

Тема 3. Регулирующая сеть, проектирование в горизонтальной плоскости

Практическая работа №3. Элементы и конструкции мелиоративной системы

Цель работы – изучение элементов и конструкций мелиоративной системы

Техническая схема и конструкция осушительной системы определяется, прежде всего, принятыми в проекте способами осушения, увлажнения и характером осушаемого участка.

В общем случае осушительная мелиоративная система должна включать такие элементы, как водоприемник, проводящую, регулирующую и оградительную сеть, гидротехнические сооружения на сети, дороги и полезацинные лесополосы. Примеры принципиальных схем осушительных систем приведены на рис. 3.1.

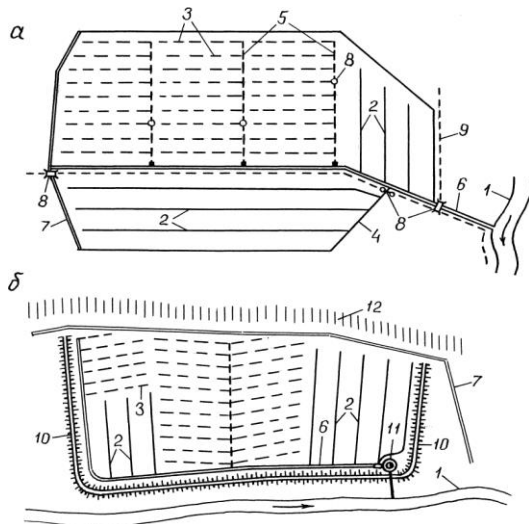


Рис. 3.1. Самотечная (а) и польдерная (б) осушительные системы:
1 – река-водоприемник; 2 – открытые осушители; 3 – закрытый дренаж; 4 – открытый коллектор; 5 – закрытый коллектор; 6 – магистральный канал; 7 – нагорный канал; 8 – сетевые гидросооружения; 9 – дороги; 10 – оградительная дамба; 11 – осушительная насосная станция; 12 – надпойменная терраса

Регулирующая сеть предназначена для регулирования водно-воздушного режима осушаемых почв путем сбора поверхностных и грунтовых вод и передачи их в проводящую сеть. Она может состоять из закрытой и открытой сети, ложбин стока, поглотительных устройств и др.

Проводящая сеть необходима для приема воды из регулирующей сети и транспортирования ее в водоприемник. К проводящей сети относят магистральные каналы, транспортирующие собиратели, коллекторы.

Оградительная сеть проектируется для защиты участка от поступления на него поверхностных и грунтовых вод со смежных территорий. В качестве оградительной сети служат нагорные, ловчие, нагорно-ловчие, береговые каналы или дрены.

Водоприемник необходим для приема воды со всей осушаемой площади и из оградительной сети.

Для функционирования осушительной системы в установленном режиме необходимы также *гидротехнические сооружения* (трубы-перезды, трубы-регуляторы, мосты, колодцы смотровые, поглотители и др.).

Дороги проектируют на всех мелиоративных объектах. По дорогам обеспечивается связь мелиорируемых территорий с хозяйствами, полями севооборотов.

Полезационные лесные полосы служат для защиты полей от водной и ветровой эрозии. Они необходимы также для улучшения среды обитания животных, создания благоприятного микроклимата на объекте.

Осушительная система может быть *самотечной* и *с механическим отводом* избыточной воды с осушаемой территории. В самотечной осушительной системе излишки воды удаляются самотеком, начиная от регулирующей сети и заканчивая сбросом ее из проводящей сети в водоприемник. Примером осушительной системы с механическим отводом воды является польдерная система (рис. 3.1, б).

При выборе конструкции мелиоративной системы в проекте следует отдавать предпочтение закрытым самотечным системам с элементами для увлажнения осушаемых земель либо осушительно-увлажнительным системам.

По размещению в плане закрытая регулирующая сеть проектируется систематической или выборочной. С учетом исходных данных в курсовом проекте разрабатывается систематическая дренажная сеть.

В соответствии с требованиями ТКП 45–3.04–8–2005 [2] закрытая регулирующая сеть проектируется как правило из пластмассовых либо

керамических труб, выдерживающих расчетное давление грунта и временную динамическую нагрузку от сельскохозяйственных машин.

