

490

ПОДЗЕМНЫЯ ВОДЫ.

РУКОВОДСТВО КЪ ОТЫСКИВАНІЮ ИХЪ.

Составилъ инженеръ-технологъ *В. Н. Ростовцевъ.*

Съ 55 чертежами в. текстъ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе А. Ф. Девріена.
1914 г.

1940

420

ПОДЗЕМНЫЯ ВОДЫ.

551.491
P-78
РУКОВОДСТВО КЪ ОТЫСКИВАНІЮ ИХЪ.

Составиль инженеръ-технологъ *В. К. Ростовцевъ.*

Съ 55 чертежами въ текстъ.



5862
602
С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе А. Ф. Девріена.
1914 г.

Тип. В. Безобразовъ и К^о (Вл. Н. П. Зандманъ), В. О., Больш. пр. 61.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Водное хозяйство Россіи привлекаетъ къ себѣ все большее и большее вниманіе со стороны различныхъ учреждений. Этому много способствуютъ непрекращающіяся у насъ эпидеміи холеры, брюшного тифа и вообще необычайно высокая смертность населенія. Последняя зависитъ какъ вообще отъ невозможныхъ порою санитарныхъ условий, въ которыхъ находится населеніе, такъ и отъ количества приходящейся на одного жителя въ сутки воды. Въ то время какъ въ Чикаго одинъ житель въ сутки потребляетъ 73 ведра воды, въ Филадельфій—66, въ Мюнхенѣ—18, въ Лондонѣ—13, для Россіи это количество въ 1910 г. равнялось: для Петербурга—12 вед., Москвы—4, Саратова—2, Харькова—1 $\frac{1}{2}$, Пензы—0,8, Житомира—0,6, Орла—0,6, Красноводска—0,5, Баку—0,4 ведра (см. таблицу, помѣщенную въ журн. «Гигіена и Санитарія», 1913 г. № 13—14).

Точныхъ свѣдѣній о состояніи водоснабженія сельской Россіи не имѣется, такъ какъ обследованіе сельскаго водоснабженія только что начинается. Очевидно, однако, что потребленіе воды крестьянскимъ населеніемъ ничтожно, почему въ настоящее время гидротехническія работы въ селахъ направлены, главнымъ образомъ, на улучшеніе питьевыхъ источниковъ въ санитарномъ отношеніи и увеличеніе числа ихъ. Необходимо замѣтить, что улучшеніе воднаго хозяйства можетъ быть достигнуто только постоянными и систематическими мѣропріятіями, а не случайными экстренными ассигнованіями и работами при вспышкѣ какихъ либо эпидемическихъ болѣзней. На первомъ мѣстѣ изъ этихъ мѣропріятій слѣдуетъ поставить изученіе мѣстности въ гидрогеоло-

гическомъ отношеніи, а затѣмъ обследованіе существующаго водоснабженія и выясненіе нужды его.

Сказанное выше вполне примѣнимо и къ хуторскому водоснабженію, такъ какъ недостатокъ воды является однимъ изъ самыхъ существенныхъ препятствій къ расселенію крестьянъ.

Трудностью устройства водоснабженія объясняется, между прочимъ, существованіе крупныхъ селеній въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, гдѣ встрѣчаются серьезныя, порою непреодолимыя препятствія къ расселенію, вслѣдствіе того, что по гидрографическимъ условіямъ района имѣть воду можно только въ немногихъ мѣстахъ. Правильное разрѣшеніе вопроса о рациональномъ и дешевомъ устройствѣ водоснабженія возможно только при плановѣрныхъ изысканіяхъ, ведущихся персоналомъ, обладающимъ познаніями въ гидрогеологій и геологій. При настоящемъ положеніи гидротехническаго образованія Россіи большинство учреждений, заинтересованныхъ въ дѣлѣ изслѣдованія мѣстностей въ гидрогеологическомъ отношеніи, въ упорядоченіи существующаго водоснабженія и устройствѣ обводненія для санитарныхъ, хозяйственныхъ, агрономическихъ и противопожарныхъ цѣлей, нуждается въ лицахъ, обладающихъ вышеуказанными познаніями. Недостатокъ свѣдующихъ лицъ ведетъ къ излишней потерѣ времени и денегъ: лицами, работающими ощую, порою неизвѣстно чѣмъ руководствующимися при заложеніи буровыхъ скважинъ и пробныхъ колодцевъ. Отсутствие знакомства съ режимомъ подземныхъ водъ наблюдается порою и среди лицъ, которыя, казалось бы, должны быть хорошо знакомы съ этимъ дѣломъ.

Въ настоящее время назрѣла нужда въ руководствѣ по гидрогеологій подпочвы Россіи, въ сводѣ обширнаго матеріала, разсѣяннаго по различнымъ руководствамъ, сельскохозяйственнымъ, метеорологическимъ журналамъ и т. п. Предлагаемая книжка является какъ-бы конспектомъ этого руководства и составитель ея думаетъ принести нѣкоторую пользу лицамъ, заинтересованнымъ въ дѣлѣ устройства водоснабженія и улучшенія существующаго.

„Идеаль хорошаго водоснабженія
состоить въ постоянномъ, обильномъ
полученіи хорошей питьевой воды
для всѣхъ цѣлей“.

Люгеръ, Водоснабженіе городовъ.

ВВЕДЕНІЕ.

Совокупность нашихъ познаній объ образованіи земного шара позволяетъ принять, что первоначально земля имѣла очень высокую температуру и что она приобрѣла свое теперешнее состояніе только вслѣдствіе постепеннаго медленнаго охлажденія. Вода, — тѣло очень летучее, въ сравненіи съ другими соединеніями, входящими въ составъ земного шара, осѣла позже другихъ соединеній и это обстоятельство, въ связи съ небольшою плотностью воды, обуславливаетъ ея мѣсто въ ряду геологическихъ образованій. Вслѣдствіе гидростатическихъ законовъ, вода скопилась въ низменныхъ частяхъ земного шара и образовала океаны, моря и рѣки, покрывающіе 74⁰/₀ всей земной поверхности.

Въ жизни природы вода играетъ весьма важную роль, совершая громадную работу на земной поверхности. Въ однихъ мѣстахъ она растворяетъ и разрушаетъ составныя части минеральнаго царства, въ другихъ мѣстахъ отлагаетъ и нагромождаетъ ихъ въ новыхъ формахъ. Это раствореніе, переносъ и отложеніе раствореннаго и переносимаго матеріала являются весьма важными геологическими факторами и обнаруживаются повсюду на земномъ шарѣ.

