



**РусГидро**  
Ленгидропроект

**Выбор расположения  
дополнительного водосброса в  
ходе комплексной реконструкции  
Майнского гидроузла**

Санкт-Петербург 2013 г.

# Выбор расположения дополнительного водосброса в ходе комплексной реконструкции Майнского гидроузла на р. Енисей

Заказчик: ОАО «РусГидро»

Генеральный проектировщик:  
ОАО «Ленгидропроект»



## Назначение Майнского гидроузла

Майнский гидроузел является контррегулятором Саяно-Шушенской ГЭС и предназначен для сглаживания колебаний расходов и уровней Саяно-Шушенской ГЭС для полного использования её энергетических возможностей. Майнский гидроузел позволяет также в значительной мере снизить отрицательные влияния на окружающую среду, вызванное изменением водного режима р.Енисей на участке п. Майна – г. Минусинск, создает удовлетворительные условия для неэнергетических водопользователей и является энергетическим источником для ОЭС Сибири.

# Основные характеристики Майнского гидроузла

1. Сроки строительства: 1978÷1985 гг.
2. Ввод во временную эксплуатацию в 1985 г., в постоянную – в 2000 г.
3. Установленная мощность 321 МВт (3х107)

Рабочая – 249 МВт (ограничения в связи с утверждением в 1990 г. новой отметки НПУ 324,0 м и с эксплуатацией рабочих колес в пропеллерном режиме)

4. Отметки уровней верхнего бьефа  
НПУ – 324,0 м(фактический), НПУ – 326,0 м(проектный).  
ФПУ – 326,7 м(фактический), ФПУ – 328,5 м(проектный).  
УМО – 319,0 м.

5. В 2012 году Ростехнадзором согласована декларация безопасности ГТС №1914-1-1т (срок действия с 28.12.2012 г. по 28.12. 2016 г.) с учетом II класса сооружений гидроузла.  
Расчетный напор -16,9 м.

В состав гидротехнических сооружений МГУ входят:

- Бетонная водосбросная плотина
- Грунтовые левобережная, русловая и правобережная плотины
- Здание ГЭС руслового типа с блоком монтажной площадки
- Водобойный колодец
- Сопрягающий устой
- Подпорные стенки, сопрягающие грунтовые плотины с бетонными сооружениями
- Служебно-технологический корпус.

## Причины разработки дополнительного водосброса Майнского гидроузла:

- необходимость повышения пропускной способности гидроузла в целом в соответствии с рядом СТО ОАО «РусГидро» и СНиП 33-01-2003;
- необходимость осуществления холостых сбросов в зимний период в штатном режиме без опасности выхода из строя гидромеханического оборудования из-за льдообразования.

## Требования к пропускной способности дополнительного водосброса пропуск совместно с существующим штатным водосбросом Майнского гидроузла следующих расходов:

- поверочный зарегулированный расход  $Q_{0,01\%+ГП}=13300$  м<sup>3</sup>/с при ФПУ 326,7 м при этом собственная пропускная способность до 2300 м<sup>3</sup>/с;
- расчетный расход  $Q_{0,1\%}=7000$  м<sup>3</sup>/с при отметке верхнего бьефа 322,0 м в створе гидроузла, принятого из условий не подтопления п.г.т. Черемушки при этом собственная пропускная способность 2100 м<sup>3</sup>/с;
- зимний расход до 1300 м<sup>3</sup>/с при УМО 319,0 м для хозяйственных попусков и создания оптимального ледового режима в нижнем бьефе сооружения.

## Требования к конструкции дополнительного берегового водосброса:

- исключение гидравлического сопряжения бьефов в виде падающей струи для уменьшения воздушно-капельного рассеивания и шумового эффекта;
- эксплуатация гидромеханического оборудования в закрытом помещении для возможности работы в зимний период.



# Варианты водосбросов

ОАО «Ленгидропроект» рассмотрело более полутора десятков вариантов дополнительного водосброса Майнского гидроузла с расположением их на правом и левом берегах, а так же в русле р. Енисей. Все рассмотренные варианты способны осуществлять холостые сбросы в зимний период.

В данной презентации подробно остановимся на трех наиболее перспективных вариантах:

**Вариант А** Левобережный вариант с водозабором из р. Уй. (1914-9-15-ГР л. 2-10)

**Вариант Б** Правобережный вариант. (1914-9-15-ГР л. 11-17)

**Вариант В** Русловой вариант. (1914-9-15-ГР л. 18-21)



# Вариант А Левобережный вариант



Республика Хакасия  
Бейский район

Земли  
МО «Саяногорск»

