

Изыскания гидроузлов

- ❖ **Состав инженерно-геодезических изысканий на разных стадиях проектирования гидротехнических сооружений**
- ❖ **Топографо-геодезические работы на водохранилищах**

Состав инженерно-геодезических изысканий на разных стадиях проектирования гидротехнических сооружений

- Схема использования реки
- Изыскания для разработки предпроектной документации
- Изыскания для разработки технического проекта и рабочей документации
- Геодезические работы при гидрологических изысканиях
- Проект построения геодезической сети на площадке гидроузла
- Требования к выбору точности для строительства



Гидроузел — группа гидротехнических сооружений, объединенных по расположению и условиям совместной работы.

В основе организации проектно-изыскательских работ для гидростроительства лежит их стадийность.

По существующей технологии проектирования гидротехнических сооружений выбор объекта строительства, его местоположения, основных параметров, а также компоновочных и конструктивных решений производится при составлении

схемы комплексного использования реки,

технико-экономического обоснования

и уточняется на первом этапе технического проекта.

Схема использования реки

В зависимости от назначения гидроузлы подразделяют на энергетические, водно-транспортные, водозаборные и др., от чего и зависит состав входящих в них сооружений. Наиболее эффективного, одновременно энергетического и транспортного, использования реки можно достигнуть путем строительства *каскада гидроузлов*, у которых нормальные подпорные уровни (НПУ) последовательно сопряжены между собой. При этом предусматривается такое размещение гидроузлов на реке, чтобы напор, создаваемый нижним гидроузлом, распространялся до верхнего гидроузла, не оставляя свободного незарегулированного участка между гидроузлами (рис. 1).

Необходимость сопряжения бьефа между станциями на реке ставит перед энергетиками на начальных стадиях проектирования специфическую задачу составления **«схемы использования реки»**, в которой, в частности, должны быть решены такие важные вопросы, как количество электростанций, которое будет запроектировано, где они будут размещены, какова должна быть величина проектного напора и мощность каждой станции. Без решения этой общей