Существованія растительнаго и животнаго міра нельзя представить безъ участія воды, такъ какъ жизнеспособность кѣловокъ, изъ которыхъ состоятъ представители этого міра, тѣсно связана съ присутствіемъ воды.

Съ понятіемъ о работѣ воды неразрывно связано представленіе о такъ называемомъ круговоротѣ ея въ природѣ. Этотъ круговоротъ состоитъ въ слѣдующемъ. Вода земной

поверхности находится въ постоянномъ взаимномъ обмѣнѣ съ атмосферой.

Большое количество ея съ поверхности земли и особенно морей, рѣкъ, озеръ и т. п., поглощая теплоту, доставляемую солнцемъ, непрерывно превращается въ паръ, который, слѣдующаго закону диффузіи, распространяется въ воздухѣ. Способность воздуха удерживать пары воды зависитъ отъ температуры, вслѣдствіе чего при достиженіи парами воды высшихъ и болѣе холодныхъ слоевъ атмосферы, часть ихъ сгущается въ видѣ тумана, вызывая образованіе облаковъ, а при болѣе сильномъ охлажденіи—образованіе твердыхъ (снѣгъ, градъ), или жидкихъ (дождь, роса) осадковъ, которые и возвращаютъ поверхности земли испарившуюся воду. Эти осадки или скопляются на поверхности земли въ видѣ потоковъ, ручьевъ, рѣчекъ, рѣкъ, или проникаютъ въ нѣдра ея, образуя такъ называемыя подземныя или грунтовыя воды, служащія для образованія источниковъ и колодцевъ.

Въ виду той огромной роли, которую играетъ вода въ жизни человѣка, изученіе атмосферной влаги, т. е. облаковъ, тумановъ, дождей, снѣга и влажности воздуха, составляетъ предметъ особой науки, называемой метеорологіей..

Наука же о водахъ какъ надземныхъ, такъ и подземныхъ, образовавшихся отъ просачиванія внутрь земной коры осадковъ, выпавшихъ на поверхность земли, носитъ названіе гидрологіи.

Очевидно, что изученіе залеганія, распространенія подземныхъ водъ подъ поверхностью земли находится въ прямой зависимости отъ геологическаго строенія мѣстности, въ которой существуютъ подземныя воды, вслѣдствіе чего эта группа знаній выдѣляется въ особую науку — гидрогеологию.

Такимъ образомъ изученіе всѣхъ явленій, связанныхъ съ подземными водами, и указанію способовъ отыскиванія подземныхъ водъ, должно предшествовать разсмотрѣніе строенія земной коры, изученіе свойствъ веществъ, составляющихъ ее, и условій залеганія различныхъ частей ея, отчетливое знаніе чего необходимо въ дѣлѣ отыскиванія подземныхъ водъ.

Строеніе земной коры.

Горныя породы.

Доступная нашему наблюденію земная кора состоитъ изъ неорганическихъ тѣлъ, называемыхъ минералами, распределенными въ ней чрезвычайно неравномѣрно. Нѣкоторые минералы встрѣчаются рѣдко и только небольшими кристаллами, группами ихъ или мелкими зернами: алмазь, золото, изумрудъ и т. п.

Другіе встрѣчаются въ видѣ крупныхъ скопленій одного или нѣсколькихъ минераловъ и составляютъ существенную часть земной коры, нося общее названіе горныхъ породъ.

Понятіе «горная порода» употребляются геологами въ очень широкомъ смыслѣ и обозначаетъ всякое, болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, однородное отложеніе на поверхности земли. Отложенія рыхлаго песка, торфъ болота, илъ заброшеннаго пруда и скопленіе многочисленныхъ раковинъ одинаково обозначается именемъ горной породы.

По минералогическому составу горныя породы носятъ названіе простыхъ, когда состоятъ изъ одного минерала: ледъ, каменная соль, гипсъ, мраморъ, каменный уголь; и сложныхъ, подобныхъ граниту, состоящему изъ трехъ минераловъ: кварца, полевого шпата и слюды.

По условіямъ образованія породъ принято различать двѣ группы ихъ: породы изверженныя (вулканическія) и осадочныя (нептуническія).

Первыя образовались расплавленными массами породъ, изверженныхъ вулканическими процессами изъ нѣдръ земли, а вторыя путемъ отложенія составныхъ частей подъ вліяніемъ тѣхъ или другихъ причинъ: механической дѣятельности воды, вѣтра, ледниковъ, созидательной дѣятельности организмовъ (кораллы) и т. п.

Залеганіе породъ.

Основныя формы залеганія породъ обусловливаются способомъ ихъ происхожденія. Однѣ породы залегаютъ въ видѣ

слоевъ или пластовъ, т. е. обширныхъ, но незначительной толщины плитообразныхъ массъ однородныхъ породъ, другія, не обнаруживая слоистости, залегаютъ въ видѣ болѣе или менѣе правильныхъ массъ различной величины и формы.

Осадочныя породы по характеру залеганія, въ большинствѣ случаевъ, рѣзко отличаются отъ изверженныхъ, залегающихъ пластами и слоями различной мощности, простирающимися на огромныя разстоянія. Какъ примѣръ можно указать, что синяя глина, залегающая подѣ С.-Петербургомъ имѣетъ толщину въ 183 метра, а лёссовыя отложенія Китая до 400 метровъ. Осадки, отлагающіеся въ поймахъ многихъ русскихъ рѣкъ, какъ-то: Волги, Оки, Днѣпра настолько тонкослоисты, что въ толщѣ 3—4 фута помѣщается до тысячи слоевъ. Нахождение остатковъ различныхъ организмовъ, или такъ называемыхъ окаменѣлостей, характеризуетъ свиты или системы пластовъ большинства осадочныхъ породъ.

Типичныя признаки изверженныхъ породъ, по которымъ ихъ всегда можно отличить отъ осадочныхъ, — массивное сложеніе, отсутствіе слоистости, окаменѣлостей и особая форма залеганія (жилы, штоки, куполы, покровы и потоки).

