горных рек этих территорий.

Долины рек Средней Сибири (Лена с притоками, правобережные притоки Енисея, Оленёк) связаны с развитием древней Сибирской платформы. Важнейшими чертами геологического строения, определившими особенности ее морфоструктуры и морфологию речных долин, являются: 1) высокое положение цоколя платформы и слагающих ее древних свит; 2) пластовая структура почти ненарушенного платформенного чехла; 3) широкое распространение траппов в западной части и кристаллических пород на юге (Алданский щит) и севере (Анабарский массив) платформы; 4) наличие многочисленных разломов; 5) слабое развитие осадков кайнозоя. В этих условиях выделяется несколько морфологических типов речных долин, которые по инженерно-геологическим условиям резко отличаются от рассмотренных выше долин Западной Сибири и Алтае-Саянского складчатого пояса.

Долина Нижнего Енисея, расположенная на границе Западной и Средней Сибири, приурочена к крупной флекуре, осложненной разломами, и имеет сложное строение. Она рассматривается вместе с долинами рек Западной Сибири, к которым она стоит ближе всего по своей морфологии и инженерно-геологическим условиям. При более детальном районировании долина Енисея заслуживает выделения в особый тип.

В основу схемы районирования долин крупных рек Сибири положены признаки, определяющие как надежность размещения гидротехнических сооружений, так и условия производства строительных работ: а) морфология долин, б) состав и мощность кайнозойских отложений, в) геологическое строение и свойства пород как основания сооружений, г) мерзлотные условия и интенсивность современных рельефообразующих процессов, д) сейсмическая активность, е) наличие строительных материалов, ж) условия создания водохранилищ, з) полезные ископаемые и хозяйственно-ценные земли зоны затопления (Белый, Бин-

деман, 1950; Горецкий, 1959; Коржуев, Федотов, 1960; Попов, 1961, 1965).

Исходя из этих признаков ниже предлагается схема разделения территории Сибири на крупные области, в пределах которых в ряде случаев выделены районы и подрайоны. Всего выделено шесть крупных областей: I—горная, II—равнинная, III—подгорная (переходная), IV—платообразная трапповая, V—платообразная пластовая и VI—плоскогорная (таблица).

I. **Горная область** охватывает южную часть территории районирования, расположенную в основном в пределах Алтае-Саянского складчатого пояса и Западной Сибири. В нее входят долины: а) Иртыша — от верховьев до Шульбинских створов, б) Катунь — от верховьев до Приобской равнины, в) Бии — от Телецкого озера до Бийска, г) Томи — от ее верховьев до створов у с. Крапивного и д) Енисея — от верховьев до Казачинских порогов.

По строению долин реки региона, исключая Бию, не отличаются большим разнообразием, имеют типично горный характер, обладают крутыми уклонами, порожистыми руслами и большими скоростями течения. Врезаны реки глубоко, продольный профиль их не разработан. Преобладающая форма долин У-образная, ущельевидная, реже каньонообразная, с крутыми обрывистыми берегами, сложенными скальными породами. Условия залегания пород характеризуются часто сложной геологической структурой и наличием крупных тектонических нарушений. Склоны коренных берегов долин обычно покрыты обвалами и осыпями, местами развиты оползни (Золотарев, 1956). Четвертичные отложения маломощны и представлены в основном гравийно-галечниково-валунными осадками. Часто русла рек врезаны в скальные породы и вовсе лишены рыхлых отложений.

В местах пересечения межгорных котловин долины рек расширяются, аллювий становится преимущественно песчано-галечниковым; им сложены низкие террасы. Мощность аллювия увеличивается. Во многих долинах встречаются также ледниковые отложения и мореноподобные образования селевых потоков. Последние требуют пристального внимания изыскателей и проектировщиков с целью разработки мер для защиты гидротехнических сооружений (Непорожний, 1947).

Большинство долин горного региона хорошо террасировано; количество и строение террас от места к месту часто резко меняются. На многих реках насчитывается от 5—10 до 12—20 террас и более; преобладают эрозионно-аккумулятивные террасы. На расширенных участках долин в межгорных котловинах развиты в основном низкие уровни аккумулятивных террас. В ущельях террасы отсутствуют.

Долина Бии не типична для горного региона. Она имеет корытообразную форму и выполнена хорошо фильтрующимися флювиогляциальными валунно-галечниковыми отложениями мощностью до 150—200 м. Скальные породы в фильтрационном отношении неоднородны. Подземные воды в прирусловой части долин располагаются на отметках, близких к урезу воды в реке. На повышенных отметках встречаются пятна многолетней мерзлоты, не представляющие практического значения. Сейсмичность территории не превышает 7 баллов.