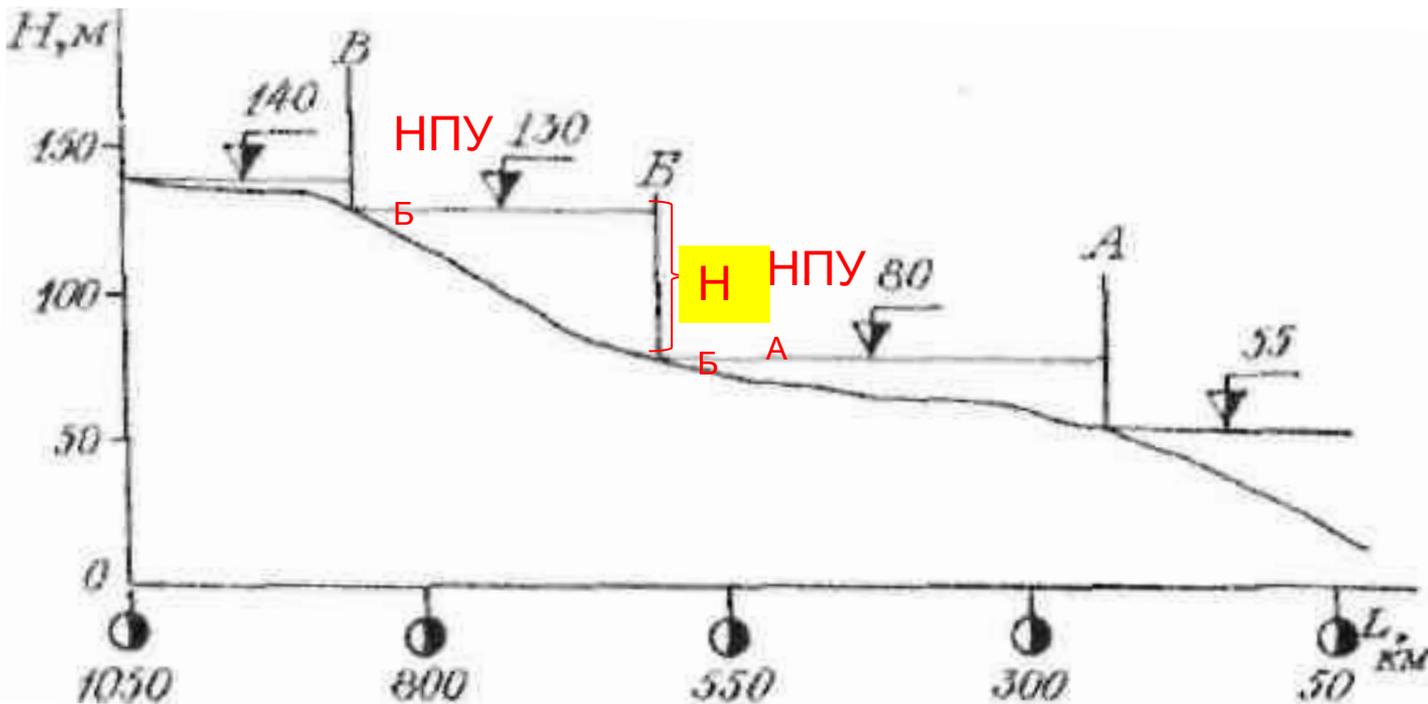


Рис. 1. Схема использования реки
А, Б, В — гидроузлы

При проектировании плотин важное значение имеет выбор высоты нормального подпорного уровня (НПУ) - наивысшего уровня верхнего бьефа, определяющего величину напора и расчетную мощность ГЭС. При составлении схемы использования реки **напоры H** и высоты **нормальных подпорных уровней (НПУ)** сопрягающихся гидроузлов, например *А* и *Б*, определяют по продольному профилю реки, составленному на период межени. Напор гидроузла *Б* вычисляют так:

$$H_B = \text{НПУ}_B - \text{НПУ}_A,$$

где НПУ_B — высота НПУ у плотины *Б*; НПУ_A — высота НПУ в водохранилище

Для составления схемы использования реки необходимы топографические карты масштабов от 1:300 000 до 1:25 000, подробный профиль бытовой водной поверхности и русла реки (бытовой — в период межени) и сокращенный — обзорный профиль. В результате составления схемы использования реки должны быть определены выгоднейшие напоры H , места расположения и мощности ГЭС для максимальной выработки электроэнергии, обеспечения наилучших транспортных, ирригационных и других показателей гидроузлов. На стадии составления схемы использования реки практически достаточно высоту НПУ каждой ГЭС определять с точностью до 1 м, на стадии проектного задания — до 0,5 м. Уровень воды для расчетов кривой подпора надо знать с ошибкой не более 0,05 м.

На каждой стадии проектирования инженерные изыскания выполняются с различной степенью подробности и подразделяются на изыскания для :

- предпроектной документации (ТЭО);
- изыскания для проекта;
- изыскания для рабочей документации.

Задачи обоснования размещения, мощности и типов гидроузлов должны быть решены на основе схем территориального планирования субъектов Российской Федерации и генеральной схемы развития

Инженерно-геодезические изыскания для разработки предпроектной документации

Изыскания по выбору мест будущего расположения гидроузлов начинается с изучения особенностей речной долины по топографической карте и уклонов поверхности уровня воды по продольному профилю водной поверхности и дна реки.

Наиболее узкие участки долины реки обеспечивают сооружение плотин наименьшей длины и являются наиболее вероятными местами расположения гидроузлов. При этом учитываются также залегание и состав горных пород.

Гидроузлы занимают значительные площади — до 10 км², а с водохранилищами - до 200—300 км².

Это обуславливает большой объем инженерно-геодезических и особенно топографических изысканий. На начальном этапе составления проекта для выбора варианта размещения гидроузла изыскания выполняют на конкурирующих площадках в минимальном объеме. Предпочтение отдают участкам с **наименьшей шириной поймы реки.** Это сокращает объемы строительных работ, размеры сооружений и площади, затопляемые водохранилищами.

Геологическое строение участка должно гарантировать устойчивость сооружения. Особо тщательному изучению подвергают физико-геологические явления, экстремальные проявления которых могут привести к разрушению плотин. В районах предполагаемого строительства уникальных сооружений организуют сейсмические станции по наблюдению за землетрясениями, геополгоны для наблюдений за движениями пород основания и т. д.

В процессе изысканий и проектирования гидроузлов комплексно решается вопрос размещения не только его основных сооружений, но и жилого поселка, дорог, ЛЭП и т. д.

Инженерно-геодезические и топографические изыскания *на этапе выбора площадки* под строительство гидроузла начинают со сбора имеющихся топографо-геодезических материалов. В качестве обзорных могут служить мелкомасштабные карты 1 : 300 000 — 1:1 000 000.

Основными материалами для выбора площадки служат топографические карты масштабов 1:25 000—1:100 000. На район намечаемых гидроузлов на равнинных реках необходимо иметь карты масштабов 1:10 000—1:25 000, на горных— 1:5 000. Высоты сечения рельефа на картах 2 или 5 м.

В необходимых случаях в этот период могут дополнительно быть выполнены рекогносцировочные полевые обследования местности. В случае отсутствия удовлетворительных по качеству топографических материалов указанных масштабов выполняют соответствующие топографические съемки местности наиболее рациональными и экономичными для конкретного случая методами.

На этапе выбора площадки для строительства гидроузла и других сопутствующих ему сооружений широко могут быть использованы материалы аэрофотосъемки. Планы составленные по результатам аэрофотосъемки, в отличие от топографических материалов прежних лет, отражают современное состояние местности и положение контуров.

В этот же период по всем намечаемым створам плотин камеральным путем или в результате полевых измерений составляют и анализируют поперечные и продольные профили долины реки, выполняют некоторые гидрологические и геологические инженерные изыскания, обеспеченные соответствующими планово-высотными геодезическими привязками объектов наблюдений.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ

В ходе проектирования гидротехнических сооружений возникает несколько возможных решений проектной задачи.