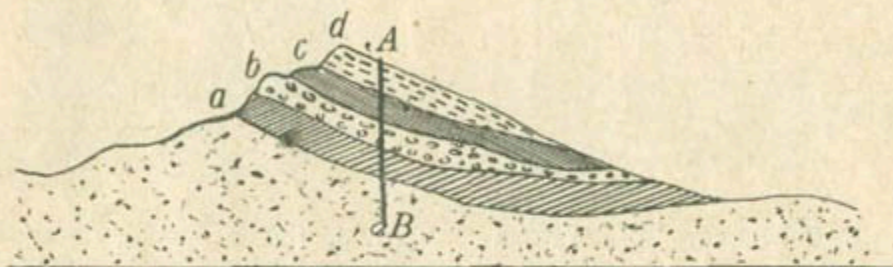
Знакомство наше съ расположеніемъ горныхъ породъ земной коры другъ надъ другомъ, только въ незначительной степени обязано непосредственнымъ буреніямъ и глубокимъ шахтамъ, такъ какъ самыя глубокія скважины немногимъ глубже 2 километровъ. Главныя свѣдѣнія по этому вопросу мы получаемъ изъ изученія обнаженій и выходовъ наклонныхъ пластовъ своими головами наружу. Измѣряя толщину выходовъ слоевъ *a*, *b*, *c*, *d*, изображенныхъ на чертежѣ 1, и изучая составъ ихъ, мы можемъ имѣть понятіе о характерѣ наслоеній въ мѣстѣ А поверхности земли, которыхъ достигнуть буреніемъ мы не имѣемъ возможности. Такимъ образомъ опредѣлена была, на примѣръ, общая мощность Донецкихъ отложеній, равная 15 километрамъ.

Сопоставляя данныя, полученныя буреніемъ и изученіемъ обнаженій, мы можемъ составить понятіе о характерѣ залеганія пластовъ. Оно въ первоначальномъ своемъ видѣ болѣею частью горизонтально, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ залеганія осадочныхъ пластовъ, на примѣръ, при неровности

дна, при крутомъ склонѣ дна у берега и проч., пласты получаютъ уклонъ при самомъ своемъ образованіи.

Въ каждомъ пластѣ различаютъ верхнюю и нижнюю плоскость напластованія, которыя служатъ границами нѣкотораго однороднаго отложенія.

Въ свитѣ или системѣ горизонтальныхъ пластовъ выше



Черт. 1. Буквами *a, b, c, d* обозначены выходы пластовъ (обнаженія). По этимъ обнаженіямъ можно отчасти судить о характерѣ напластованія по линіи *AB*.

лежащій пластъ называется кровлею пласта, а лежащій подъ нимъ почвою или постелью пласта.

Въ свитѣ наклонныхъ пластовъ кровля называется всѣмъ бокомъ, а постель лежащимъ бокомъ.

Кратчайшее разстояніе между плоскостями напластованія называется толщиною или мощностью пласта.

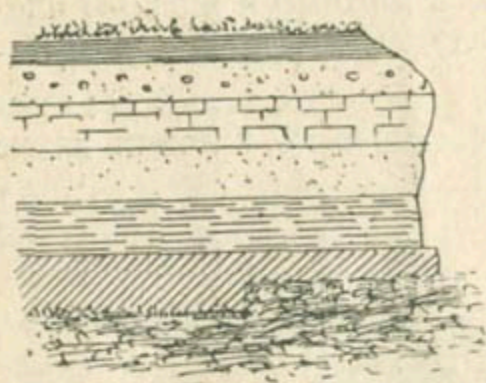
Если нѣсколько пластовъ горизонтальныхъ или наклонныхъ налегаютъ другъ на друга такъ, что ихъ граничныя плоскости параллельны, то такое напластованіе называется согласнымъ (черт. 2).

Это явленіе самое обыкновенное, часто распространяющееся на громадныя области и обнимающее свиты пластовъ значительной мощности.

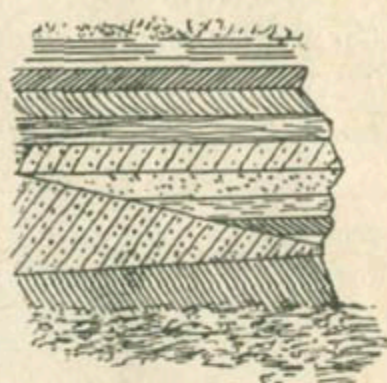
Въ громадномъ большинствѣ случаевъ такое напластованіе свидѣтельствуетъ о непрерывномъ и спокойномъ отложеніи пластовъ.

Если надъ системой согласныхъ пластовъ отложилась новая группа пластовъ параллельныхъ между собою, но не параллельныхъ пластамъ нижележащей системы, то такое напластованіе носитъ названіе несогласнаго (черт. 3).

Всякое уклоненіе отъ горизонтальнаго положенія или близкаго къ нему, (послѣднее обусловливается отложеніемъ

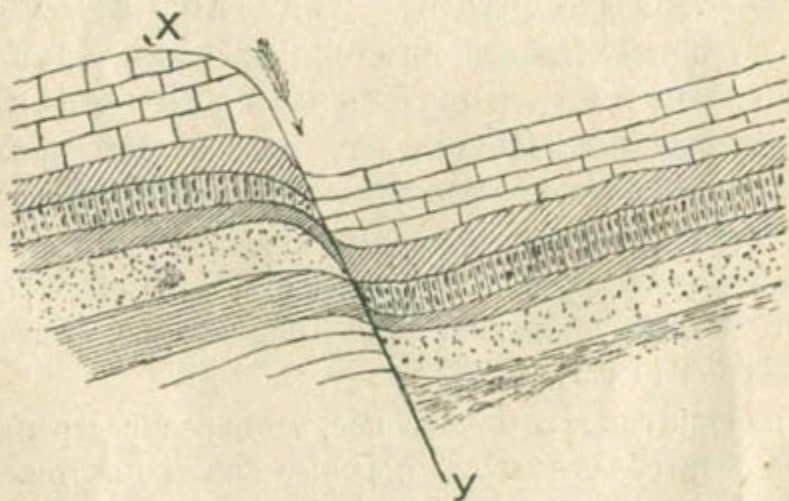


Черт. 2. Согласное напластованіе горныхъ породъ: граничныя плоскости параллельны между собою.



Черт. 3. Несогласное напластованіе горныхъ породъ: группа пластовъ съ параллельными граничными плоскостями лежитъ на пластѣ, граничныя плоскости котораго не параллельны первымъ.