С учетом всех имеющихся исходных данных и результатов расчета водного баланса почв на топографическом плане намечается принципиальная схема осушительно-увлажнительной системы с плановым расположением основных водотоков открытой и закрытой проводящей сети.

Окончательное проектирование мелиоративной системы выполняется после обоснования расчетных параметров регулирующей сети. В зависимости от принятых способов осушения регулирующая сеть может быть представлена в виде открытых каналов либо закрытых дрен.

Практическая работа №4. Обоснование параметров регулирующей осушительной сети

Цель работы 1 – обосновать виды закрытого дренажа почвы.

Закрытый дренаж состоит из расположенных на определенной глубине и расстоянии друг от друга пустотных полостей, стенки которых укреплены тем или иным материалом (материальный дренаж) или остаются уплотненными незакрепленными (нематериальный дренаж) (рис. 4.1).

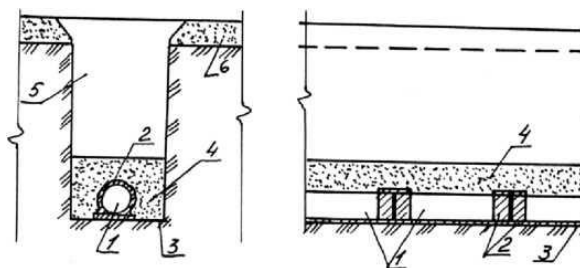


Рис. 4.1. Керамическая дрена: а – поперечный разрез; б – продольный разрез; 1 – керамические трубы; 2 – защитно-фильтрующий материал; 3 – дно траншеи; 4 – присыпка гумусной почвой; 5 – обратная засыпка; 6 – пахотный слой

По отношению к поверхности земли дренаж бывает трех видов: *горизонтальный* – когда дрены и собиратели располагаются примерно параллельно поверхности земли; *вертикальный* – регулирующая сеть устраивается вертикально к поверхности земли (скважины, колодцы); *комбинированный* – сочетание горизонтального с вертикальным дренажем.

Закрытый дренаж применяют для осушения болот и избыточно увлажненных земель при коэффициенте фильтрации почвогрунтов более 0,01 м/сут при грунтовом и грунтово-напорном, смешанном и намывном водном питании. Закрытые собиратели устраивают при осушении слабоводопроницаемых грунтов атмосферного типа водного питания и коэффициенте фильтрации менее 0,01 м/сут.

Закрытый дренаж устраивается траншейным (ширина траншеи 50 см), узкотраншейным (ширина траншеи 12...30 см) и бестраншейным способом. Бестраншейный способ наиболее производительный. Он используется при укладке гибких (пластмассовых) дренажных труб, устройстве кротового и щелевого дренажа.

Керамический дренаж устраивается траншейным способом. Для его устройства применяются трубы длиной 33 см. Согласно ГОСТу 8411-74 их изготавливают круглыми и многогранными по наружной поверхности с внутренним диаметром 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250 мм. Регулирующая сеть дренажа устраивается из труб диаметром 50, реже 75 мм, коллекторы - из труб больших диаметров (75...250 мм) [2].

Пластмассовые дренажные трубы изготавливают из полиэтилена, поливинилхлорида и других пластмассовых материалов (рис. 4.2) [2].

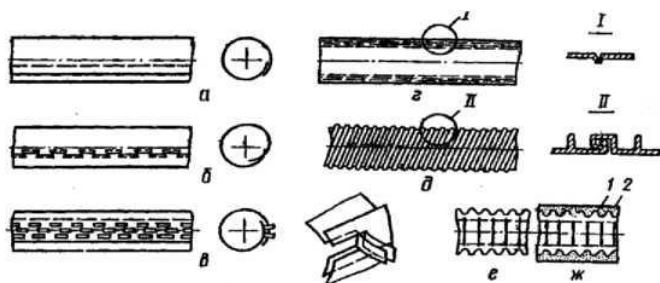


Рис. 4.2. Пластмассовые дренажные трубы:

а – пленочные с упруго поджатым швом; б – пленочные со швом «молния»; в – пленочные со швом – перфорацией; г – пленочные гладко стенные перфорированные; д – пленочные спиральновитые из профилированной ленты; е – гофрированные без защиты; ж – гофрированные, защищенные от заиливания; 1 – салфетка; 2 – фильтрующий материал

Достоинства: легкость, технологичность в строительстве, лучшие технико-экономические показатели при их изготовлении и укладке дренажа. Наружный диаметр их составляет 50, 63, 75, 90, 110, 125 мм. Изготавливаются они гофрированными, спиральными или гладкостенными. Гофрированные трубы имеют длину 60...200 м и поставляются в бухтах. Гладкостенные с толщиной стенок до 3...4 мм применяют в основном для устройства коллекторной части дренажной сети. Поставляются в пачках. Длина их колеблется от 5 до 12 м.