Довольно часто при изысканиях возникает от двух до пяти вариантов, а иногда и более. Сравнение таких конкурирующих вариантов позволяет находить наилучшее решение задачи. Сравнение вариантов обычно ведется по экономическим и техническим показателям. При подсчетах стоимости строительства должны учитываться два основных вида затрат: а) прямые затраты и б) дополнительные затраты.

Появление дополнительных затрат обусловлено тем, что возводимое сооружение воздействует на окружающую местность. Например, строительство плотины на реке ведет к образованию водохранилища, в зону распространения которого может попасть множество объектов, требующих их переноса, переустройства или защиты.

Роль дополнительных затрат при гидротехническом строительстве существенна еще и потому, что величина их в определенной мере влияет на основные параметры сооружения. Действительно, чем больше высота напора H , тем больше мощность ГЭС. В то же время с увеличением высоты напора увеличивается, иногда очень резко, площадь затопления и, следовательно, увеличиваются дополнительные затраты. В этом случае изыскания позволяют выбрать оптимальный вариант проектного напора ГЭС.

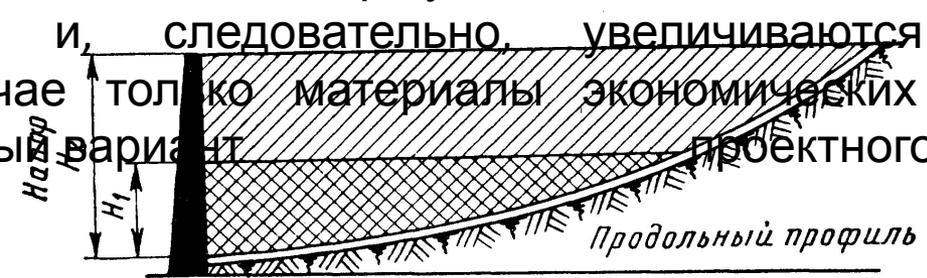
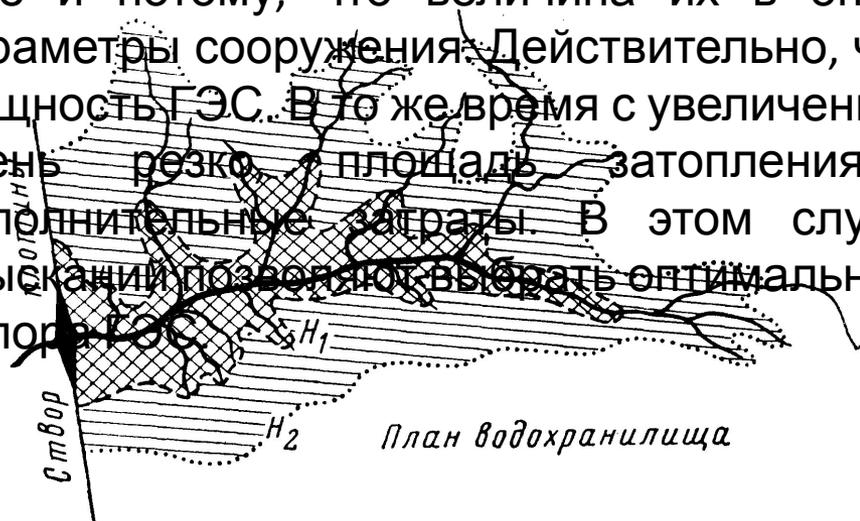


Рис. 1. Характер изменения площади затопления с изменением напора H

Инженерно-геодезические изыскания для разработки технического проекта и рабочей документации

После утверждения варианта размещения гидроузла на выбранной площадке выполняют подробные инженерные изыскания. Создают планово-высотные геодезические сети, выполняют крупномасштабные топографические съемки местности.

Территория строительной площадки ГЭС на равнинной реке должна быть обеспечена съемкой в масштабе 1:2000, на горной реке — 1:1000 с сечением рельефа 0,5 - 1,0 м. Выполняют *трассирование* с разбивкой пикетажа по осям таких основных гидротехнических сооружений, как створ плотины, шлюзы, напорные трубопроводы, подводящие и отводящие каналы. По этим трассам прокладывают теодолитные ходы. Отметки пикетов определяют техническим нивелированием. Профили этих трасс составляют в горизонтальном масштабе 1:1000— 1:2000, в вертикальном — 1:100—1:200.

Съемку территории будущего небольшого по площади водохранилища на равнинной реке или любого — на горной выполняют в масштабе 1:10 000, большего по площади водохранилища (более 100 км²) — в масштабе 1:25 000. Съемку участков территорий под населенные пункты, защитные плотины и дамбы выполняют в масштабе 1:1000—1:2000.

На стадии разработки рабочей документации на наиболее сложных и ответственных участках территории гидроузла, предназначенных под водосливную плотину, здание ГЭС, камеры шлюзов, насосные станции выполняют тахеометрическую съемку в масштабах 1:500, 1:1000. На горных реках вся территория гидроузла может быть покрыта съемкой масштаба 1:1000.