на наклонномъ днѣ) указываетъ на происшедшее нарушеніе



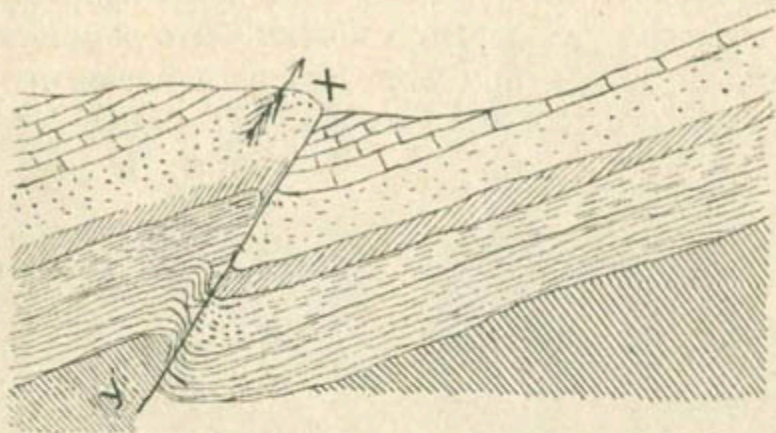
Черт. 4. Нормальный сбросъ. Свита пластовъ, изображенная на чертежѣ направо, опустилась внизъ.

ХУ—смѣщающая поверхность, смѣститель, трещина сброса. Чаше всего наблюдаются перемѣщенія внизъ, а не вверхъ; послѣдніе случаи весьма рѣдки.

ніе, или дислокацію свиты пластовъ послѣ образованія ихъ.

Однообразное наклоненіе цѣлой свиты пластовъ, не измѣ-

няющееся на значительномъ разстояніи, объясняется, во-первыхъ, опусканіемъ одной стороны пластовъ или поднятіемъ другой, а во-вторыхъ, такъ называемыми сбросами.



Черт. 5. Взбросъ, или ненормальный сбросъ. Свита пластовъ, изображенная на чертежѣ влѣво, поднята вверхъ.
ХУ—смѣщающая поверхность, смѣститель.

Подъ именемъ послѣднихъ разумѣются перемѣщенія части свиты пластовъ внизъ (сбросъ) или вверхъ (взбросъ) подѣ



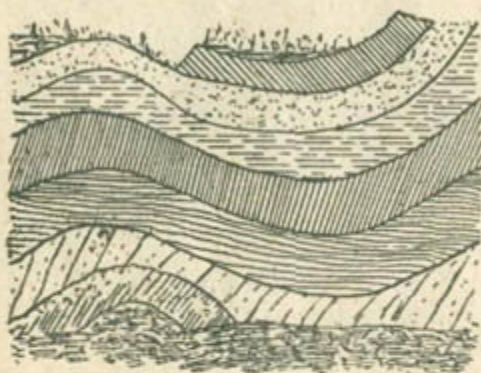
Черт. 6. Сложный сбросъ. Свита пластовъ разбита на части нѣсколькими сбросами. По выходамъ породъ (обнаженіямъ) возможно составить неправильное представленіе о характерѣ напластованій: повторяющаяся четыре раза одна и та же порода *а* можетъ быть ошибочно принята за различныя послѣдовательныя напластованія, лежащія другъ на другѣ на значительномъ протяженіи.

вліяніемъ тѣхъ или иныхъ причинъ, играющихъ роль въ строеніи земной коры (черт. 4, 5, 6).

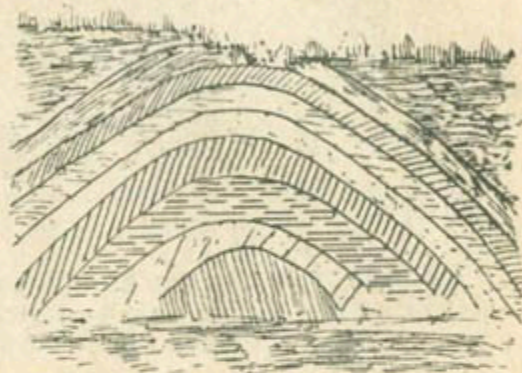
На чертежѣ 6 изображено неоднократное проявленіе на поверхности земли пластовъ одной и той же породы, которые представляютъ собою въ сущности только одинъ пласть, разбитый на части нѣсколькими сбросами. Этотъ чер-

тежъ ясно говорить о трудности рѣшенія вопроса о напластованіи при наличіи нѣсколькихъ сбросовъ и о цѣнности умѣнія разбираться въ нихъ.

Кромѣ вышеупомянутыхъ причинъ наклоненія свиты пластовъ, измѣненіе угла наклона можетъ быть результатомъ бокового сжатія свиты, при чемъ пласты наклоняются въ разныя стороны (волнистое напластованіе) (черт. 7).



Черт. 7. Волнистое напластованіе.



Черт. 8. Напластованіе антиклинальное: свита изогнутыхъ пластовъ, обращенныхъ выпуклостью вверхъ.

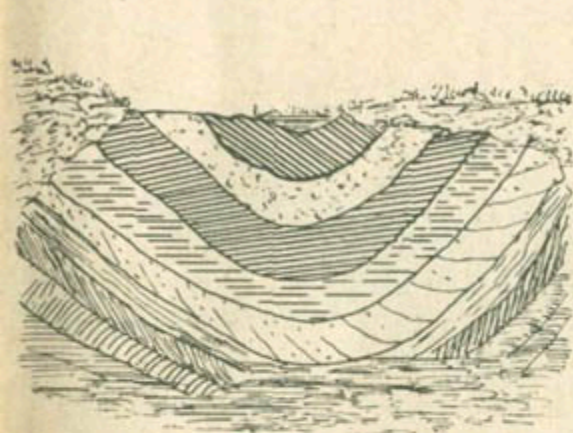
Среди такихъ напластованій надо различать напластованія синклинальныя и антиклинальныя (черт. 8 и 9).

Наклонъ нарушенныхъ пластовъ къ горизонту можетъ быть подъ различными углами, до 90^0 , при которомъ пласты занимаютъ вертикальное положеніе. При большихъ углахъ пласты носятъ названіе опрокинутыхъ. Примѣръ: напластованія вѣрообразныя и обратно-вѣрообразныя (черт. 10 и 11).