В долинах рек горного региона размещение бетонных сооружений может быть осуществлено на скальном основании. Сооружение плотин арочного типа исключено в связи с характером строения долин. Невозможно строительство земляных плотин из местных песчаных или суглинистых грунтов вследствие их дефицита. Наибольшее развитие имеют месторождения камня и гравийно-галечниково-валунных отложений. По условиям рельефа не всегда возможно создание водохранилищ большой емкости. Типичными створами для Катунь являются Усть-Семинский, Чемальский, Еландинский и Аргутский, для Томи-Крапивинский и

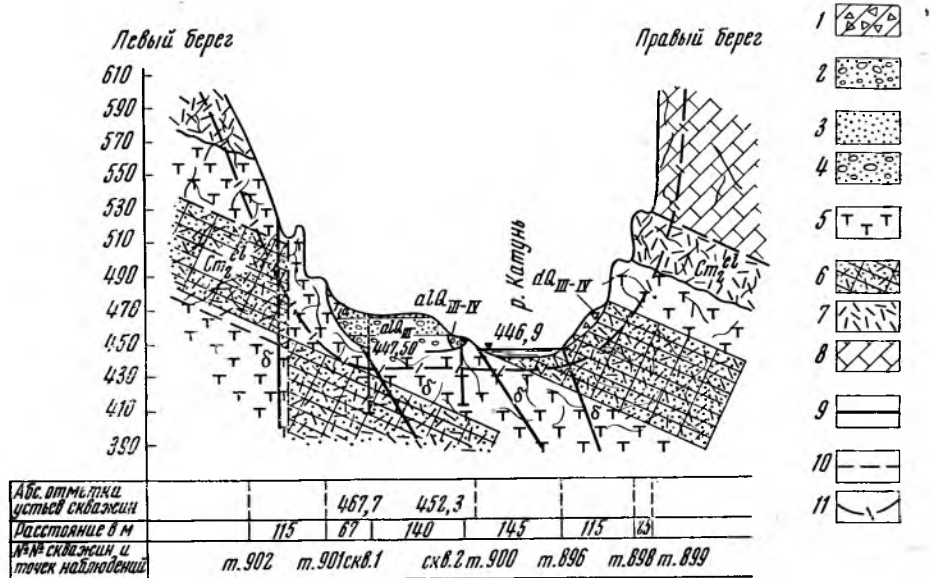


Рис. 2. Поперечный геологический разрез долины р. Катунь. Еландинский разведочный створ Гидропроекта.

Четвертичные отложения: 1 — щебень и дресва с суглинками (делювий — dQ_{III-IV}); 2 — валуно-галечниковые пески (первая надпойменная терраса — alQ_{III-IV}); 3 — пески темно-серые, тонкозернистые (вторая надпойменная терраса — alQ_{III}); 4 — гравийно-галечниковые пески с валунами (то же). Кембрийские отложения. Еландинская свита ($Сп^e_6$): 5 — порфириды и туфопорфиры темно-серые, крепкие, трещиноватые; 6 — туфопесчаники темно-серые, почти черные; 7 — туфопесчаники темно-серые, крепкие, трещиноватые; 8 — известняки светло-серые, метаморфизованные; 9 — дайки порфиров светло-серых трещиноватых (δ); 10 — линия тектонического нарушения; 11 — граница разрушенной зоны

Вычегорловский. В долине Бии все разведанные створы идентичны и отличаются друг от друга лишь условиями примыкания плотин. В пределах региона на Иртыше построены Усть-Каменогорская и Бухтарминская ГЭС с бетонными гравитационными плотинами; на Енисее заканчивается строительство Красноярской ГЭС и возводится Саяно-Шушенская ГЭС (рис. 2).

II. Равнинная область охватывает низменные равнины центральной и северной части Западной Сибири и Центральной Якутии. В нее входят долины: а) Иртыша — от Семипалатинского створа до устья, б) Оби — от Батуринского створа до Обской губы, в) Томи — от Томска до устья, г) Енисея — от Подкаменной Тунгуски до устья, д) Лены — от Сатинских островов до Кюсюр, е) Алдана — в нижнем течении и ж) Вилюя — от Нюрбы до устья.

Реки области обладают очень пологим уклоном, слабым течением, сильно меандрирующим руслом с многочисленными протоками, старицами и обилием песчаных отмелей. Долины рек чрезвычайно распластаны, преимущественно асимметричны, достигают ширины десятков километров, хорошо террасированы. Количество террас на реках Центральной Якутии и на Енисее значительно больше, чем на Оби и ее притоках. В пределах региона Обь и ее притоки имеют от двух — четырех (Обь, Иртыш) до четырех — шести (Чулым) террас, с преимущественным развитием широких пойм и низких надпойменных уровней. В долине Лены имеется десять, а на Вилюе и Алдане — по восемь террас с высотами от 1—7 до 90—170 м. Наиболее широко распространены пойма и низкие террасы, имеющие повсеместно аккумулятивное строение. Средние и высокие террасы на Лене и ее притоках обычно эрозивно-аккумулятивные и цокольные, а на реках Западной Сибири — аккумулятивные (Сергеев и др., 1964).