Одновременно на территории гидроузла выполняют изыскания подъездных железных и автомобильных дорог, линий электропередач, связи, водоснабжения, канализации, теплофикации и других сооружений, необходимых для обеспечения строительства, нормальной эксплуатации сооружений гидроузла и проживания населения.

В горных районах для составления планов береговых склонов в масштабе 1:500, строительных участков местности с обрывистыми и обратными склонами для проектирования врезки арочных плотин и других сооружений может быть с успехом применена фототеодолитная съемка или тахеометрическая съемка в безотражательном режиме.

В период всех стадий изысканий производятся геодезическое обеспечение инженерно-геологических и инженерно-гидрологических работ, съемки участков месторождений строительных материалов (песка, глины, камня), которые могут быть расположены за пределами территории гидроузла.

Геодезические работы при гидрологических изысканиях

Основным назначением геодезических работ при гидрологических изысканиях является создание высотной основы, нивелирование водомерных постов и рабочих уровней реки, определение продольных и поперечных уклонов реки.

Инженерно-гидрологические обследования производят двух видов: - обследования реки при уровне меженных вод (УМВ) – морфометрические; - гидрометрические обследования при уровне высоких вод (УВВ) во время половодья и паводка.

При русловых съемках и определении скоростей течения воды предварительно проводят геодезические работы по разбивке и закреплению поперечников, гидростворов и вертикалей на них. В процессе русловых съемок геодезическими методами с пунктов планового обоснования производят определение планового положения промерных вертикалей. В процессе поплавоочных наблюдений определяют плановое положение поплавков и направление течения струй.

Для изучения интенсивности наносов и перестроения русла периодически выполняют промеры глубин по створам и съемки подводного рельефа.

Кроме русловых съемок выполняют съемки (тахеометрические, мензульные, аэрофотосъемки) поймы рек, береговой зоны водохранилищ и т. д.

На основании комплекса геодезических работ выполняют подсчеты площади и емкости водохранилищ, размеров затоплений.

Для целей судосудостроения съемка поддожат фарватера

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ РЕКИ

Сложной и ответственной работой является составление продольного профиля реки или ее участка для разделения реки на ступени, определения местоположения ГЭС, выполнения различных водохозяйственных расчетов.

Для составления продольного профиля реки выполняются следующие работы.

1. Анализ уже имеющихся профилей и их высотной основы с целью их пригодности для проектирования.
2. Создание планового обоснования для съемки реки и непосредственно съемка. Плановое обоснование создается в виде триангуляционных сетей сгущения (цепочек треугольников вдоль реки) или же проложением магистральных полигонометрических ходов разных разрядов.
3. Съемку реки в зависимости от ее протяженности производят стереофотограмметрическим и комбинированным способом, на малых реках - при помощи мензулы или тахеометра или нивелированием по поперечникам через 100м по обе стороны от магистрального хода.
4. Создание высотной основы и нивелирование уровней поверхности воды в реке. Высотное обоснование создается в виде магистральных ходов II и III классов. При составлении продольного профиля больших рек, падение на 1 км которых часто достигает 5 - 10 см, требуется проложение вдоль них ходов нивелирования I - II классов. На горных реках - IV класса.
5. Сгущение существующей сети уровнемерных постов, организация наблюдений на них.
6. Промеры глубин