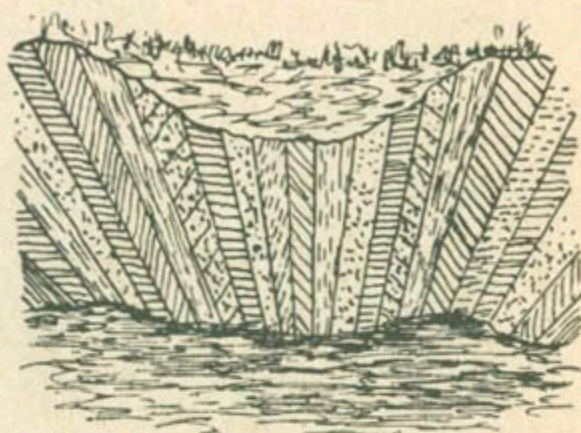
При сильныхъ сжатіяхъ, косыхъ складкахъ и послѣдующихъ значительныхъ размываніяхъ верхнихъ частей складокъ получается довольно правильная свита равномерно наклоненныхъ пластовъ. При внимательномъ изученіи ихъ, можно убѣдиться въ томъ, что, благодаря сжатію, юные пласты очутились подъ болѣе древними (черт. 12).

Необходимо замѣтить, что нарушенныя формы залеганія встрѣчаются въ земной корѣ гораздо чаще, чѣмъ нормальныя и отличить ихъ отъ послѣднихъ всегда возможно, слѣдя за

плоскостями напластованія или включеніями широкихъ галекъ, окаменѣлостей и т. п. Такъ, въ послѣднемъ случаѣ (черт. 12) прослѣживаніемъ пластовъ можно мысленно воз-



Черт. 9. Напластованіе синклинальное (мульда): свита изогнутыхъ пластовъ, обращенныхъ выпуклостью внизъ.

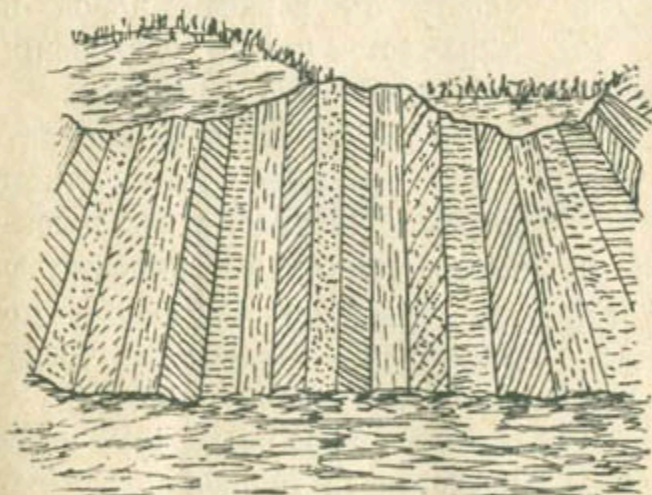


Черт. 10. Напластованіе вѣроообразное.

становить смѣтыя части складокъ и получить понятіе о происшедшей дислокаціи.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ всѣ вышеупомянутые виды перемѣщенія (дислокаціи) пластовъ явля-

ются совмѣстно и дѣлаютъ нарушеніе напластованія такимъ сложнымъ, что разобратся въ нихъ можно только при отчетливомъ знаніи всѣхъ формъ дислокаціи, и при помощи точныхъ инструментальныхъ опредѣленій положенія пла-

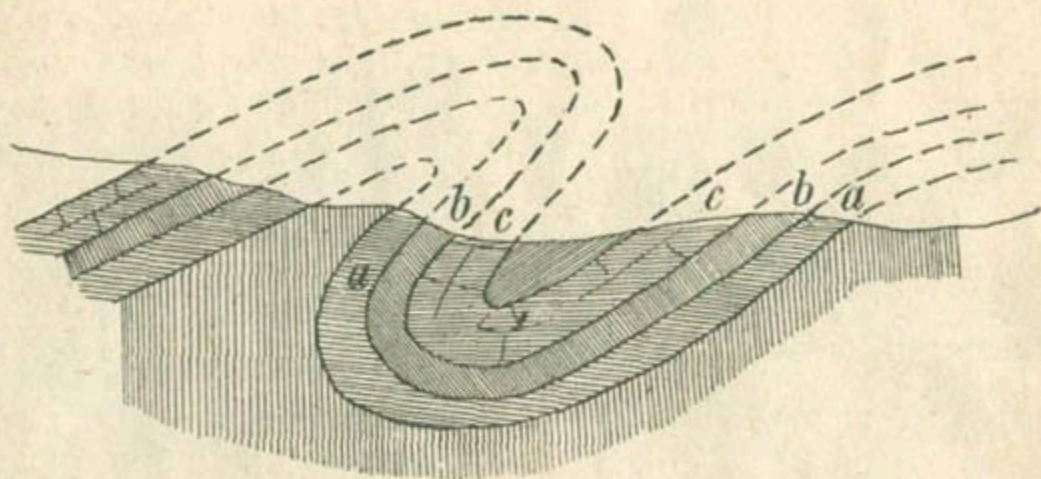


Черт. 11. Напластованіе обратновѣроообразное.

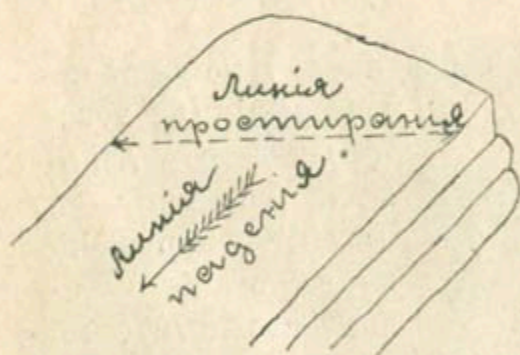
стовъ въ пространствѣ.

Это опредѣленіе положенія облегчается возможностью представить положеніе граничныхъ плоскостей при по-

мощи такъ называемыхъ простиранія и паденія (черт. 13 и 14).



Черт. 12. Свита равномерно наклоненныхъ пластовъ, образовавшаяся отъ сильнаго сжатія и послѣдующаго размыванія; а, б, с—отдѣльные пласты свиты. Самый древній изъ нихъ а можетъ очутиться выше самаго юнаго с. Пунктиромъ показаны смытыя части свиты пластовъ.



Черт. 13. Линія простиранія пласта, т. е. линія пересѣченія одного изъ боковъ (висячаго или лежачаго) пласта съ горизонтальною плоскостью, проведенною въ данномъ мѣстѣ пласта.

Простираніе опредѣляется пересѣченіемъ граничной плоскости съ горизонтальною и выражается угломъ отклоненія этой линіи отъ меридіана.