Поймы часто многоступенчатые, сильно заболочены, занимают основную часть днища долин. В долинах низовий Вилюя и Лены мощность

многолетнемерзлых пород, по данным бурения, достигает 500—600 м. Под руслами крупных рек (Обь, Лена, Вилюй, Алдан и др.) многолетнемерзлые породы отсутствуют, что часто определяет условия компоновки основных бетонных сооружений гидроузлов.

Отложения пойм и надпойменных террас представлены суглинками, супесями, песками и галечниками. Суглинисто-супесчаная пачка аллювия сильнольдистая и содержит подземные льды в виде прожилков, линз и клиньев. Изменение температурного режима вызывает интенсивное развитие криогенных процессов и явлений (солифлюкция, оползни, термокарст, пучение и др.). Мощность аллювиальных отложений на реках региона составляет 100—200 м при мощности аллювия пойм в 20—40 м. Долины большинства рек имеют сложное строение с наличием участков переуглубления и погребенных древних пра-долин. Современный врез их неглубокий. В целом преобладают процессы аккумуляции. Узкие и расширенные сопряженные отрезки, а также места выходов коренных пород, удобные для размещения гидротехнических сооружений, встречаются крайне редко. Грунтовые воды в северной части региона сезонны и расположены вблизи земной поверхности. Речные долины имеют преимущественно «закрытый» характер.

По условиям развития многолетней мерзлоты область подразделяется на три района: а) Западно-Сибирский — северный с широким развитием многолетней мерзлоты, б) Западно-Сибирский — южный с наличием отдельных пятен многолетней мерзлоты и в) Якутский со сплошным развитием мерзлоты и широким распространением подземных льдов (Вилюй, Лена, Алдан). Граница между северным и южным Западно-Сибирскими районами проходит в долине Оби несколько южнее пос. Березово.

Физико-механические свойства четвертичных отложений характеризуются низкими значениями расчетных показателей, зависящих от литолого-генетического типа пород. Размещение бетонных сооружений может быть осуществлено в долине рек на глинах палеогена или на четвертичных аллювиальных песках и гравийно-галечниковых отложениях. Земляные сооружения могут быть возведены мокрым и сухим способами из местных песчаных и глинистых грунтов. По инженерно-геологическим условиям долины рек региона, как правило, малоблагоприятны для гидротехнического строительства.

Создание емких водохранилищ в долинах рек равнинной области осуществимо. Однако акватории водохранилищ в хвостовых частях будут отличаться мелководьем. С учетом сильной заболоченности долин рек и высокого положения уровня грунтовых вод подтопление территорий, прилегающих к водохранилищам, по проведенным расчетам не достигнет больших размеров; переработка берегов водохранилищ будет наблюдаться лишь на высоких берегах долин. В долинах рек региона пока еще не построено ни одной гидроэлектростанции. Наиболее перспективным в этом отношении является участок долины Оби в районе Салехардских островов. Типичными для региона являются Нарыкарский и Кондинские створы на Оби, Уватский и Тобольский на Иртыше, Усть-Алданский и Жигановский на Лене.

III. Подгорная (переходная) область охватывает долины рек южной и частично центральной части Западно-Сибирской низменности, объединяя в себе черты горной и равнинной областей. В нее входят участки: а) Иртыша — между Шульбинскими и Семипалатинскими створами, б) Оби — от слияния Бии и Катунь до Батуриных створов, в) Енисея — от устья Ангара до устья Подкаменной Тунгуски.

Долинам рек этой области в целом свойственны черты долин равнинных рек. Однако на отдельных участках (например, у Бурмакинской шиверы и на Осиновских порогах на Енисее, вблизи Батурино на Оби) они приобретают облик, близкий к долинам горных рек. По инженерно-геологическим условиям такие участки, собственно, и являются местами,

привлекательными гидротехников для размещения в их пределах гидроэлектростанций. Долины рек характеризуются широким развитием рыхлых песчано-глинистых отложений мезо-кайнозойского возраста. Пески содержат много гравия и гальки, особенно в южных участках рек. Базальный горизонт в основании песков хорошо выдержан, достигает мощности в несколько метров и характеризуется высокими фильтрационными свойствами. Речные долины имеют ящикообразный асимметричный поперечный профиль. По бортам хорошо выражены террасы. В участках пересечения реками коренных скальных пород (например, огрогов Енисейского кряжа) долины резко сужаются, террасы исчезают и появляются террасированные уступы; мощность руслового аллювия падает, в результате часто обнажаются коренные породы. На таких отрезках долин по берегам развиты осыпи и обвалы.

В переходной области размещение бетонных сооружений на скальном основании может быть осуществлено лишь в упомянутых сужениях долин, например на гнейсах Абалаковских створов на Енисее, на гранитах Батурина створа на Оби (рис. 3).