Красноярский край  
Шушенский район

Земли  
МО Сазыньский  
сельсовет

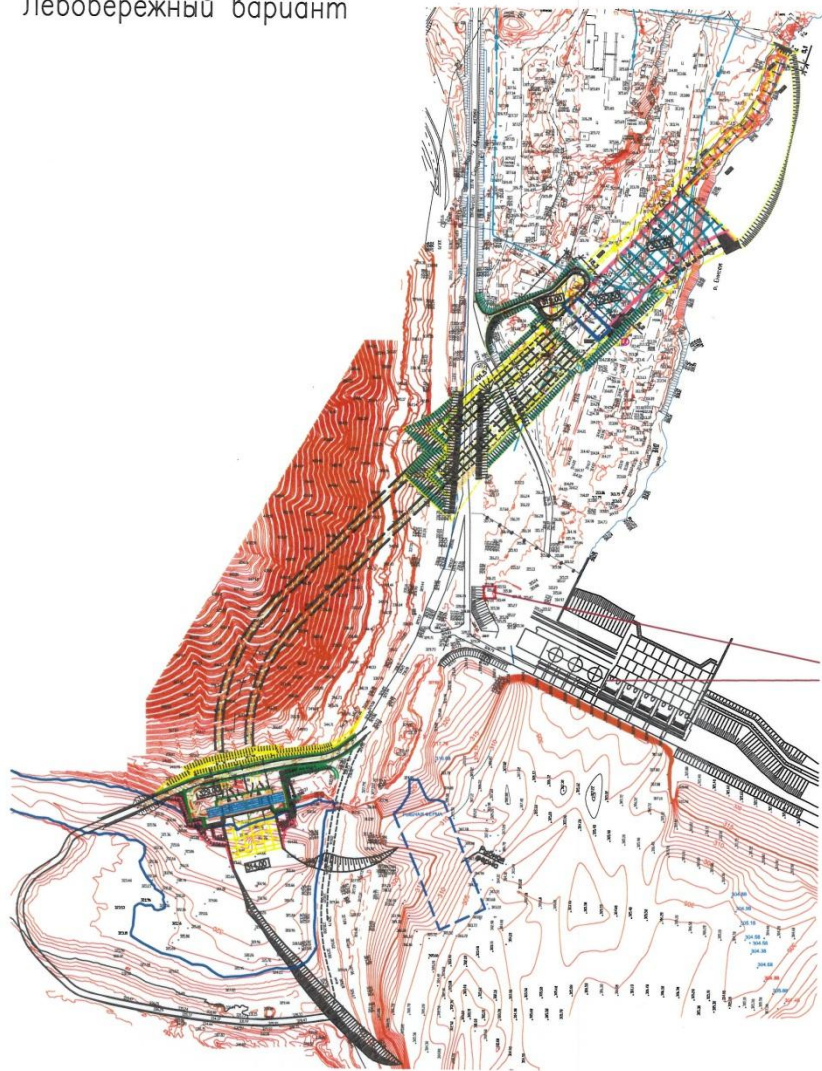
Территория Майнского гидроузла,  
используемая с правом аренды

Земли МО Сазыньский  
сельсовет

Территория, находящаяся в собственности  
Майнского гидроузла «ОАО» «Саяно-Шушенская ГЭС»



Левобережный вариант



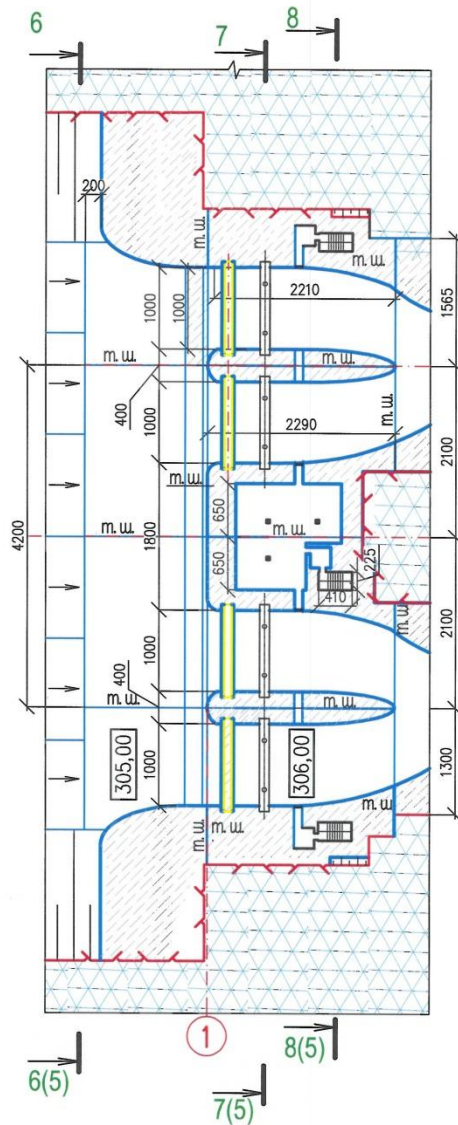


## Описание левобережного варианта с забором из р. Уй

- ❑ Вариант дополнительного водосброса с водозабором из р. Уй представлен в комплекте чертежей 1914-9-15-ГР на листах 2-10. В данном варианте забор воды производится из залива в устье реки Уй. Так как пропускная способность отверстий под существующим мостом через залив недостаточна, вариант рассматривается с учётом разборки грунтовой насыпи, перегораживающей залив, и существующих мостов.
- ❑ Дорога переносится на берег в обход залива со строительством нового моста через Уй. При этом дорога проходит за входным оголовком сооружения. За оголовком, расположенном на берегу залива, через обетонированный участок в скальном выемке, водоводы уходят в скальный массив, а после выхода из него через зону понижения рельефа с автодорогой, укреплённую цементацией, переходят в напорные железобетонные водоводы, проходящие под реконструируемой дорогой к пристани. Водопроточное сооружение, осуществляющее регулирование в водопроводящем тракте, расположено после пересечения с дорогами, таким образом, чтобы при максимальном удалении от дорог и сооружений действующей ГЭС обеспечить допустимый скоростной режим на выходе из отводящего канала.
- ❑ В состав сооружений входят: подводящий канал, входной оголовок, туннели, лотки закрытого типа, выходной оголовок, водобойный колодец и отводящий канал.