Паденіемъ называется наклонъ граничной плоскости и выражается угломъ, составленнымъ граничною плоскостью съ плоскостью горизонта, съ указаніемъ, въ какую сторону свѣта направлено паденіе.

Конечно, о простираніи можно говорить только въ случаѣ

наклоннаго положенія слоевъ, такъ какъ горизонтально расположенный пласть не можетъ пересѣчься съ параллельною ему плоскостью горизонта; въ наклонныхъ же, всякая горизонтальная линія, проведенная въ граничной плоскости, даетъ возможность опредѣлить направленіе простиранія, а перпен-

дикуляръ къ этой линіи, лежащій въ граничной плоскости, опредѣляетъ паденіе.

При сильно наклоненныхъ граничныхъ плоскостяхъ опредѣленіе этихъ линій гораздо легче, чѣмъ при слабо наклоненныхъ. Въ иныхъ случаяхъ, при ровныхъ плоскостяхъ огра-



Черт. 14. Простираніе пласта — астрономическій, или магнитный азимутъ той части линіи простиранія, глядя вдоль которой, мы видимъ паденіе пласта вправо. Простираніе пласта, лежащаго наклонно влѣво отъ MN, линіи пересѣченія пласта съ горизонтальною плоскостью, опредѣляется угломъ, составленнымъ линіей MN съ плоскостью магнитнаго меридіана.

Уголъ паденія пласта — уголъ α , составленный направлениемъ его съ горизонтальною плоскостью.

ниченія, онѣ могутъ быть опредѣлены съ нѣкоторою приближенностью безъ употребленія инструментовъ. На поверхность породы, которая представляетъ граничную плоскость, льютъ нѣсколько капель воды. Слѣдъ воды и перпендикуляръ къ нему, лежащій въ плоскости разграниченія, дадутъ намъ нужныя направленія.

Опредѣленіе геологическихъ границъ.

Выясненіе залеганія геологическихъ границъ дѣлается изслѣдованіемъ мѣстности при помощи буровыхъ работъ, которыя производятся слѣдующимъ образомъ.

Буровой скважиной устанавливается характеръ напластованія избраннаго мѣста. Затѣмъ идутъ по выбранному заранѣе направленію, внимательно слѣдя за тѣмъ, остается ли характеръ породъ неизмѣннымъ, или есть основанія предполагать, что свойства залеганія породъ измѣнились. Если заложениемъ второй буровой скважины убѣждаются въ измѣненіи характера залеганія и свойствъ породы, то возвращаются назадъ, устанавливая характеръ залеганія помощью промежуточной

скважины и прибѣгая къ этой мѣрѣ до полнаго выясненія вопроса.

Въ результатѣ, на выбранной линіи наблюденія получается нѣкоторое число точекъ, опредѣляющихъ границы наслоеній въ вертикальномъ направленіи.

Выбравъ вторую линію наблюденія, взятую по возможности параллельно первой, и пройдя ее буреніемъ, получаютъ второй рядъ граничныхъ линій напластованія въ вертикальной плоскости.

Въ большинствѣ случаевъ при веденіи работъ такимъ образомъ и при внимательномъ изученіи характера мѣстности всегда возможно опредѣленіе геологическихъ границъ наслоеній мѣстности.

Рѣшеніе задачи значительно облегчается тщательнымъ изученіемъ обнаженій, часто съ перваго взгляда дающихъ понятіе объ условіяхъ залеганія пластовъ. Подъ именемъ обнаженій разумѣютъ всѣ тѣ мѣста, гдѣ горныя породы открыты для наблюденій, т. е. не прикрыты продуктами своего разрушенія. Различаютъ обнаженія естественныя: крутые, отвѣсные утесы, склоны глубоко прогнанныхъ долинъ и овраговъ, морскіе, рѣчные берега и т. п.; а также и искусственныя: каменоломни, ямы, рвы, желѣзнодорожныя выемки, колодцы, ямы для фундаментовъ и т. п.

На ровной поверхности при отсутствіи обнаженій необходимо изслѣдованіе всѣхъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ мы имѣемъ основанія предполагать прохожденіе граничныхъ линій и гдѣ возможно установить точное направленіе линій разграниченія, путемъ наблюденій надъ пахотными полями и растительностью, а также заложеніемъ пробныхъ колодцевъ и буровыхъ скважинъ.

Сказанное поясняется нѣсколькими простыми примѣрами (черт. 15 и 16).

Примѣръ 1-й:

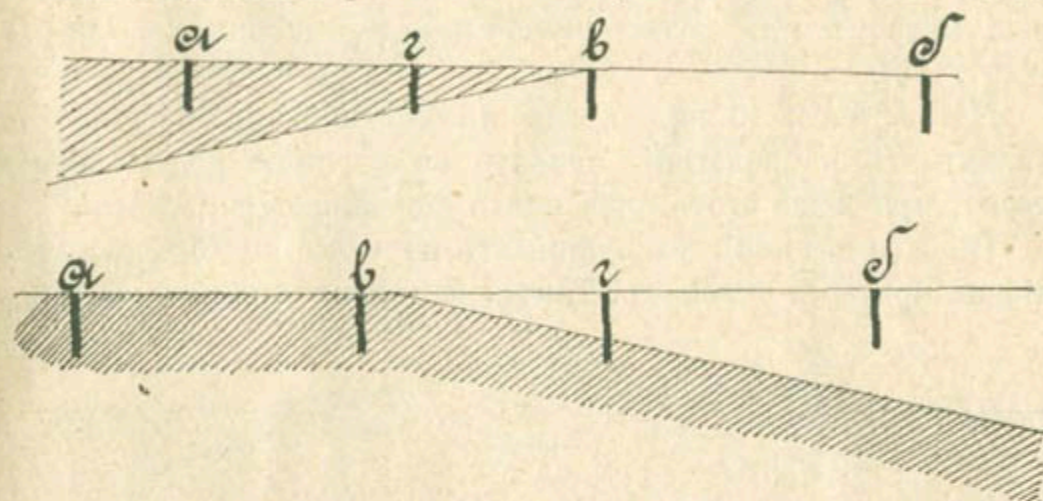
На выбранной линіи наблюденія (черт. 15 и 16) пробнымъ буреніемъ въ точкахъ *a* найденъ валунный мергель, въ точкахъ *б*—песокъ.

Между точками *a* и *б* мы имѣемъ основанія предполагать прохожденіе границы. Пробное буреніе въ промежуточныхъ

точкахъ *в* и *г* даетъ понятіе о залеганіи этой граничной поверхности съ паденіемъ въ разныя стороны. Кромѣ этого, попутно выясняется, что на черт. 15 древнѣе песчаная порода, а на черт. 16 древнѣе мергельная.