Осушительные дрены обычно принимаются постоянного диаметра (для гончарного дренажа $d = 5$ см). Диаметры закрытых коллекторов устанавливают, как и для открытых каналов, по формулам равномерного движения жидкости в зависимости от расхода воды Q (л/с), поступающего в него.

По степени покрытия осушаемой площади, как открытая регулирующая сеть, так и закрытый дренаж может быть систематическим, разреженным и выборочным. При систематическом

дренаже дрены более или менее равномерно распределены по осушаемой территории (рис. 1.3) [1].

В разреженном дренаже расстояние между дренами принимают в 1,5–2 раза больше рекомендуемых для данных условий, что снижает его стоимость, но для достижения необходимого гидрологического действия материальный дренаж часто дополняют нематериальным (крятовым или щелевым). В этом случае его называют комбинированным. Выборочный дренаж проводят только по тальвегам, вымоинам, замкнутым понижениям местности и другим участкам с повышенной увлажненностью.

Соединение коллектора с дренажной без фасонных деталей осуществляется двумя способами – впритык или внахлест (рис. 4.3).

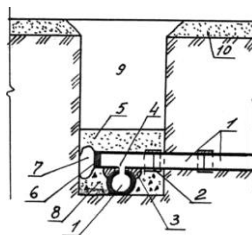


Рис. 4.3. Узел сопряжения дрены с коллектором:

1 - трубы; 2 - защитно-фильтрующий материал; 3 - обмазка цементным раствором; 4 - отверстие; 5 - присыпка гумусной почвой; 6 - заглушка; 7 - упор; 8 - щебень; 9 - обратная засыпка; 10 - пахотный слой

Применение фасонных соединительных деталей сокращает затраты времени (в 2...5 раз), повышает прочность и надежность узловых соединений. Для этого применяются дренажные тройники, пластмассовые втулки и угольники, керамические, фасонные трубы, соединительные муфты, переходники, заглушки и др.

Крятовый дренаж применяют на тяжелых (глинистых) и торфяных почвах в сочетании с керамическим, полиэтиленовым дренажем и открытыми каналами. Крятовые дрены устраиваются длиной 100...200 м с уклоном 0,003...0,005, глубиной 0,5...0,7 м, диаметром 6...8 см.

Щелевой дренаж устраивается на торфяных почвах. Длина щелевых линий - до 300 м. Расстояние между ними - 20...40 м, глубина - 0,7...0,9 м.

Назначение крятового и щелевого дренажей - ускорить отвод избыточных поверхностных и грунтовых вод из корнеобитаемого слоя почвы.

Практическая работа №5. Обоснование параметров регулирующей осушительной сети

Цель работы – освоить методику расчета глубины заложения дрен и расстояния между дренами.

Расчета глубины заложения дрен. С учетом исходных данных разрабатывается регулирующая сеть в виде закрытого керамического или пластмассового дренажа, работающего по осушительному принципу.

Применение закрытой регулирующей сети из пластмассовых труб допускается [2]:

- на минеральных почвах и предварительно осушенных торфяниках с коэффициентом фильтрации 0,3 м/сут. и более;

- в почвах с коэффициентом фильтрации менее 0,3 м/сут с заполнением дренажной щели фильтрующими материалами, обеспечивающими гидравлическую связь дрены с избыточными водами пахотного слоя;

- при содержании в грунтах не более 4 % каменных включений размерами от 30 до 60 см;

- при содержании пней не более 3 %;

- при содержании 3 % и менее погребенной древесины диаметром не более 10 см.

К основным параметрам закрытой регулирующей сети относятся: глубина заложения дрен (t , м), уклон дрен (i), длина дрен (ℓ_d , м) и расстояние между дренами (B , м).