Земляные сооружения можно возводить из местных грунтов (песков, супесей и суглинков) сухим или гидромеханическим способами. В долинах рек можно также создавать емкие водохранилища. Подтопление территории и переработку берегов водохранилищ следует ожидать в несколько больших масштабах, чем это прогнозируется для долин равнинного региона. Месторождения полезных ископаемых в долинах в настоящее время неизвестны. Однако наличие Горевского свинцоворудного месторождения исключило возможность сооружения Енисейской ГЭС на Абалаковском створе ниже устья Ангары с расчетом одновременного использования стока Енисея и Ангары.

IV. Платообразная трапповая область занимает большую часть западной половины Сибирской платформы. В нее входят долины: а) Подкаменная Тунгуски от истоков до устья, б) Нижней Тунгуски от истоков до устья, в) Курейки и Хантайки в их нижнем течении, г) Вилюя от истоков до пос. Нюрбы, д) Пясины вблизи ее истока из оз. Пясино и е) Ангары примерно от широты 55° до Енисея. Приустьевая часть долины Ангары, расположенная в пределах Енисейского кряжа, условно также отнесена к этой области.

Современный рельеф выражен глубоко размытыми и рассеченными на разную глубину трапповыми и пластово-трапповыми плато. Для геологической структуры области весьма характерны разрывная тектоника и связанные с ней многочисленные пластовые и секущие интрузии траппов, прорывающие толщу осадочных пород палеозоя, представляющую породами полускального типа. Благодаря такому строению гидрографическая сеть области тесно связана с тектоникой и литологией пород, что отчетливо выражается в резко изломанном рисунке рек, невыработанном ступенчатом продольном профиле, наличии в руслах многочисленных порогов и шивер и характерном четковидном строении долин в плане. Русла и бечевники крупных рек выстланы галечниками и валунниками, образующими часто так называемые «аллювиальные мостовые» длинные (до 50—100 м) косы («корги») и валы («кекуры»). Речные долины в основном сравнительно узкие, глубокие и крутосклонные, обычно четко видные, преимущественно с цокольными террасами и поймами. Они характеризуются глубоким современным врезом, слабой аккумуляцией и небольшой мощностью аллювия.

При пересечении устойчивых к размыву траппов долины резко сужаются и имеют вид каньонов, ущелий, теснин и так называемых «щек» с причудливыми очертаниями скалистых берегов. На участках, сложенных более податливыми к размыву породами палеозоя, долины заметно расширяются и становятся ящикообразными. Низкие террасы относительно широкие, имеют аккумулятивное и эрозионно-аккумулятивное строение

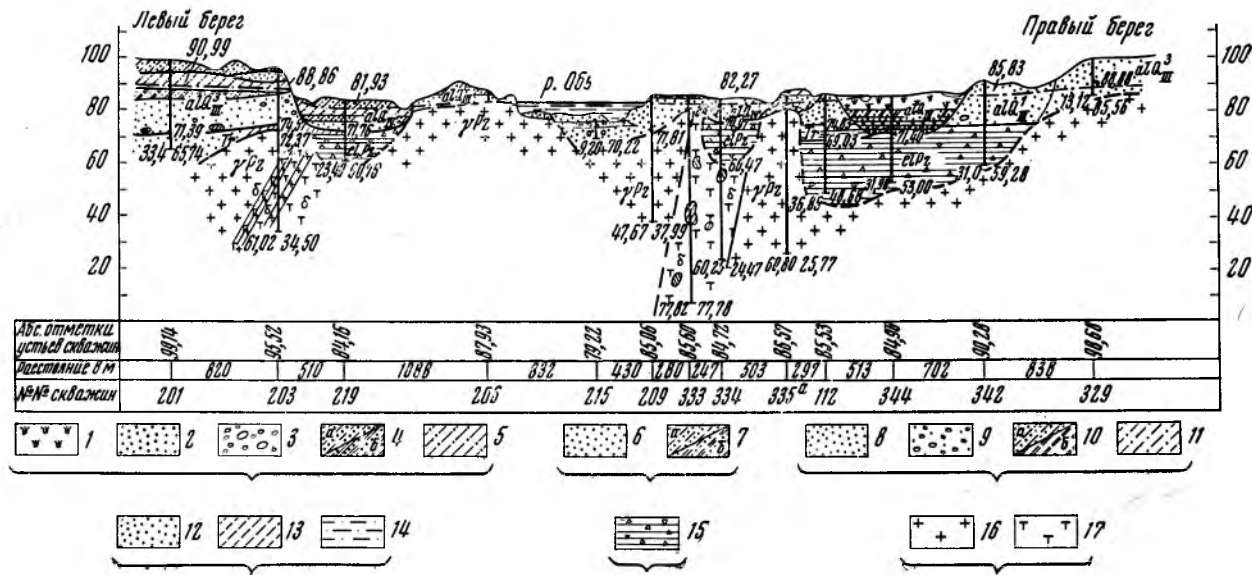


Рис. 3. Поперечный геологический разрез долины Оби. Батуринский разведочный створ Гидропроекта