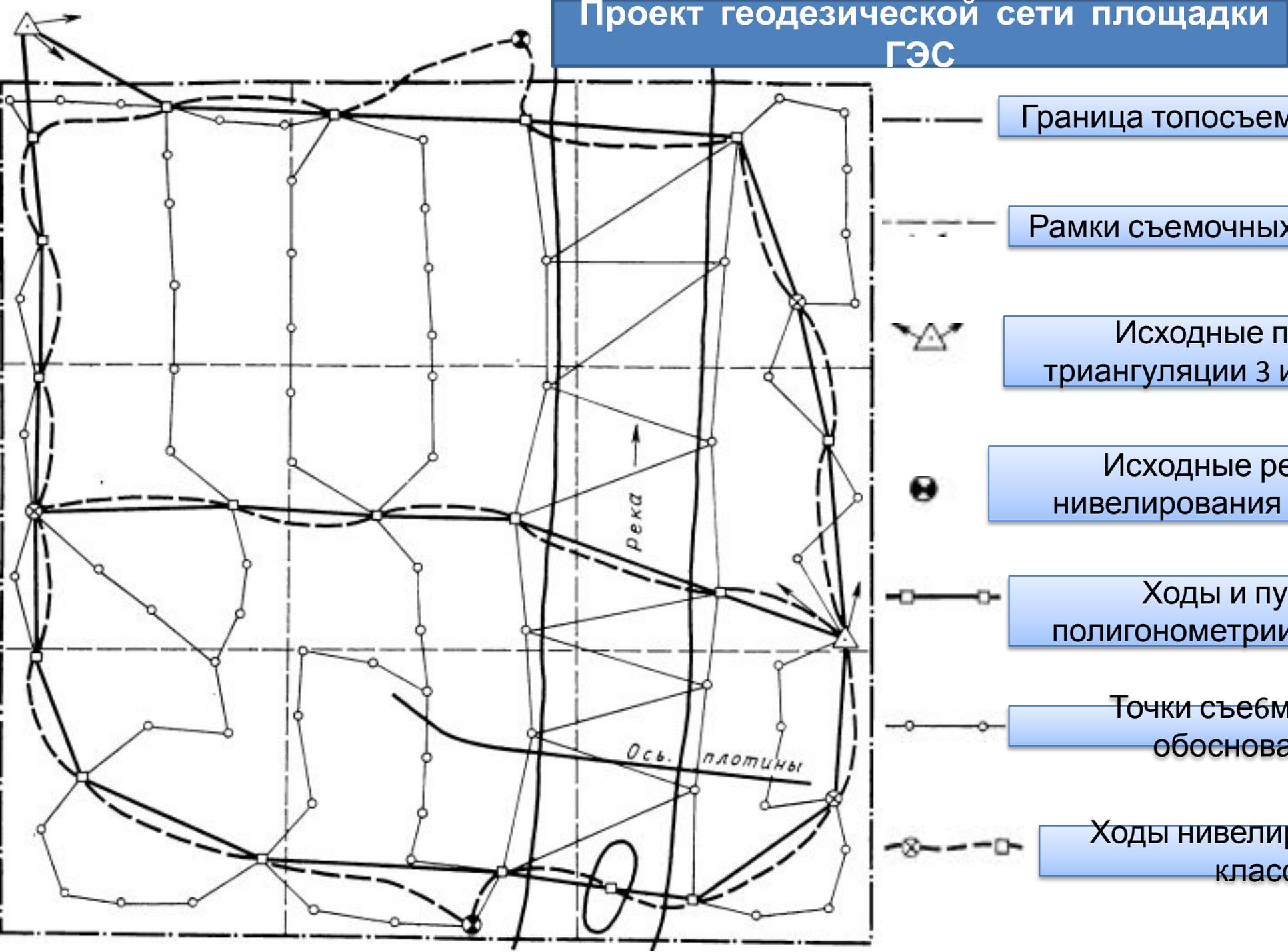
Проект построения геодезической сети на площадке гидроузла

Рассмотрим на конкретном примере крупного гидроузла процесс создания геодезической сети на площадке. Для проектирования плотины и других сооружений ГЭС требуется выполнить топографическую съемку в масштабе 1:2000 с сечением рельефа через 1 м на площади 12 км². Участок представляет собой пересеченную незастроенную местность, на 60% покрытую лесом.

В соответствии с инструкцией по топографической съемке при данной площади съемки геодезическая основа создается путем построения плановых сетей 4 класса, 1 и 2 разрядов, высотных сетей III и IV классов и съемочного обоснования.

Площадь топографической съемки, км ²	Плановые сети	Высотные сети
50—200	3 и 4 класс, 1 и 2 разряд	II, III и IV класс
10—50	4 класс, 1 и 2 разряд	III и IV класс
5—10	4 класс, 1 и 2 разряд	IV класс
2,5—5	1 и 2 разряд	IV класс
1—2,5	2 разряд	IV класс
До 1	—	

Проект геодезической сети площадки ГЭС



На участке работ в пределах границ съемки и в непосредственной близости от нее имеются два пункта государственной триангуляции 3 и 4 классов и два репера нивелирования III класса (рис.). По своей точности и месту расположения имеющиеся пункты и реперы могут служить исходными пунктами для последующих ступеней развития геодезической основы.

Учитывая допускаемые инструкцией длины ходов (см. табл.), намечается проложить ходы полигонометрии 1 разряда и создать съемочное обоснование. Создание плановой геодезической *сети сгущения* методом триангуляции нецелесообразно, поскольку оно потребовало бы большего объема рубки просек либо строительства высоких сигналов.

Полигонометрию 1 разряда намечается создать в виде отдельного хода и трех ходов с одной узловой точкой. Место расположения пунктов полигонометрии намечается по карте масштаба 1 : 25000 с учетом взаимной видимости между ними. Пункты полигонометрии 1 разряда выбираются на расстоянии 800—120 м друг от друга (в среднем **СЕТИ СГУЩЕНИЯ. ПОЛИГОНОМЕТРИЯ** мещать вне зоны пр

Показатели	4 класс	1 разряд	2 разряд
Предельная длина хода между исходными пунктами, км	15	5	3
Длины сторон, км	2,0—0,25	0,8—0,12	0,35—0,08
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Относительная ошибка хода	1 : 25 000	1 : 10 000	1 : 5 000
Средняя квадратическая ошибка измерения угла, угл. с	3	5	10
Угловая невязка хода, не более (n —число углов в ходе)	$5'' \sqrt{n}$	$10'' \sqrt{n}$	$20'' \sqrt{n}$

Съемочное обоснование на берегах реки создается методом триангуляции в виде двух цепей треугольников, опирающихся на стороны полигонометрии 1 разряда. Каждая цепь состоит из 6 треугольников. При проектировании триангуляции стремятся наметать треугольники, близкие по форме к равносторонним.