Глубину заложения дрены (или глубину траншеи) можно определить как слагаемое следующих величин:

$$t = a + П + d_n, \quad (5.1)$$

где a – вегетационная норма осушения (заданное расстояние от поверхности почвы до верха кривой депрессии), м;

$П$ – подъем кривой депрессии над верхом дрены, м;

d_n – наружный диаметр дрены, м (для керамической дрены $d_n = 0,072$ м; пластмассовой – согласно принятому [7]).

В условиях торфяно-болотных почв значение t_d увеличивают на величину будущей осадки и сработки торфяной залежи (10 – 15 % от t_d).

В практическом проектировании принимаются рекомендуемые значения глубин дрен [1,2]. Оптимальная рекомендуемая глубина заложения дрен составляет 1,2 – 1,3 м (для минеральных почв среднего, тяжелого механического состава и торфяников) и 1,1 – 1,2 м – для

легких минеральных почв. Минимальная и максимальная глубина дрен составляет 1,0 и 1,4 м соответственно.

Длина закрытых дрен (ℓ_d) должна находиться в пределах 50 – 300 м (при уклоне $i \leq 0,005$ – до 200 м). При проектировании необходимо стремиться к максимально допустимым значениям ℓ_d [2].

Оптимальные уклоны закрытых дрен и собирателей составляют 0,008 – 0,015. Минимальный уклон дрен принимает значения 0,003; 0,004 и 0,006 при содержании в грунтовой воде закисного железа соответственно до 3, 3–5 и более 5 мг/л. Максимальный уклон дрены допускается при подсоединении ее к коллектору и не должен превышать 0,1.

Расчет расстояния между дренами. Междреннее расстояние (B , м) является наиболее важным параметром дренажа, определяющим эффективность работы осушительной сети. Величина B зависит от многих факторов, таких как водопроницаемость почвогрунтов, положение водоупора, интенсивность водного питания, конструкция дренажных труб и др.

Основными расчетными периодами при определении расстояния между дренами являются предпосевной (весенний) и период летне-осенних дождей [1]. В обоих случаях расчеты ведутся на удаление избытка влаги 10 %-ной обеспеченности. Окончательно из двух полученных значений B принимают меньшее.

Среди различных подходов к определению расстояния между дренами наиболее детальную разработку получили формулы расчета по методу фильтрационных сопротивлений [7,12]. Данный метод учитывает конструктивные особенности дрен, защитных фильтров, геологическое строение, а также граничные условия фильтрации воды. При этом методика расчетов содержит различные варианты сочетания указанных условий, является достаточно трудоемкой и предполагает использование специальной компьютерной программы «ДРЕНА» [12]. Освоение указанной методики студентами возможно в рамках сессионных занятий, а также при разработке дипломного проекта.

В данном курсовом проекте расчеты выполняются для относительно простых гидрогеологических условий, когда дрены расположены в однородных грунтах выше водоупора. Общая расчетная схема представлена на рис. 5.1.

В условиях глубокого залегания водоупора (при $B / T < 3$) величина B определяется по формуле А.Н.Костякова

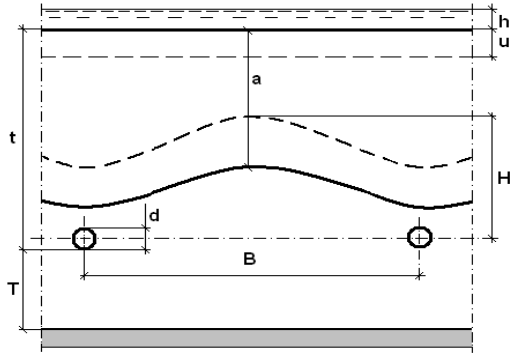


Рис. 5.1. Схема к расчету расстояния между дренами.

$$B = \frac{\pi K H}{q \left(2.3 \lg \frac{B}{d} - 1 \right)}, \quad (5.2)$$

При близком залегании водоупора ($B / T \geq 3$) используются зависимости С.Ф.Аверьянова

$$B = 2H \sqrt{\frac{K}{q} \left(1 + \frac{2T}{H} \right) \alpha}, \quad (5.3)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2T}{B} 2,94 \lg \left(\frac{1}{\sin \pi d / 2T} \right)}. \quad (5.4)$$

В формулах (5.2)–(5.4) приняты следующие обозначения:

B – расстояние между дренами, м;

T – расстояние от дрены до водоупора, м;

H – среднее превышение уровня грунтовых вод над уровнем воды в дрене за расчетный период, м;

K – коэффициент фильтрации почвогрунтов, м/сут;

q – средний за расчетный период приток воды к дренам, м/сут;

d – наружный диаметр дрены, м;

α – коэффициент, учитывающий несовершенство дрен по степени вскрытия водоносного пласта.