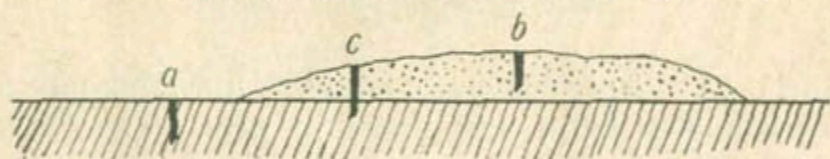
Примѣръ 2-й.

На плоской поверхности изъ валунной глины возвышается



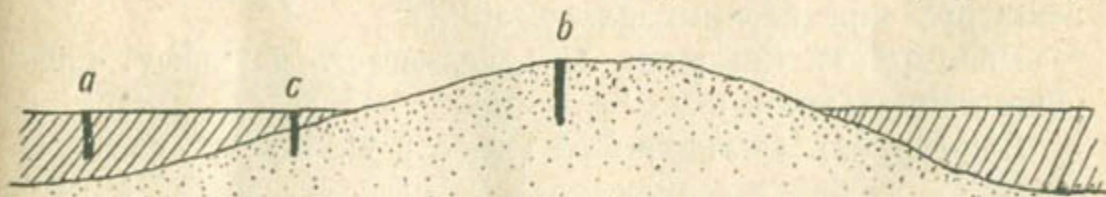
Черт. 15 и 16. Опреѣленіе направленія залеганія граничной плоскости помощью дополнительныхъ буровыхъ скважинъ *в* и *г*.

небольшой песчаный холмъ. Является вопросъ, представляетъ



Черт. 17 Песчаный холмъ на глинѣ. Выясненіе существованія его помощью промежуточной скважины *с*.

ли песчаный холмъ насыпь на валунной глинѣ (черт. 17),



Черт. 18. Выходъ песчаной породы изъ-подъ валунной глины. Выясняется это помощью промежуточной скважины *с*.

или же мы имѣемъ предъ собою выходъ песчаной породы, прикрытой кругомъ валунной глиной (черт. 18).

Въ первомъ случаѣ промежуточное буреніе въ точкѣ *c* даетъ намъ подъ пескомъ валунный мергель, а во второмъ, подъ тонкимъ слоемъ валуннаго мергеля или глины, мы найдемъ въ пунктѣ *c* песокъ.

Это изслѣдованіе пробными буреніями часто осложняется тѣмъ, что у подошвы холма могутъ отложиться снесенныя вѣтромъ или водою незначительныя количества песка (черт. 19).

На чертежѣ 19 видно, что пробное буреніе въ точкѣ *c* указываетъ на залеганіе тонкаго слоя глины подъ слоемъ песка, при чемъ этотъ слой опять подстилается пескомъ.

Особаго вниманія заслуживаетъ изученіе подобныхъ явленій на крутыхъ склонахъ. Тамъ очень легко принять за при-



Черт. 19. Осложненіе бурового изслѣдованія, благодаря осыпямъ и вѣтровымъ отложеніямъ. У подножья песчанаго холма возможно ошибочное заключеніе о существованіи свиты трехъ пластовъ, вмѣсто дѣйствительно существующихъ двухъ.

слоенные тѣ слои склона, которые представляютъ собою только соскользнувшія или упавшія массы вышележащихъ наслоеній, и вслѣдствіе этого получить совершенно неправильное представленіе о геологическомъ строеніи мѣстности (черт. 20).

На чертежѣ 20 мы видимъ нѣсколько случаевъ затрудненій при опредѣленіи напластованій.

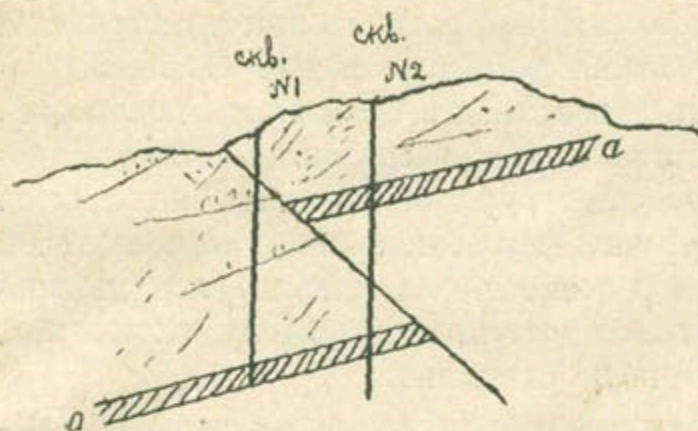
Примѣръ 1). Скважина № 1 указываетъ на присутствіе одного пласта *a*, а скв. № 2—двухъ. (Черт. 20, а).

Примѣръ 2). Скважины № 1 и № 3 указываютъ на присутствіе пласта *a* на разныхъ высотахъ; скважина № 2-й пласта *a* не обнаруживаетъ. (Черт. 20, б).

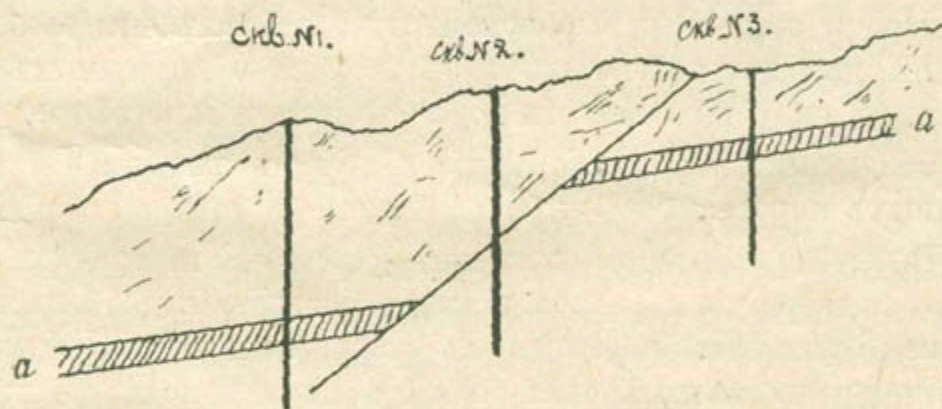
Примѣръ 3). Скважина № 1 указываетъ на присутствіе одного пласта. Повторяемость этого пласта въ скважинѣ № 2 даетъ намъ основаніе сдѣлать заключеніе о существованіи сжатой антиклинальной складки (черт. 20, в).