На остальной залесенной части участка *съемочные сети* создаются проложением теодолитных ходов точностью 1:2000. Ходы намечаются между пунктами полигонометрии 1 разряда таким образом, чтобы точки теодолитных ходов располагались равномерно на съемочном планшете. Количество определяемых точек геодезической сети зависит от разных факторов. Чем сложнее рельеф и больше контуров, тем гуще создается съемочное обоснование.

Высотная геодезическая основа создается проложением ходов нивелирования IV класса между исходными реперами нивелирования III класса. Ходы нивелирования IV класса прокладываются по пунктам ходов полигонометрии 1 разряда. Для более надежного закрепления хода нивелирования IV класса три центра полигонометрии закладываются по типу грунтового репера.

Высоты точек теодолитных ходов и точек триангуляции определяются путем проложения по ним ходов технического нивелирования с привязкой к реперам и точкам, высоты которых определены нивелированием IV класса.

Требования к выбору площадки для строительства

Выбор площадки для строительства городов, населенных пунктов и предприятий осуществляется *при разработке ТЭО* или в процессе проектирования в соответствии с земельным, водным, лесным и другими законодательствами. Ответственность за выбор площадки (трассы) несет заказчик.

Для выбора площадки (трассы) строительства создается комиссия из ответственных представителей заказчика, проектной и изыскательской организаций, исполнительных органов местной власти, территориальных и местных органов надзора и др., которая проводит сравнение вариантов и выбор из них оптимального.

Выбор площадок под строительство новых, расширение существующих объектов строительства осуществляется на базе топографических и геологических изысканий, картографических материалов и соответствующих экономических и технических расчетов.

При этом рассматриваются вопросы обеспечения объектов электроэнергией, водой, топливом, сырьем, транспортом и др.

Размеры инженерных сооружений могут быть самыми разнообразными. Во всех случаях отводимые под строительство территории должны занимать минимальные площади, даже с учетом расширения.

Территорию для строительства выбирают на землях несельскохозяйственного назначения, либо на сельскохозяйственных землях худшего качества.

Каждая площадка должна отвечать определенным техническим требованиям.

При размещении промышленных зон обеспечивают благоприятные условия для осуществления производственных функций предприятий, для трудовой деятельности населения, а также короткие и безопасные транспортные связи между местами расселения работающих и предприятиями. Площадка должна располагаться так, чтобы ее можно было соединить с ближайшими железнодорожными и автомобильными магистралями без большого объема земляных работ.

По физико-техническим условиям различают три категории пригодности территорий для промышленного строительства: благоприятные, неблагоприятные и особо неблагоприятные. Эти условия включают топографические и геологические данные.

Особенно трудно найти площадки с благоприятным рельефом — с относительно ровной поверхностью и уклоном 0,3—5%. Наиболее благоприятны площадки с уклоном около 1%. Ограниченно пригодными являются слегка всхолмленные площадки с общим уклоном более 5% или менее 0,3%. Для сети железнодорожных путей, подземной инфраструктуры проектируемого объекта требуются площадки со спокойным рельефом. Однако совершенно горизонтальные площадки усложняют устройство канализации и ливнеотоков.

Площадка не должна затапливаться водами близрасположенных водотоков в период прохождения половодья или паводка.

На территории будущего строительства не должны иметь место такие физико-геологические процессы, как оползни, просадочные явления, суффозия.

При выборе площадки для промышленного предприятия важными являются вопросы водоснабжения и канализации.

Неудобство той или иной площадки в физико-техническом отношении можно

Наличие вблизи площадок карьеров строительных материалов в значительной степени удешевляет и ускоряет строительство.