В расчетах по приведенным зависимостям используется приведенное значение коэффициента фильтрации с учетом различной водопроницаемости пахотного и подстилающего слоев:

$$K = \frac{K_1 \cdot m_1 + K_2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}, \quad (5.5)$$

где K_1, K_2 – коэффициенты фильтрации соответственно пахотного и подстилающего слоев, м/сут;

m_1, m_2 – расчетная мощность (толщина) данных слоев, м.

При этом величина m_1 учитывает только ту часть пахотного слоя, которая находится ниже первоначальной глубины УГВ.

Среднее значение H рассчитывается по формуле

$$H = t - 0,6(a - u) - u, \quad (5.6)$$

где a – норма осушения, м;

u – первоначальная глубина УГВ, м.

Средняя за расчётный период интенсивность притока воды к дрене определяется из соотношения

$$q = \frac{W}{\tau}, \quad (5.7)$$

где W – подлежащий отводу избыточный слой воды, мм;

τ – нормативное время понижения уровня грунтовых вод, сут.

Время понижения τ до нормы осушения в весенний и летне-осенний периоды согласно [2] принимается: для пахотных и пастбищных земель – 10 сут, для сенокосных земель – 15 сут.

Слой воды, который необходимо отвести дренами, рассчитывается по выражению

$$W = h_b + \delta(a - u) + P - E, \quad (5.8)$$

где h_b – слой воды, имеющийся на поверхности почвы, м.

δ – коэффициент водоотдачи;

P, E – осадки и испарение за расчетный период, м.

Величину h_b ориентировочно принимают для предпосевного периода в пределах 0,02 – 0,06 м, для летне-осеннего периода – в пределах 0 – 0,02 м. Значения осадков 10%-ной обеспеченности за вычетом испарения ($P - E$) для расчетных периодов приведены в приложениях 10,11.

Коэффициент водоотдачи определяют по формулам:
для минеральных земель

$$\delta = 0,056\sqrt{K}\sqrt[3]{a - u}; \quad (5.9)$$

для торфяно-болотных

$$\delta = 0,116 K^{3/8} \cdot a^{3/4}, \quad (5.10)$$

Обозначения прежние.

После выполнения определения расстояния между дренами для предпосевного и летне-осеннего периодов, в качестве расчетного принимается меньшее из двух полученных значений.

Окончательно принятое проектное значение B должно соответствовать рекомендуемому в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1. Рекомендуемые расстояния между закрытыми дренами, м

Грунты	Содержание частиц грунта диаметром менее 0,01 мм, %	При осушении	
		для полевых, овощных, прифермерских севооборотов и пастбищ	для лугопастбищных севооборотов и лугов длительного пользования
1	2	3	4
Глина тяжелая	> 80	9...11	14...16
Глина средняя	80...65	11...13	16...18
Глина легкая	65...50	13...15	18...20
Суглинок тяжелый	50...40	14...16	20...24
Суглинок средний	40...30	16...20	24...28
Суглинок легкий	30...20	20...30	28...35
Супесь	20...10	25...35	35...40
Песок	10	30...50	40...60
Торф, содержащий древесные и тростниковые остатки	–	25...30	30...40
Торф, не содержащий древесных и тростниковых остатков	–	20...30	25...30

Пример расчета междреннего расстояния для предпосевного и летне-осеннего периодов приведен в приложении 12.

При осушении мелкозалежных торфяников закрытая регулирующая сеть должна размещаться в подстилающем грунте [2]. В среднемощных и глубоких торфяниках дренаж следует устраивать после первичного осушения болот и осадки торфа.

Практическая работа №6. Расположение мелиоративной сети на плане

Цель работы – освоить принципы проектирования основных элементов осушительной сети в горизонтальной плоскости.

Основной задачей практической работы является составление схемы осушительной системы на плане М 1:5000 (выдается преподавателем) при расстоянии между дренами 20 м или другой величине, рассчитанной в предыдущих практических работах.