Четвертичные отложения. Аллювиальные отложения поймы ($alQIV$): 1 — торф коричневый, разложившийся; 2 — пески желтовато-серые с гравием и галькой; 3 — гравий, галька и валуны с примесью песка; 4 — супеси легкие (а), тяжелые (б), темно-серые с прослоями песка; 5 — суглинки легкие, темно-серые. Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы ($alQIII^1$): 6 — пески желтовато-серые с редкой галькой и гравием; 7 — супеси легкие (а), тяжелые (б), светло-коричневые с песком. То же, второй террасы ($alQIII^2$): 8 — пески серые с гравием и галькой; 9 — гравий и галька с песком; 10 — супеси легкие (а), тяжелые (б), желтовато-серые; 11 — суглинки легкие, пыловатые. Третичные отложения (Tr): 12 — пески мелкозернистые, серые, с мелкой галькой. 13 — суглинки средние, серые; 14 — глины легкие, темно-серые с тонкозернистым песком. Элювий (elPz): 15 — глины каолиновые, белые, участками с зеленовато-серым оттенком, с кварцевой дресвой от 3 до 80% (кора выветривания). Магматические породы: 16 — граниты мелкокристаллические, трещиноватые, в верхней части выветрелые; 17 — диабазовые порфириды, темно-серые, сильноотрещиноватые, с ксенолитами гранитов

с мощностью аллювия до 20—40 м. Террасы средних уровней выделяются менее отчетливо; они обычно неширокие, эрозионно-аккумулятивные, с мощностью аллювия до 10—30 м. Высокие террасы эрозионные, сильно размывы и выражены слабо. В долине Ангарты выделяется 10 террас, на Подкаменной Тунгуске — 13—14, на Нижней Тунгуске — 9—10 и в долине Вилюя — 6 террасовых уровней с высотами от 2—4 до 35—160 м. При пересечении реками траппов террасы обычно отсутствуют вовсе или сильно редуцированы и лишены аллювия. Террасовые отложения представлены в основном среднеречистыми и крупнозернистыми песками с гравием, галькой и валунами. Для долин области характерно интенсивное развитие склонообразующих процессов, причем наряду с обычными движениями земляных масс по склону (осыпи, обвалы и др.) наблюдаются и весьма специфические процессы, такие, как блоковые оползни ангарского типа и явления скалывания («отседания») склонов (Соколов, 1957; Коржув, 1959; Солоненко, 1959).

За исключением Ангарты, долины всех остальных рек охвачены многолетней мерзлотой, мощность и жесткость которой возрастает к северу и востоку. В этих долинах особенно усиливаются склоновые процессы, связанные с течением (солифлюкция, сплывины и др.), просадками (термокарст) и пучением мерзлых грунтов. Один из вариантов размещения Вилюйской ГЭС (вблизи устья Малой Ботуобии) был отвергнут в ходе изысканий вследствие вскрытия на участке створа в его прирусловой части мерзлых и сильнольдистых песчано-глинистых пород нижнего ордовика (Коржув, Федотов, 1960).

В некоторых долинах области широко распространен карст. Наиболее интенсивно он развит в районах отсутствия многолетней мерзлоты, например в долине Ангарты. Именно по этой причине был исключен из схемы Ангарты створ в районе Бархотова (Соколов, 1957). Мерзлое состояние пород определяет слабое развитие верхних водоносных горизонтов, преобладание поверхностного стока атмосферных осадков над их инфильтрацией и наличие быстрых и мощных летних подъемов уровней воды в реках во время дождей.

В долинах рек размещение основных бетонных сооружений может быть осуществлено на скальном основании в местах пересечения рекой пластовых интрузий траппов, представленных массивными диабазами, вязкими, высокой механической прочностью породами (рис. 4). Осадочные палеозойские породы не могут быть рекомендованы для размещения бетонных сооружений в связи с вероятной их деформацией после оттаивания. Строительство высоких плотин из местных рыхлых грунтов — песков, супесей, суглинков — исключается вследствие их ограниченного развития. В широких масштабах могут разрабатываться в местных карьерах строительный камень и гравийно-галечно-валунные образования. Создание емких водохранилищ по условиям рельефа речных долин не всегда возможно. Вододерживающая способность пород в связи с развитием сплошной многолетней мерзлоты для долин большинства рек бесспорна, но **требует** своего подтверждения изысканиями для долин рек, расположенных в южной части области.