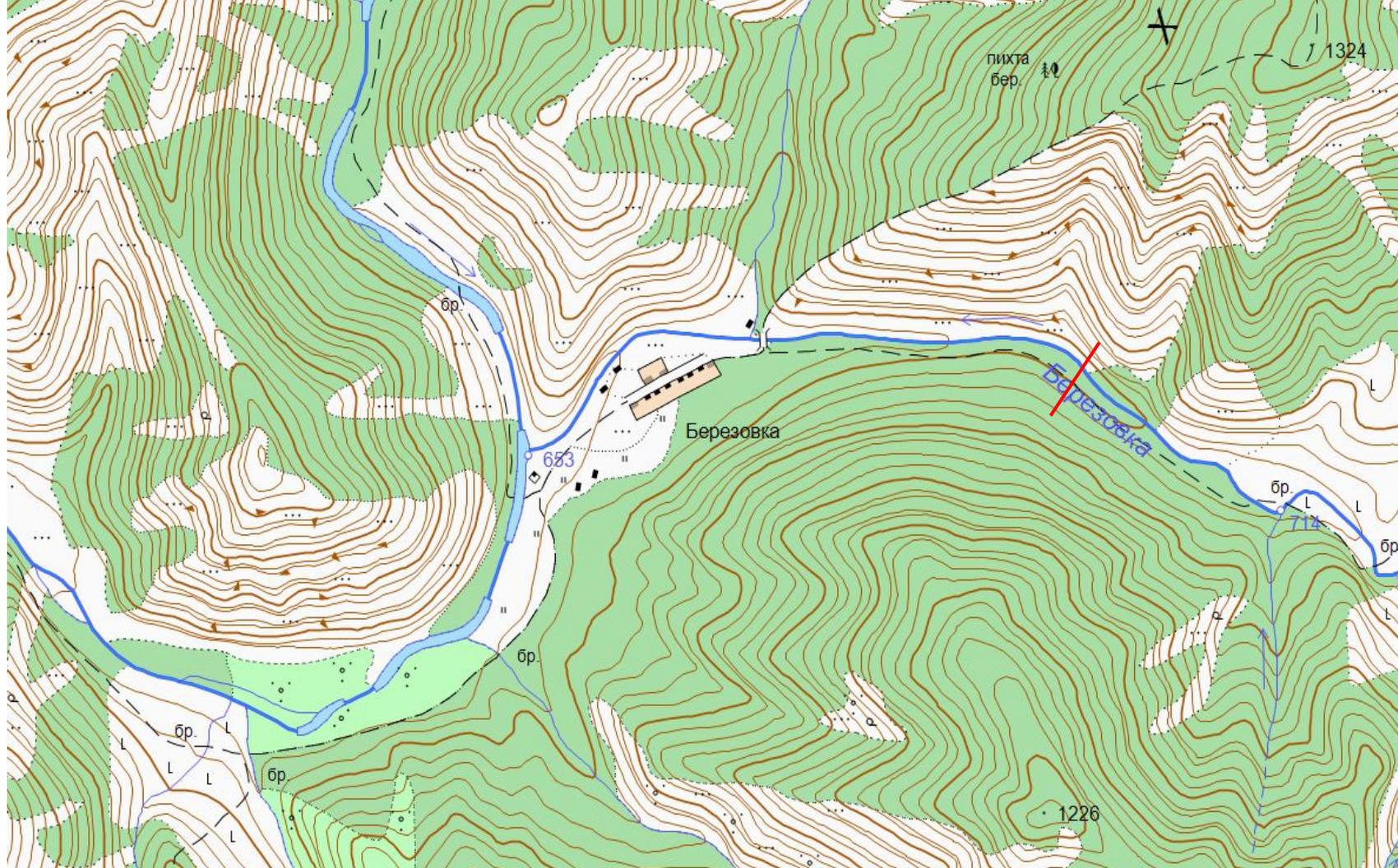
Трассы линейных сооружений должны намечаться преимущественно по границам полей, вдоль дорог, лесополос так, чтобы обеспечивался к ним свободный доступ с территории, не занятой сельскохозяйственными угодьями.

Возле отдельно расположенных промышленных объектов, аэропортов, гидроузлов должен быть участок свободной территории для строительства жилого поселка.

Физико-технические требования к площадке для строительства гидроузла

Вид сооружения	Размер площади	Топография (рельеф)	Геология (гидрогеология)	Гидрология	Метеорология	Дорожная сеть	Энергосети (газ, эл/снабжение трубопроводы)	Водоснабжение	Жилой поселок	Бассейн для сброса воды
Гидроузлы (водохранилища)	до 10 км ² (200—300 км ²)	Суженные участки речных долин	Прочные нефилтрующие грунты	Наличие определенного режима расхода воды в реке	Низкая испаряемость воды с поверхности водохранилища. Малые потери воды на ледообразование	Необходимы временные дороги	Необходимы	Необходима только питьевая вода	Необходим	Не требуется

Местные строительные материалы необходимы для всех видов сооружений



Помимо гидротехнических сооружений строятся: открытое распределительное устройство (ОРУ), на которое поступает по проводам электрический ток от ГЭС для распределения по линиям электропередачи; камнедробильный и бетонный заводы; промбазы подрядных строительномонтажных предприятий: склады, подсобные сооружения, гараж; подъездные автомобильные и железные дороги; трубопроводы различного назначения;

Нугушская ГЭС

Местоположение	Башкортостан
Тип плотины	грунтовая насыпная
Тип ГЭС	плотинная русловая
Высота плотины, м	31
Длина плотины, м	2187
Расчётный напор, м	22,5
Электрическая мощность, МВт	11,25



В настоящее время государство сконцентрировало свои усилия на сверхкрупных энергетических инвестициях. При всей необходимости строительства масштабных энергетических объектов, нельзя забывать о развитии малой энергетики, востребованной во многих отдаленных регионах страны.

Способами решения проблемы удаленных территорий Севера, Сибири и Дальнего Востока могут стать технологии малых и сверхмалых гидроэлектростанций, систем малой энергетики автономного или полуавтономного характера.