Расположение закрытой осушительной сети на плане является наиболее ответственным этапом проектирования мелиоративной системы. Оно выполняется на основе принятой конструкции системы с соблюдением всех ее параметров и основных принципов работы – расчетного понижения УГВ и самотечного сброса воды со всей осушаемой площади.

Проектирование сети на плане целесообразно начинать от водотоков высшего порядка к водотокам низшего, т.е. от проводящей сети (каналы, коллекторы) к регулирующей. Открытая сеть должна увязываться с границами землепользователей, сельхозугодий и элементами ситуации.

Для уменьшения общей протяженности сети следует проектировать двухстороннее примыкание (впадение) младших элементов к старшим.

Магистральные каналы трассируются по самым низким местам поверхности переувлажненного участка, используя естественные протоки, тальвеги, другие хорошо выраженные понижения местности. Такое расположение сети позволяет сбросить воду самотеком с любой точки участка. Расстояние между магистральными каналами определяется длиной закрытых коллекторов. Радиусы поворотов гидравлически не рассчитываемых каналов должны быть не менее 20 м, а гидравлически рассчитываемых с расходом до $5 \text{ м}^3/\text{с}$ – не менее $5B$ (где B – ширина канала по урезу воды при максимальном расходе). Угол сопряжения канала с водоприемником составляет $75 - 90^\circ$.

Закрытые коллекторы сопрягаются с каналами под углом $60 - 90^\circ$. Длины коллекторов принимаются в пределах 600...800, а при уклонах более 0,005 – до 1000 м. Расстояния между коллекторами зависят от выбранной схемы расположения регулирующей сети, рельефа местности и определяются запроектированной длиной дрен. Коллектор необходимо проектировать прямолинейным или с поворотом не более 120° . При сопряжении нескольких коллекторов в одной точке предусматриваются специальные смотровые колодцы.

По размещению в плане закрытая регулирующая сеть проектируется систематической и выборочной. В систематической сети дрены и собиратели располагаются равномерно по всей осушаемой территории, а в выборочной – в наиболее пониженных местах и участках с застоем воды. По отношению к направлению уклона поверхности регулирующая сеть может быть поперечной (при $i > 0,005$) и продольной (при $i < 0,005$). В любом случае регулирующую сеть необходимо располагать так, чтобы дрены и собиратели пересекали все микропонижения. Первая регулирующая линия прокладывается по границе разровненного кавальера на канале. Расстояние между крайней дренаей и параллельной границей участка осушения составляет $B/2$. Такое же расстояние выдерживается для перпендикулярно расположенных друг к другу дрен. Угол сопряжения дрен с коллекторами должен быть в пределах $60 - 90^{\circ}$. Рекомендуемая длина дрен приведена в литературе [1,3].

При минимальном диаметре длину дрен и закрытых собирателей следует принимать не более 250 м, а в мелкозернистых водонасыщенных песках и илах – не более 150 м. При осушении окраин массива длина дрен принимается не менее 50 м.

Оградительная сеть проектируется по границам осушаемого участка в местах, где имеется приток поверхностной или почвенно-грунтовой воды. Она целесообразна в случаях, когда расход поступающий с водосбора воды превышает расчетный расход дрены. При небольших водосборах вместо открытых нагорных каналов рекомендуется устраивать закрытые собиратели в виде дрен с фильтрующей засыпкой.

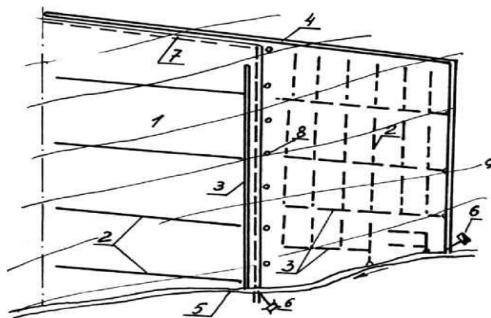


Рис. 6.1. Осушительная система:

1 - осушаемая территория; 2 - регулирующая сеть (слева открытые разреженные каналы, справа – систематический дренаж); 3 - проводящая сеть; 5 - водоприемник; 6 - гидротехнические сооружения; 7 - дорога; 8 - лесополоса; 9 – горизонтали