Несмотря на отмеченные недостатки, долины рек области по инженерно-геологическим условиям благоприятны для строительства гидроэнергетических сооружений. Наличие суженных отрезков долин, в прочных скальных породах, и их сопряженность с расширенными участками позволяют возводить электростанции с высоконапорными плотинами. В описываемом районе на траппах возведен Братский гидроузел на Ангаре. В аналогичных условиях заканчивается строительство Усть-Илимской ГЭС, а на Вилюе окончено строительство первой очереди Вилюйской ГЭС. За полярным кругом на траппах возводится Хантайская ГЭС. Типичных створов через долины рек региона очень много. Самым северным является створ на Пясине, расположенный вблизи ее истока из одноименного озера.

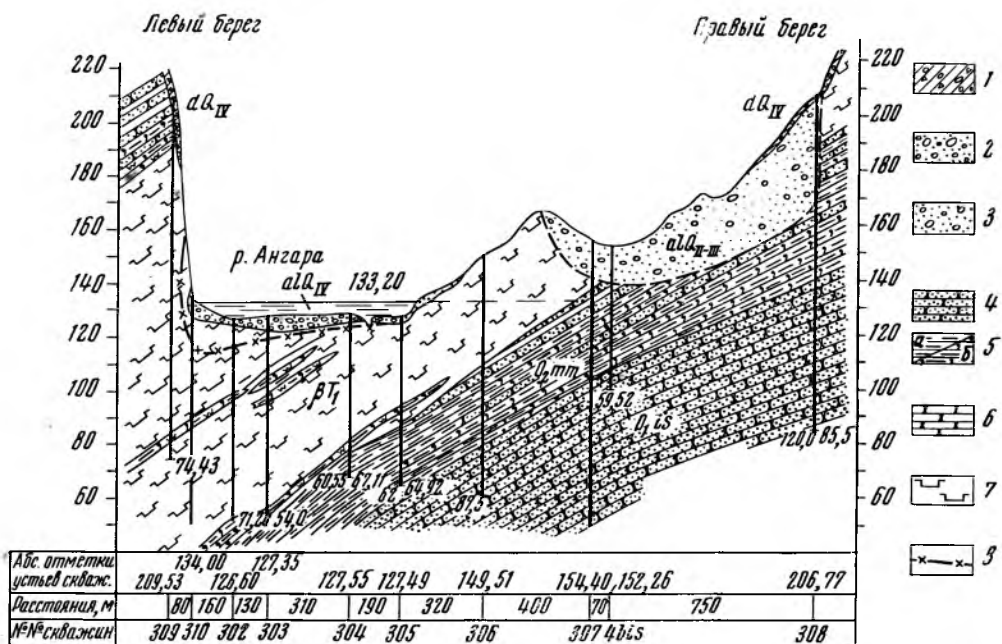


Рис. 4. Поперечный геологический разрез долины Ангары. Мурский разведочный створ Гидропроекта

Дельювий (dQ_{IV}): 1 — суглинки и супеси со щебнем. Русловые отложения (alQ_{IV}); 2 — пески с гравием, галькой и валунами. Террасовые отложения (alQ_{II-III}): 3 — пески с включением гравия и гальки. Ордовикские отложения. Мамырская свита (O, mm): 4 — песчаники мелкозернистые крепкие; 5 — аргиллиты (a), алевролиты (b). Ийская свита (O, is): 6 — песчаники разномзернистые, слабые. Интрузивные породы (BT_1); 7 — пластовая залежь траппов — долеритов и габродолеритов; 8 — граница зоны сильновыветрелых долеритов

V. Платообразная пластовая область (область пластовых плато) занимает южную и северо-восточную части Сибирской платформы. Сюда относятся долины: а) Лены от Усть-Кута до Покровска, б) Олёкмы в среднем и нижнем течении, в) Амги в верхнем и среднем течении, г) часть среднего течения Алдана и д) Оленёка в верхнем и среднем течениях (до д. Тюмяти). К этой же области условно отнесен придельтовый участок долины Лены ниже Булуна. Долины верхней и средней Лены и ее притоков расположены в пределах Ангаро-Ленского обращенного прогиба и северного склона Алданского щита. Долина Оленёка пересекает южный и юго-восточный склоны Анабарского массива. Рельеф этих районов, несмотря на их структурное различие, представлен повсеместно пластовыми плато, сложенными преимущественно известняково-доломитовыми толщами нижнего палеозоя, образующими дневную поверхность или прикрытыми маломощным плащом рыхлых четвертичных отложений.