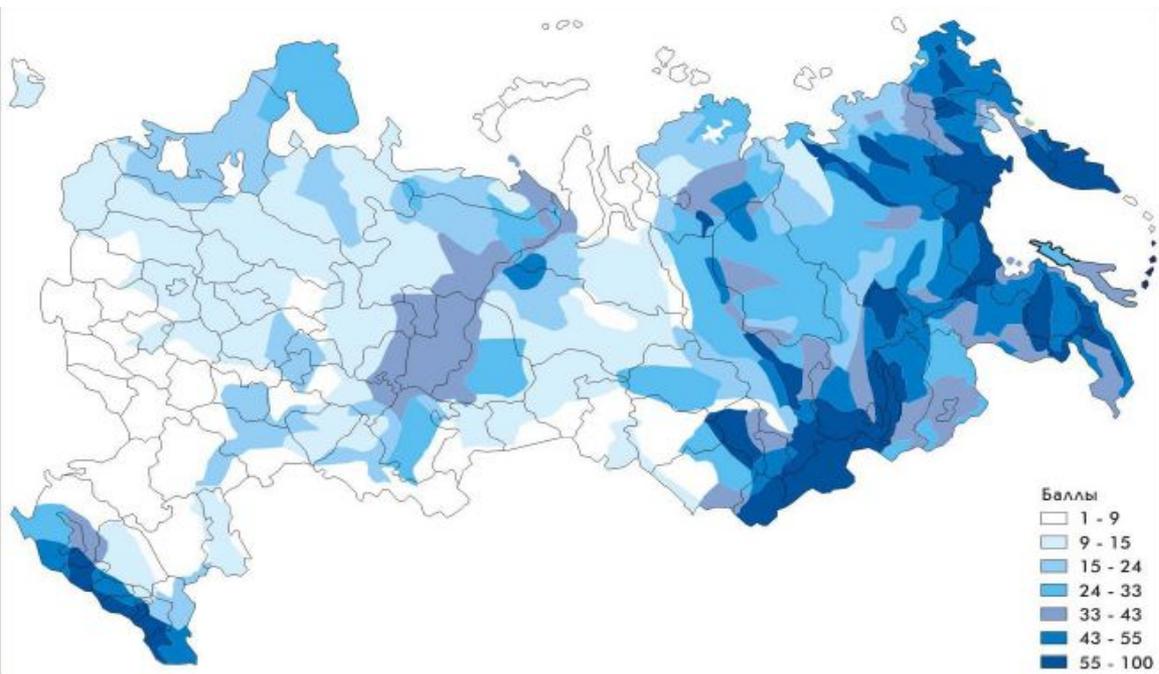
Нарастающий дефицит электроэнергии и дороговизна подключения к сетям централизованного энергоснабжения значительно улучшили окупаемость малых ГЭС (7-10 лет). Тем не менее значительный потенциал использования малых и сверхмалых электростанций используется на сегодняшний день в недостаточной степени.

Потенциальный спрос на локальную гидроэнергетику огромен — 2/3 страны не имеет централизованного энергоснабжения, огромные территории находятся в зоне ненадежного энергоснабжения. В некоторых отдаленных населенных пунктах цена на электроэнергию доходит до астрономических 100 рублей за киловатт/час.

Россия обладает колоссальным потенциалом развития рынка малой энергетики, и этот рынок неизбежно будет развиваться по мере нарастания проблем в крупной генерации.

Гидропотенциал малых рек Сибирского федерального округа

Распределение гидроресурсов малых рек по территории РФ



□ Сибирь – одна из наиболее перспективных территорий для развития малой гидроэнергетики в Российской Федерации

□ Технический гидропотенциал малых рек Сибири позволяет построить малые ГЭС общей установленной мощностью более 38 ГВт

Потенциал малых ГЭС в РФ
(млрд. кВтч/год)

Федеральный округ	Теоретический потенциал	Технический потенциал
Северо-Западный	48,6	15,1
Центральный	7,6	2,9
Приволжский	35	11,4
Южный	50,1	15,5
Уральский	42,6	13,2
Сибирский	469,7	153
Дальневосточный	452	146
ИТОГО по России	1105,6	357,1

Возможные подходы к реализации Программ развития малой гидроэнергетики в регионах Сибири

С учетом большой территории СФО и ограничений, связанных с технологическим присоединением МГЭС к электрическим сетям, при отборе площадок под строительство МГЭС в Сибирском федеральном округе предлагается:

✓ Отдавать приоритет створам, находящимся на расстоянии не более 25 км от конечного потребителя или будущей дислокации/места расположения конечного потребителя

✓ Ориентироваться на створы, расположенные в радиусе не более 25 км от действующих и запланированных к строительству узловых ПС

Отобранные по этим критериям площадки необходимо дополнительно проработать на предмет технической осуществимости проекта и его экономической эффективности. По итогам данной работы может быть сформирован перечень перспективных площадок для строительства МГЭС в СФО

Основными направлениями развития малой гидроэнергетики на ближайшие годы являются строительство малых гидроэлектростанций при сооружаемых комплексных гидроузлах, модернизация и восстановление ранее существовавших малых гидроэлектростанций, сооружение малых гидроэлектростанций на существующих водохранилищах и малых реках, на имеющихся каналах и трубопроводах подвода и отвода воды, на объектах различного хозяйственного назначения.