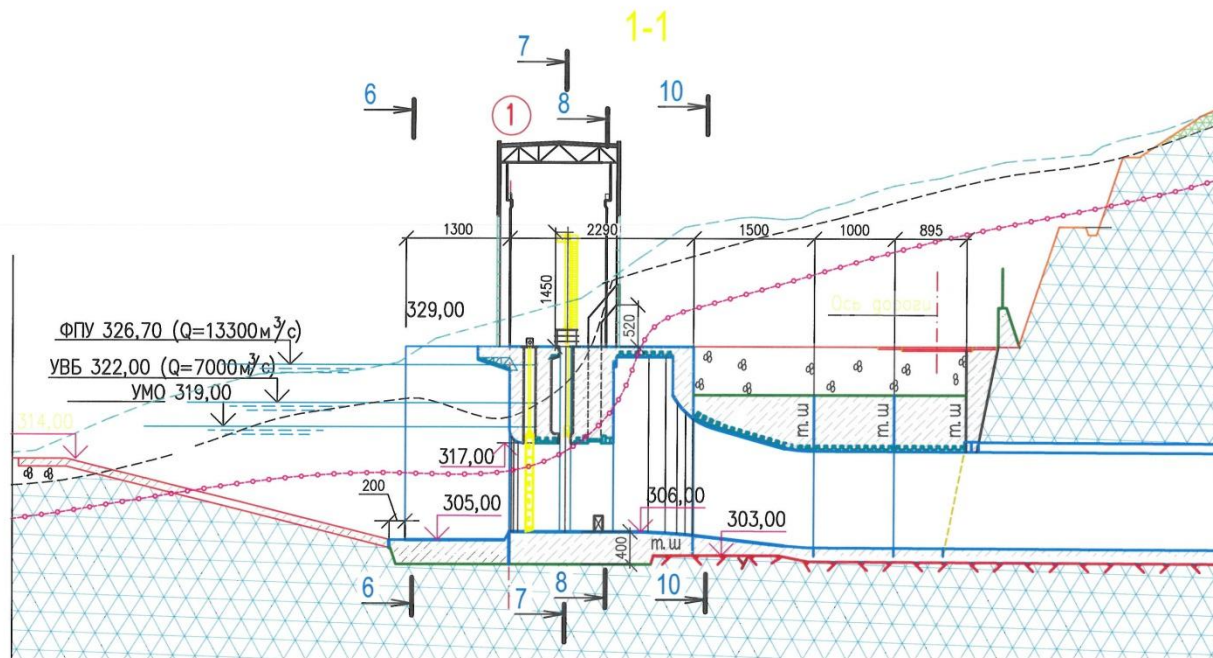
# Входной оголовок (вид сверху)

План на отм. 306,00



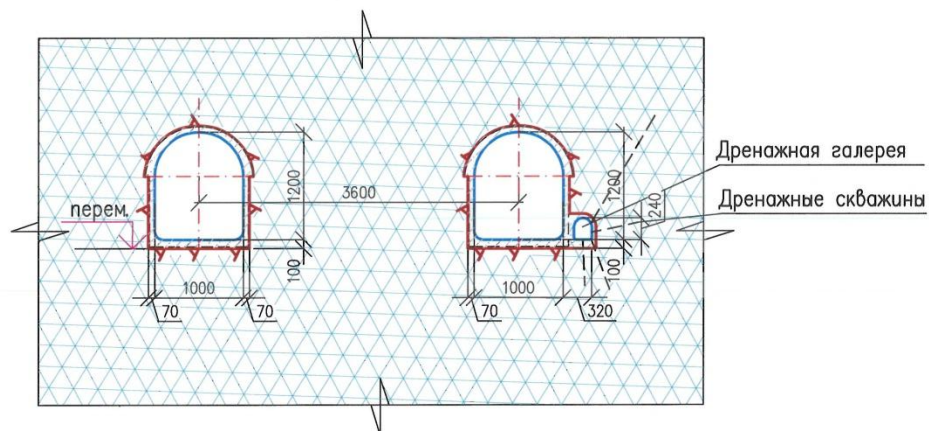


# Входной оголовок (разрез по потоку)

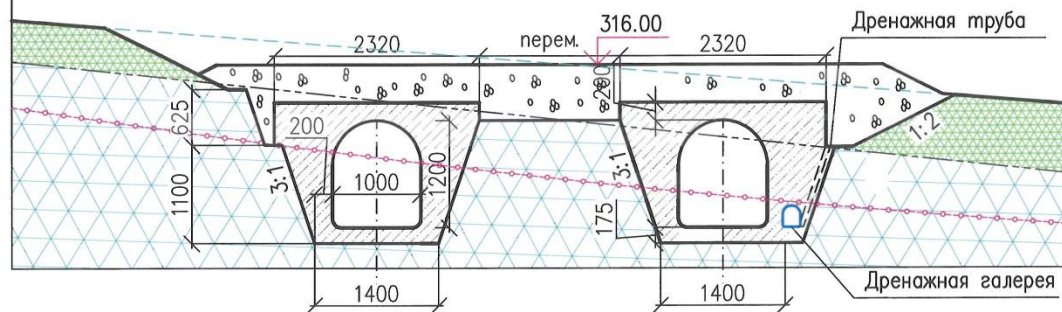


# Напорные водоводы

Разрез по участку в сохранный скале



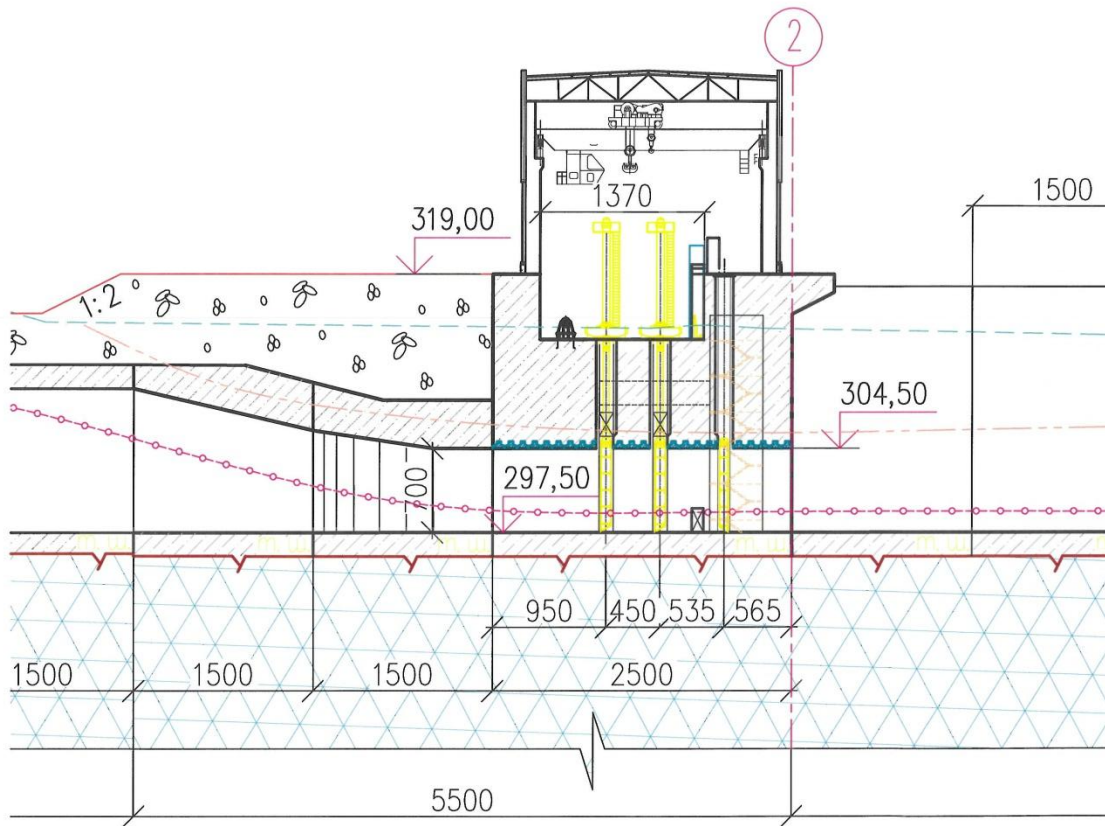
Разрез по участку напорного водовода в открытой выемке