Речные долины области отличаются единством строения. Все они глубоко врезаны в коренные скальные породы (до 150—300 м), имеют каньонообразную форму, крутосклонны и, как правило, имеют много террас, преимущественно покольных. В долине верхней и средней Лены насчитывается до десяти террас. Хорошо террасированы также долины Олёкмы, Алдана и Амги; на Оленёке количество террас значительно меньше и выражены они хуже. Мощность аллювия редко превышает 30—40 м. На отдельных террасах средних и высоких уровней аллювий часто размыт (Лена, Амга, Олёкма и др.). Представлен аллювий обычно песками и галечниками. Долины большинства рек имеют сложное строение и состоят из разновозрастных участков (Коржуев, 1959; Коржуев, Федотов, 1960). На древних расширенных участках ширина долин дости-

гает 20—40 км (Лена выше г. Олёкминска и др.); долины асимметричны, имеют наибольшее количество террас и повышенную мощность аллювия. На узких, обычно молодых участках, сопряженных с древними, долины почти всегда симметричны, ширина их не превышает 3—7 км, число террас уменьшается, заметно снижается мощность аллювия.

Все это свидетельствует об условиях, благоприятных для строительства гидротехнических сооружений в долинах области. Вместе с тем им присущ и ряд условий, осложняющих строительство: 1) наличие карста; 2) сильная трещиноватость и загипсованность отдельных свит палеозоя; 3) интенсивные склонообразующие процессы (солифлюкция, осыпи, оползни и др.); 4) почти повсеместное развитие многолетней мерзлоты и сопутствующих ей форм просадок (термокарст) и пучения грунтов. В пределах области по условиям развития многолетней мерзлоты выделяются два района: северный (Оленёкский) с мощной мерзлотой сплошного развития и южный (Ленский) с маломощной мерзлотой ограниченного распространения (Верхняя Лена).

Инженерно-геологические условия размещения большей части створов на Лене, Амге, Олёкме и Оленёке в целом благоприятны, причем на Лене лучшими можно считать условия размещения Жедайского, Киренского и Сатинского створов. Они расположены в узких сопряженных участках долины, врезанных в прочные скальные песчаниково-конгломератные, кварцитовые и известково-доломитовые породы рифея и кембрия. Эрозионный врез здесь неглубокий, а мощность аллювия небольшая. Мухтуйский и Олёкминский створы, намечаемые с расчетом избежать затопления Мухтуйской перевалочной базы и Олёкминского сельскохозяйственного района, значительно уступают названным выше створам по энерго-экономическим показателям и инженерно-геологическим условиям (Мартиросян, Титов, Хромова, 1960).

Особое место занимает придельтовая часть долины Лены, выделенная нами в отдельный район. Она расположена в зоне Верхоянско-Колымской складчатой области и характеризуется сложным тектоническим строением. Все нижнеленские створы (Чекуровские, Булукурские) приурочены к наименее дислоцированным участкам, сложенным довольно однообразными известково-доломитовыми нижнепалеозойскими толщами, образующими Чекуровско-Булукурскую антиклиналь.

Придельтовый участок Лены представляет собой молодую долину прорыва позднечетвертичного возраста, очень узкую (1,5—4 км), крутосклонную, врезанную в коренные скальные породы. Все ее днище занято современным руслом, террасы выражены слабо или совсем отсутствуют. Мощность аллювия небольшая (суммарная, по данным бурения, до 30 м). Местами аллювий отсутствует и русло врезано непосредственно в коренные породы. Это так называемая «Ленская труба». В практике гидроэнергетического строительства в низовьях рек, где долины обычно очень широкие, мощность аллювия повышается и наблюдается глубокий эрозионный врез, столь благоприятные геоморфологические и инженерно-геологические, а также водноэнергетические условия, как на придельтовом участке Лены, пока неизвестны. Несмотря на сложные мерзлотные условия, в «Ленской трубе» возможно сооружение уникальной по мощности гидроэлектростанции (Коржув, Федотов, 1960, 1968).

VI. Плоскогорная область включает долины рек в пределах Алданского щита и Анабарского массива, сложенных интенсивно дислоцированными кристаллическими породами докембрия. В нее входят долины Алдана, в верхнем и частично среднем течении и его притоков Тимптона и Учура и Анабара в верхнем и частично среднем течении. Геологическая структура области чрезвычайно сложная, изобилует элементами молодой и древней разрывной тектоники, обусловившей в пределах Алданского щита образование характерных впадин обрушивания, выполненных континентальными юрскими и меловыми песчаниками. Рельеф основной части

области представлен типичным плоскогорьем, над выровненной поверхностью которого возвышаются группы гольцов и остаточных горстовых массивов и гряд. Восточная часть Алданского щита носит черты молодого нагорья.