# Выходной оголовок (разрез по потоку)

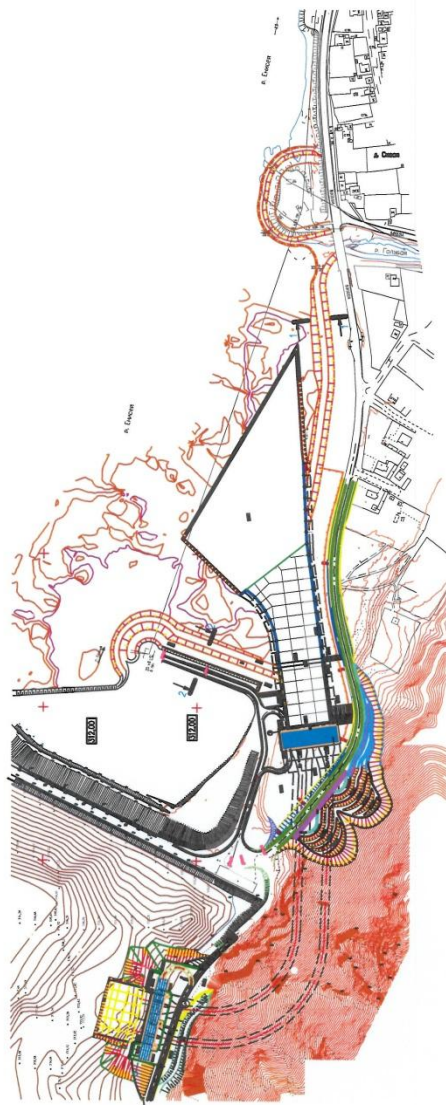








# Правобережный вариант

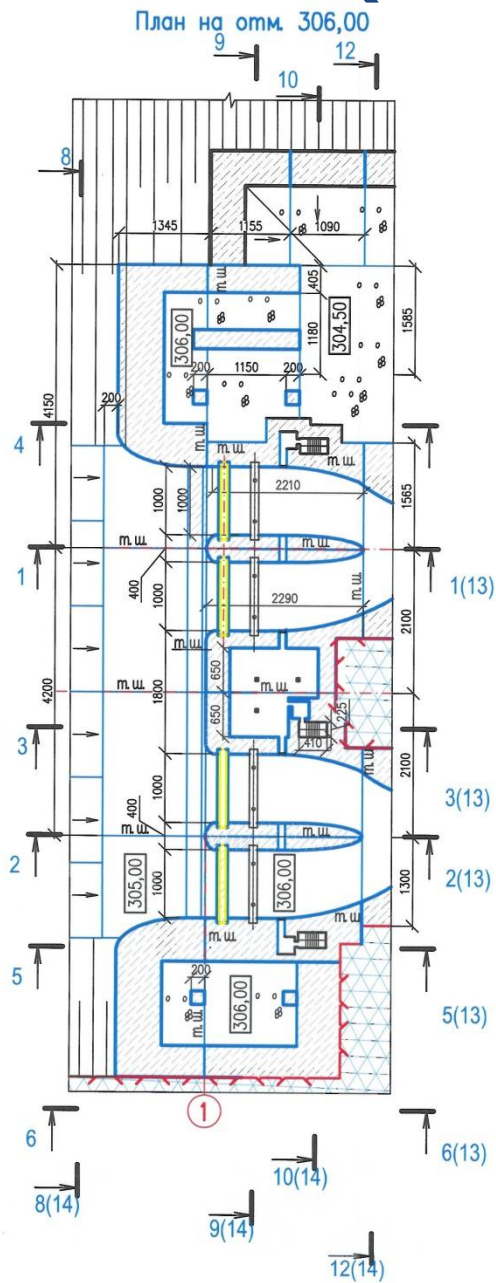




## Описание правобережного варианта

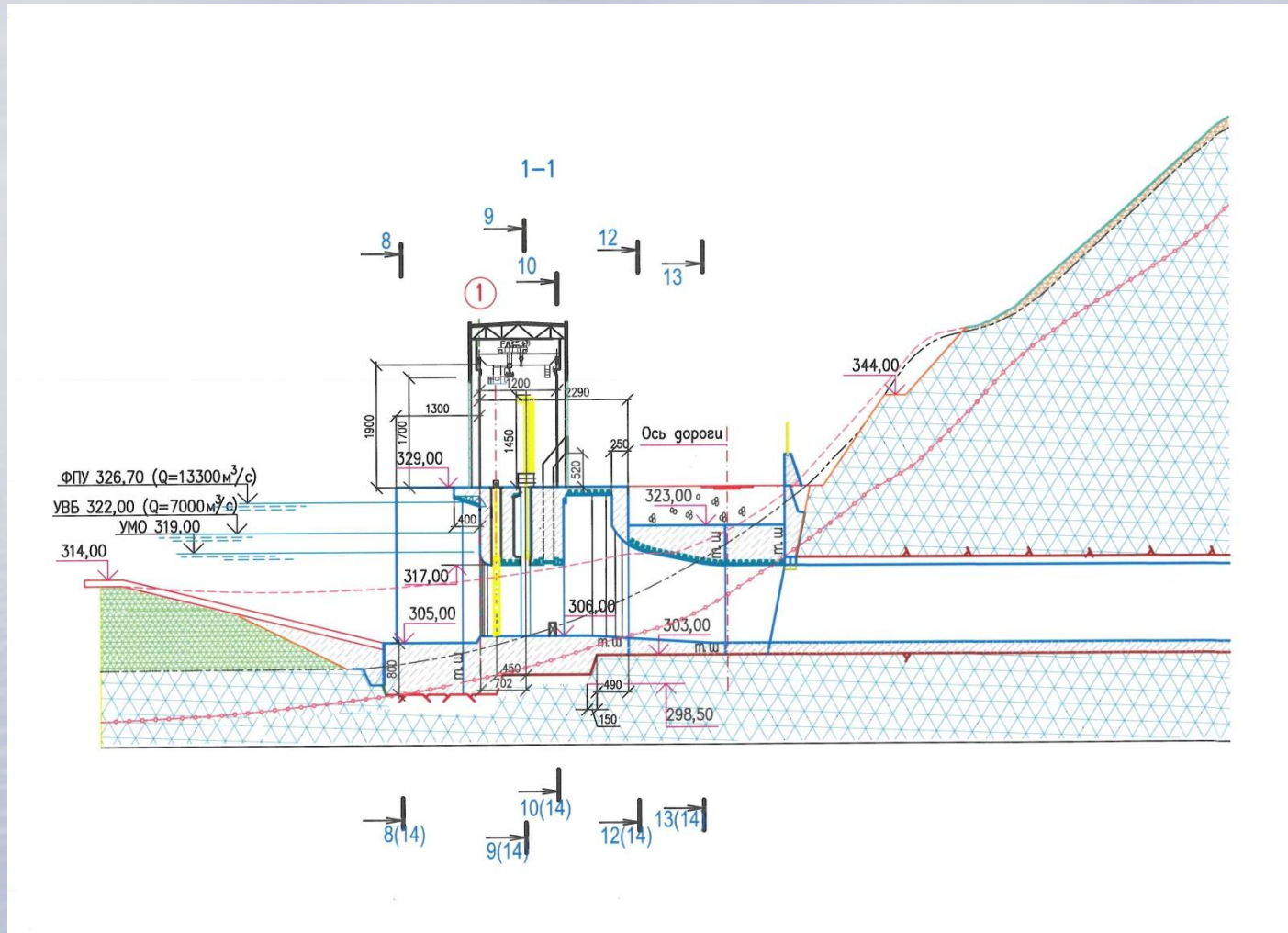
- ❑ Вариант дополнительного правобережного водосброса представлен в комплекте чертежей 1914-9-15-ГР на листах 11-17. В данном варианте забор воды производится из водохранилища перед земляной плотиной. За оголовком, расположенном на берегу водохранилища, водоводы проходят через короткий обетонированный участок под засыпкой до входа под подпорную стенку в склон, укрепленный цементацией, и далее в скальный массив. После выхода из него через зону, укрепленную цементацией, за подпорной стенкой туннели переходят в напорные водоводы, проходящие под площадкой, через которую проходит постоянная автодорога. Водопрпускное сооружение, осуществляющее регулирование в водопроводящем тракте, расположено в понижении рельефа ближе к береговой линии. Проезд в эксплуатационный период предполагается осуществлять за водопрпускным сооружением и далее вдоль стенки отводящего канала с выходом на существующую трассу.
- ❑ В состав сооружений входят: подводящий канал, входной оголовок, напорные водоводы, туннели, выходной оголовок, водобойный колодец, отводящий канал и необходимые расчистки в НБ за отводящим каналом.

# Входной оголовок (вид сверху)



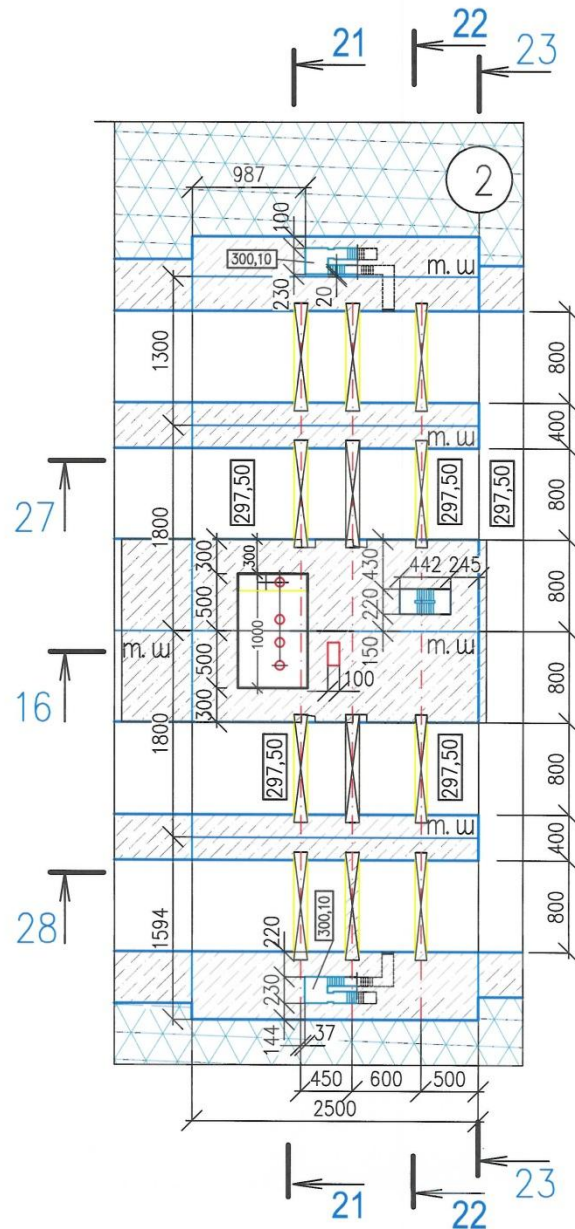


# Входной оголовок (разрез по потоку)



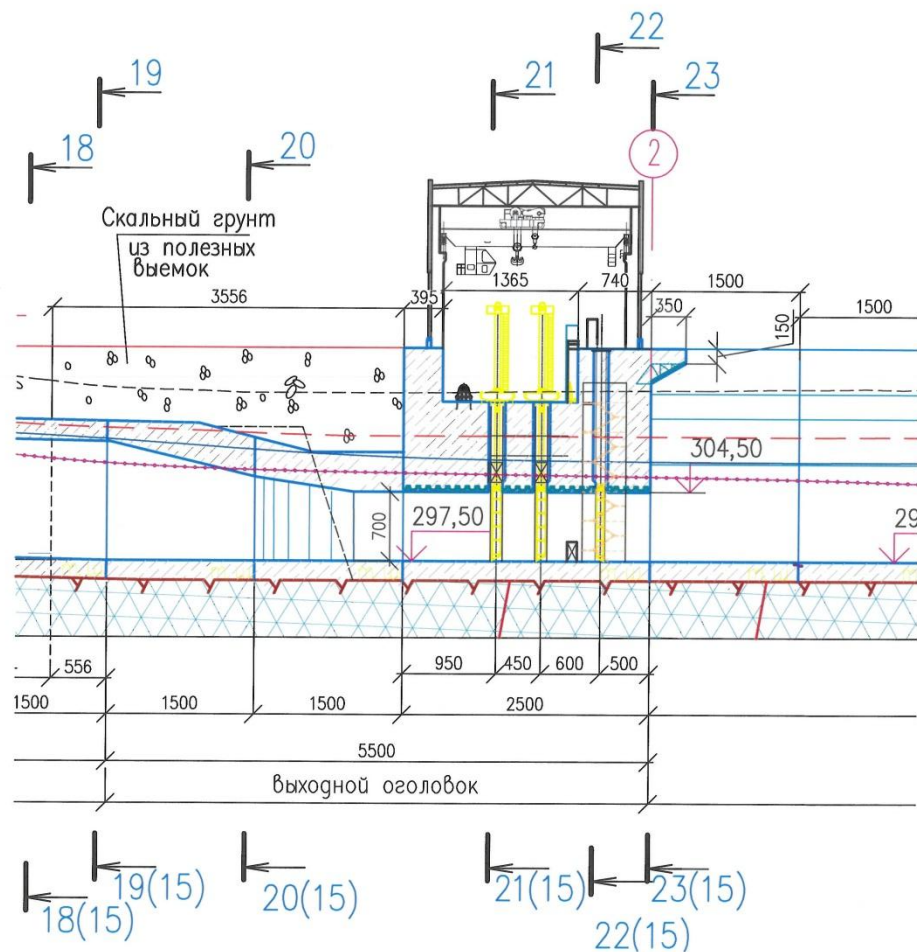
# Выходной оголовок (вид сверху)

План на отм. 300,10





# Выходной оголовок (разрез по потоку)





# Вариант В Русловой вариант







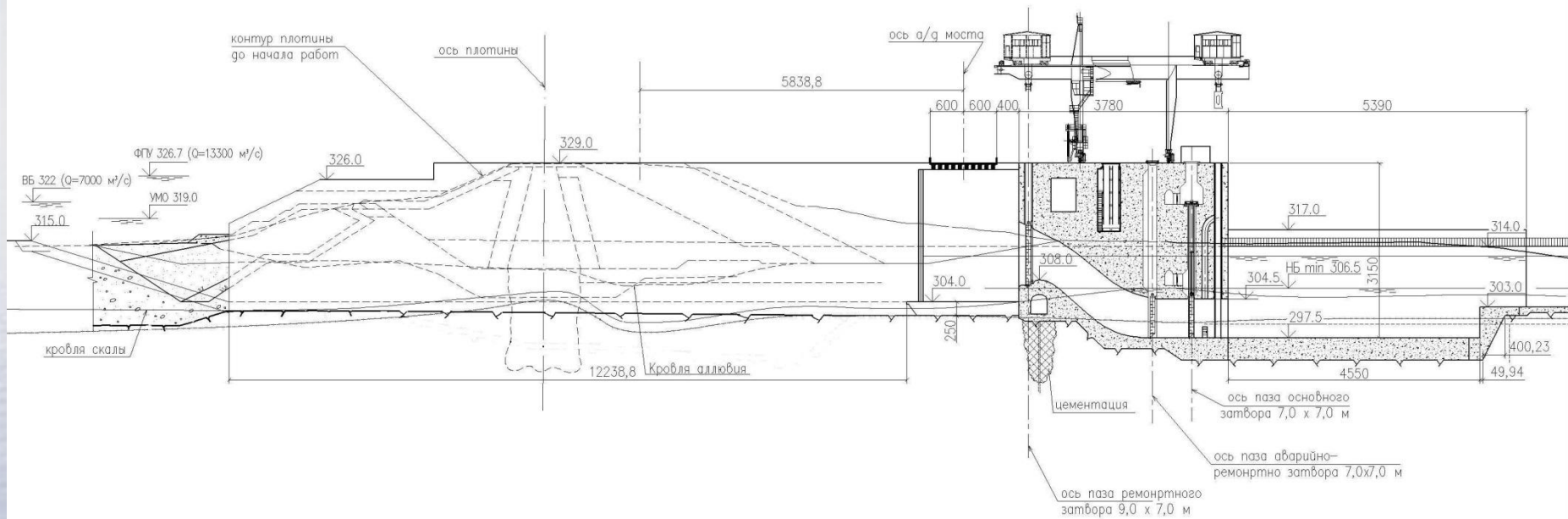
## Описание руслового варианта

- ❑ Вариант дополнительного руслового водосброса представлен в комплекте чертежей 1914-9-15-ГР на листах 18-21. Водопропускное сооружение расположено в пределах существующей земляной плотины. Она прорезается подводящим каналом, водопропускное сооружение расположено за пределами упорной призмы. Ось водосбросного сооружения искривлена в плане для обеспечения более плавного движения воды и выхода отводящего канала в промежуток между опорой и дорогой.
- ❑ Разрываемый напорный фронт восстанавливается двумя контурами:
  - стена в грунте от существующего ядра земляной плотины через дополнительно насыпаемую часть до бетонной плотины, и через водопропускное сооружение с замыканием на берег;
  - восстанавливаемое суглинистое ядро, часть подпорной стенки, образующей подводящий канал, и далее водопропускное сооружение с замыканием на берег.
- ❑ В состав сооружений входят:
  - подводящий канал;
  - водопропускное сооружение с бетонной плотиной и расширенной частью земляной;
  - водобойный колодец;
  - отводящий канал.