Речная сеть региона имеет сложное строение; характер и возраст ее меняются от места к месту. Особенно характерна тесная связь долин с тектоникой и литологией пород; местами развития своеобразная «трещинная» гидросеть. Многие реки иногда врезаются весьма глубоко (до 600 м), изобилуют порогами и имеют узкие ущельеобразные долины (Тимптон и др.), напоминающие своим обликом долины платообразного траппового региона. В то же время другие реки отличаются чрезвычайно слабым врезом и имеют слабообработанные широкие плоскодонные и полого-склонные долины. На участках пересечения впадин, выполненных менее устойчивыми к размыву осадочными отложениями мезозоя, долины рек расширяются до 5—10 км и имеют ящикообразную форму (Тимптон ниже пос. Нагорного и др.). На таких участках хорошо развиты низкие аккумулятивные террасы, хотя в большинстве речных долин региона террасы выражены слабо. В местах пересечения горстообразных структур, сложенных кристаллическими породами, а также на отрезках, соответствующих долинам прорыва или эпигенеза, террасы отсутствуют вовсе. Четвертичные отложения распространены нешироко; представлены они преимущественно песчано-галечниковыми осадками; мощность их в долинах региона сильно колеблется, хотя нигде не достигает сколько-нибудь значительной величины.

Таким образом, геоморфологические и инженерно-геологические условия строительства гидротехнических сооружений в долинах плоскогорной области можно оценить как благоприятные, близкие по своим показателям к долинам траппового региона. Из неблагоприятных факторов следует отметить широкое развитие склонообразующих процессов — осыпей, оползней и солифлюкции. Интенсивному их развитию благоприятствует многолетняя мерзлота, в зависимости от характера которой плоскогорная область подразделена на два района: северный — анабарский со сплошной мощной мерзлотой и южный — алданский, в котором мерзлота не имеет сплошного распространения. В настоящее время в долинах плоскогорной области пока нет гидротехнических сооружений. Наиболее перспективным створом на Алдане является Суон-Тиитский, расположенный в узком ущельеобразном отрезке долины, врезающей в кристаллические породы.

ЛИТЕРАТУРА

- Белый Л. Д., Биндеман Н. Н. и др. Инженерно-геологические исследования для гидротехнического строительства, т. 1—2. М., Гостеолиздат, 1950.
- Герасимов И. П. Преобразование природы и развитие географической науки в СССР (Очерки по конструктивной географии). М., «Знание», 1967.
- Горецкий Г. И. Значение геоморфологии для гидроэнергетического строительства. Матер. II геоморфол. совещ. М., 1959.
- Золотарев Г. С. Опыт классификации гравитационных движений горных пород на склонах в инженерно-геологических целях. — Уч. зап. МГУ, вып. 176, 1956.
- Комплексное освоение водных ресурсов Обского бассейна. Новосибирск, «Наука», 1970.
- Коржуев С. С. Скалывание (отседание) склонов в Средней Сибири. — Тр. Ин-та геогр. АН СССР, т. XXVIII, вып. 22, 1959.
- Коржуев С. С. Морфоструктурные особенности рельефа Сибирской платформы и неотектоника. — Изв. АН СССР. Сер. геогр., № 4, 1960.
- Коржуев С. С., Федотов А. А. Геоморфологическое строение речных долин Сибири и гидротехническое строительство. Матер. II геоморфол. совещ. М., 1960.
- Коржуев С. С., Федотов А. А. Геоморфологическое районирование долин главных сибирских рек в инженерно-геологических целях в связи с гидроэнергетическим строительством. Тез. докл. Межведомств. совещ. по инженерн. геол. Изд-во МГУ, 1968.
- Мартиросян А. Х., Титов С. В., Хромова Л. В. Схема энергоиспользования. Лены и ее притоков. — В кн.: Развитие производительных сил Восточной Сибири. Энергетика. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Непорожный П. С. Защита гидроэлектростанций от селевых потоков. М., Госэнергиздат, 1947.

Попов И. В. Инженерная геология СССР. Изд. МГУ, 1961 (ч. I), 1965 (ч. II).

Сергеев Е. М., Поляков С. С., Федотов А. А. и др. Инженерно-геологическое районирование долины Оби в пределах Западно-Сибирской низменности. Материалы по инженерн. геол. Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1964.

Сидоренко А. В. Человек, техника, Земля. М., «Недра», 1967.

Сидоренко А. В. Геоморфология и народное хозяйство (Вопросы практической геоморфологии).— Геоморфология, № 1, 1970.

Соколов Н. И. Явления «отседания» склонов. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. XIV. М., Изд-во АН СССР, 1957.

Солоненко В. П. Инженерно-геологическое районирование Восточной Сибири. Народного-хозяйств. проблемы Иркутск. обл. Культура и градостроение, СОПС АН СССР. М., 1959.

Институт географии АН СССР,
Гидропроект

Поступила в редакцию
30.VI.1971

ENGINEERING-GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND REGIONALIZATION OF VALLEYS OF THE MAIN SIBERIAN RIVERS IN CONNECTION WITH WATER POWER CONSTRUCTION

S. S. KORZHUEV, A. A. FEDOTOV

Summary

Analized are geomorphological peculiarities of the valleys of the main Siberian rivers for the purposes of water power construction. A scheme of engineering and geological regionalization of these valleys is presented accompanied by a complex characteristic and evaluation of geomorphological and engineering-geological conditions of their use.