# Русловой вариант (Вариант В)

Продольный разрез по водосбросу в русле



# Сравнение основных технико-экономических показателей

Наименование показателей	Ед. изм.	Варианты водосброса		
		Вариант А	Вариант Б	Вариант В
Стоимость строительства в текущих ценах по состоянию на 2 кв. 2013 г.	млн. руб.	8 950	8 050	10 100
Продолжительность строительства	год	4,5	4,5	4,5
Объем бетонных работ по основным сооружениям, в том числе подземный бетон	тыс. м <sup>3</sup>	311,0 78,0	284,0 48,0	308,0 -
Объем земляных работ по основным сооружениям	тыс. м <sup>3</sup>	1954,0	1236,0	1209,0
Объем земляных работ по выемке грунтов, в том числе в мягких грунтах скальных породах (в том числе подземная выломка)	тыс. м <sup>3</sup>	1700,0 678,0 1022,0 (220,0)	954,0 408,0 546,0 (133,0)	865,0 697,0 168,0 (0,0)
Объем земляных работ по насыпи грунтов	тыс. м <sup>3</sup>	254,0	282,0	344,0
Объем работ по цементации и инъекции	тыс. п. м.	30	30	400
Объем работ по устройству и восстановлению противофильтрационного элемента в существующей русловой плотине	тыс. п. м	-	-	0,5
Выполнение подземных буровзрывных работ	тыс. м <sup>3</sup>	220,0	133,0	-
Максимальная интенсивность бетонных работ	тыс. м <sup>3</sup> /мес.	15	15	20
Максимальная интенсивность земляных работ по выемке	тыс. м <sup>3</sup> /мес.	110	70	90
Максимальная интенсивность земляных работ по насыпи	тыс. м <sup>3</sup> /мес.	70	70	100
Переустройство существующих постоянных автодорог	км	1,9	1,7	1,3
Строительство постоянных автодорожных мостов	шт.	1	-	1





# Сравнение вариантов по основным и дополнительным показателям

Наименование показателей	Варианты водосброса		
	Вариант А (левобереж.)	Вариант Б (правобереж.)	Вариант В (условной)
1. Стоимость строительства	-	+	-
2. Продолжительность строительства	+	+	+
3. Объем бетонных работ по основным сооружениям	-	+	-
4. Объем земляных работ по основным сооружениям	-	+	-
5. Разборка существующих напорных гидротехнических сооружений	+	+	-
6. Устройство и восстановление противофильтрационного элемента в существующей русловой плотин	+	+	-
7. Опыт, качество и надежность применяемой технологии работ	+	+	-
8. Производство подземных работ	-	-	+
9. Производство буровзрывных работ	-	-	+
10. Производство работ по инъекции и цементации	+	+	-
11. Производство подводно-технических работ	-	+	+
12. Производство открытой скальной выемки	-	-	+
13. Необходимость открытия карьера суглинка	+	+	-
14. Размещение излишков грунтов	+	-	-
15. Удаление от производственной базы строительства	+	-	-
16. Массовые перевозки по основным сооружениям Майнского гидроузла	+	-	-
17. Удаление населённых пунктов от дополнительного водосброса	+	-	-
18. Необходимость переселения людей, проживающих в районе строительства	+	-	-
19. Переустройство существующих постоянных автодорог	-	-	-
20. Строительство постоянных автодорожных мостов	-	+	-
21. Переустройство существующих инженерных сетей	-	+	+
22. Дополнительные мероприятия, связанные с посещением отдыхающими существующих зон рекреации на правом берегу Майнского водохранилища	+	-	-
23. Дополнительные мероприятия, связанные с выносом рыбной фермы из зоны работ	-	+	+
24. Инженерно-топографические условия	+	-	+
25. Компактное расположение сооружений Майнского гидроузла, требующих присутствия эксплуатирующего персонала	+	-	-
26. Удаление дополнительного водосброса от сооружений грунтовой плотины и других потенциально размываемых при работе водосброса объектов	+	-	-
	+15/-11	+13/-13	+8/-18

Примечание: знак (+) – вариант с лучшими показателями, знак (-) - вариант с худшими показателями

## Анализ сравнения вариантов

**4.1 Русловой вариант** размещения дополнительного водосброса был исключен из дальнейшего рассмотрения по следующим причинам:

- ❑ - необходимо на время строительства переселить часть населения п. Голубая из опасной зоны производства БВР;
- ❑ - необходимо разобрать существующих напорных гидротехнических сооружений - русловой плотины на длине около 200 м.;
- ❑ - требуется устройство и восстановление противофильтрационного элемента в существующей русловой плотине. Работы требуют высокого качества выполнения. При этом число примыканий противофильтрационных элементов к смежным сооружениям увеличивается, что создаёт риски возникновения аварийной ситуации при дальнейшей эксплуатации;
- ❑ - для восстановления суглинистого ядра русловой плотины, разобранный при строительстве водосброса необходимо открыть новый карьер, в связи с отсутствием в районе строительства действующих карьеров суглинки;
- ❑ - для организации котлована 2 очереди требуется отсыпка верховой перемычки с устройством примыкания к верховому клину русловой плотины, сложенному из слабых грунтов. Отсыпка перемычки и устройство примыкания необходимо производить под углом в подводных условиях на глубине до 15 м. В связи с большими глубинами воды конструкция перемычки и способ её отсыпки в проекте принимаются по объекту-аналогу, построенному и успешно эксплуатируемому в Северо-Западной провинции Канады. Конструктивно перемычка состоит из двух боковых каменных призм и центральной части из щебня. Противофильтрационный элемент выполняется в виде «стены в грунте» из буросекущихся свай, устраиваемых в центральной части перемычки. Устройство перемычки производится пионерной параллельной отсыпкой боковых призм из камня и центральной части из щебня. При отсыпке камня на откос русловой плотины произойдет выпор слабых грунтов верхового клина, что может привести к аварийной ситуации. Для возможности безаварийного возведения сооружений требуется выполнение специальных, технически сложных и дорогостоящих мероприятий и проверки их на модели. Аналогичные работы на меньших глубинах необходимо выполнять и при устройстве примыкания перемычки отводящего канала к русловой плотине;
- ❑ - при устройстве примыкания противофильтрационного элемента в виде буробетонной «стены в грунте» верховой и низовой ограждающих перемычек к русловой плотине в больших объёмах требуется выполнение инъекции крупнообломочных и скальных грунтов упорных банкетов. Эти работы требуют привлечения дополнительных ресурсов, механизмов, оборудования и средств;
- ❑ - выполнение перечисленных работ является сложной технической задачей, для её реализации требуется применение индивидуальной технологии работ. данные скрытые работы характеризуются повышенным риском ввиду отсутствия



#### 4.2 Правобережный и левобережный варианты

- Для строительства обоих вариантов при возведении основных сооружений применяются:
- традиционные, получившие распространение на строительстве гидротехнических объектов технологии строительного-монтажных и специальных работ
- буровзрывные подземные работ при проходке туннелей. При этом выполнение этих работ требуется производить по специальной технологии, учитывающей режимные условия параллельных производств, минимизирующей негативные эффекты взаимодействия без нарушения условий эксплуатации ГЭС и с исключением аварийных последствий в работе ГЭС, связанных с взрывами. В настоящее время имеется широкий опыт применения таких технологий при аналогичных условиях строительства;
- работы по инъекции и цементации слабых скальных пород на входном и выходном участках;
- подводно-технических работы при отсыпках и разборке ограждающих перемычек. При этом для варианта левобережного водосброса дополнительно необходимо выполнение подводных выемок на участке подходного канала.;
- производство открытой выемки в коренных скальных породах. В связи с наличием в непосредственной близости от строительной площадки жилых и промышленных объектов, автомобильных дорог общего пользования и инженерных сетей, в том числе воздушных линий электропередач напряжением до 220 кВ, для разработки части выемок в коренных скальных породах предполагается применить механический способ рыхления при помощи профессиональных высокопроизводительных гидромолотов, алмазного пиления и гидрооткола;
- работы по переустройству автомобильных дорог связано с изменением трассы.

#### **К основным преимуществам правобережного расположения дополнительного водосброса над левобережным относятся:**

- стоимость (на 900 млн. руб. меньше), при этом данная разница будет уменьшаться по результатам оценки стоимости расселения п. Голубая на правом берегу (Красноярский край) и инженерным изысканиям по левому берегу (республика Хакасия);
- бетонные и земляные работы (на 27 и 718 тыс. м<sup>3</sup> соответственно меньше), при этом данный показатель будет уменьшаться по результатам инженерно-геологических изысканий по левобережному варианту;
- отсутствие необходимости строительства моста через реку Уй, подводных расчисток по подводящему каналу и переустройство фактически существующих инженерных сетей.

## К основным преимуществам левобережного расположения дополнительного водосброса над правобережным относятся:

- ❑ - отсутствие необходимости переселения людей, так как при строительстве левобережного варианта в зону возможного воздействия буро-взрывных работ жилые строения не попадают, тогда как при правобережном варианте ближайшие постройки населённого пункта Голубая находится на расстоянии менее 100 м от строительной площадки, располагающейся за границами санитарно-защитной зоны;
- ❑ - для складирования выемок на левом берегу, на расстоянии около 20 км от строительной площадки, имеются ранее отсыпавшиеся отвалы вскрышных грунтов Кибик-Кордонского месторождения мрамора и полезной выемки Саяно-Шушенского берегового водосброса.
- ❑ - размещение производственной базы строительства для всех вариантов водосброса предполагается на левом берегу на территории бывшего деревообрабатывающего завода. Это решение позволяет сократить объёмы и стоимость строительства по сравнению с рассмотренными вариантами производственной базы на правом берегу. Также это решение позволяет разместить на одной площадке производственные базы по реконструкции оборудования Майнского гидроузла и строительству дополнительного водосброса, избежать необходимости прокладки временных сетей инженерно-технического обеспечения с левого на правый берег по сооружениям Майнского гидроузла. При этом данных о площадках для размещения производственной базы, расположенных на правом берегу и удовлетворяющих требованиям к размещению подобных производств, не имеется.
- ❑ - с учётом расположения перевалочной базы в районе г. Саяногорска и производственной базы на левом берегу р. Енисей, массовые перевозки грузов строительства не будут производиться через основные сооружения Майнского гидроузла, что не потребует дополнительных мероприятий по охране объекта в период строительства и организации дополнительного мониторинга за состоянием зданий и сооружений;
- ❑ - строительство правобережного варианта частично ведётся в условиях горной местности, на крутых склонах имеющих уклон до  $45^{\circ}$ , что требует применения специальных методов ведения земельно-скальных работ, привлечения дополнительных ресурсов и средств. При этом жилые строения населённого пункта Голубая находятся на расстоянии 100 м от места ведения работ, что накладывает дополнительные ограничения на их производство работ. Как уже отмечалось выше, данная проблема при выборе левобережного варианта отсутствует.



## Выводы

**По результатам технико-экономического сравнения вариантов предпочтительным являются вариант левобережного расположения дополнительного водосброса с водозабором из р. Уй.**

**Спасибо за внимание!**