Очевидно, что при опредѣленіи границъ напластованія не возможно указать заранее число необходимыхъ скважинъ,

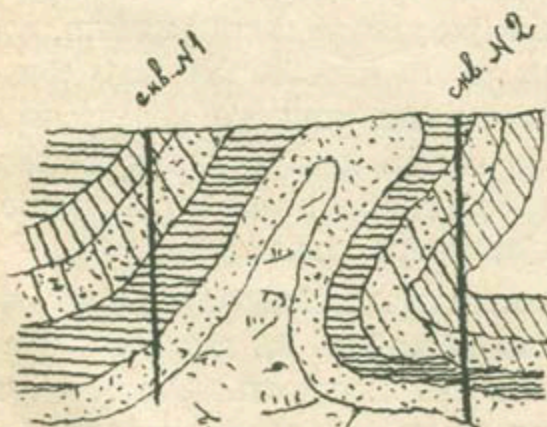
разстоянія между ними и линіями наблюденія. Все это зависитъ отъ опытности и умѣнія лица, производящаго буреніе, а также отъ геологическаго строенія мѣстности и характера поверхности ея.



Черт. 20, а



Черт. 20, б.



Черт. 20, в.

Начинающій долженъ заложить гораздо большее число скважинъ, чѣмъ болѣе опытный изслѣдователь и каждый, производящій подобныя изслѣдованія, замѣтитъ, что число необходимыхъ для него буровыхъ скважинъ сокращается по мѣрѣ приобрѣтенія имъ большаго навыка.

На обширныхъ долинахъ и ровныхъ плоскогоріяхъ разстоянія между буровыми скважинами могутъ быть сравнительно значительны. На склонахъ же долинъ или въ областяхъ, гдѣ имѣлъ мѣсто сильный размывъ или вывѣтриваніе пластовъ, скважины должны закладываться въ большемъ количествѣ. На крутыхъ склонахъ, въ особенности покрытыхъ лѣсомъ, скважины должны быть расположены такъ, чтобы устье каждой нижележащей буровой скважины находилось приблизительно на уровнѣ дна ближайшей вышележащей скважины. Понятно, что появленіе на такихъ склонахъ промоинъ, дѣлающихъ пласты доступными прямому наблюденію, позволяетъ сократить число скважинъ.

Ознакомившись съ способами изслѣдованія залеганія породъ, можно перейти къ описанію свойствъ этихъ породъ, причемъ наше исключительное вниманіе будетъ обращено на породы осадочныя и обломочныя, такъ какъ онѣ особенно важны для интересующаго насъ вопроса о подземныхъ водахъ, въ виду того, что эти воды въ нихъ и залегаютъ..

Осадочныя породы образуются путемъ разрушенія первичныхъ породъ.

Выступающія на земную поверхность части горныхъ породъ подвергаются разнообразнымъ измѣненіямъ, выражающимся главнымъ образомъ въ распаденіи и разрыхленіи. Этотъ процессъ измѣненія горныхъ породъ подъ вліяніемъ механическаго и химическаго дѣйствія различныхъ атмосферныхъ агентовъ—называется вывѣтриваніемъ. Вывѣтриваніе, разрушая вершины и склоны горъ, придавая имъ новыя формы, производитъ накопленіе продуктовъ вывѣтриванія, которые или остаются на мѣстѣ своего первоначальнаго образованія, прикрывая коренныя породы, или же переносятся различными агентами (текучею водою,двигающимся льдомъ ледниковъ, вѣтромъ) на болѣе или менѣе далекое разстояніе, образуя толщи наносовъ иногда значительной мощности.

Такъ какъ площадь, занятая пластами осадочныхъ породъ, вполне зависитъ отъ величины бассейна, въ которомъ происходятъ отложенія, а толщина или мощность зависитъ отъ интенсивности и продолжительности періода непрерывнаго

отложенія, то, очевидно, размѣры пластовъ могутъ быть чрезвычайно разнообразны даже въ одной и той же системѣ ихъ.

Представители осадочныхъ породъ.

Нѣкоторыя осадочныя образованія происходятъ изъ растений: каменные угли, лигниты и торфы; другія имѣютъ животное происхожденіе: раковистыя образованія (коралловые рифы), раковистые известняки, мѣль, инфузорная земля (кизельгуръ); наконецъ, третьи—химическое: каменная соль, ангидридъ, гипсъ, бурый желѣзнякъ и пр.

Глинистыя породы.

Глинистыя породы являются результатомъ вывѣтриванія горныхъ породъ, богатыхъ полевыми шпатами, и послѣдующаго отложенія мелкихъ зеренъ и чешуекъ въ видѣ глинистаго ила. Послѣдній играетъ самую выдающуюся роль въ образованіи разныхъ видовъ земныхъ напластованій. Вслѣдствіе крайней мелкости своихъ зеренъ, илъ проходитъ съ водою громадныя разстоянія, проникая съ ней въ промежутки между частицами песчаныхъ, каменистыхъ и др. напластованій, образуя въ нихъ связующее вещество. Осаждаясь изъ воды пластами въ чистомъ видѣ, или съ примѣсью другихъ веществъ, илъ встрѣчается въ природѣ въ самыхъ разнообразныхъ степеняхъ уплотненія, начиная отъ слабой глины и кончая камнемъ (сланцемъ). Вслѣдствіе этихъ свойствъ глинистаго ила, наибольшее число видовъ земныхъ напластованій обязано ему своимъ происхожденіемъ. Сухая глина, различныхъ цвѣтовъ въ зависимости отъ примѣсей, лишнетъ къ языку и при дыханіи на нее издаетъ своеобразный запахъ, весьма характерный для глинистыхъ породъ. Къ глинѣ часто примѣшанъ бываетъ песокъ и листочки слюды. Какъ случайныя примѣси встрѣчаются сѣрный колчеданъ, включенія глинистаго желѣзняка и мергеля.

Изъ глинъ характерны:

1) Песчано-глинистыя земли, самыя разнообразныя смѣси глины съ пескомъ (до 40% песка).

В. Н. Ростовцевъ. Подземныя воды.

2) Хрящеватая и каменистая глины, съ значительными примѣсями хряща, гравія и камней.

3) Листоватая глины—въ видѣ тонкихъ, часто измятыхъ листочковъ.

4) Разсыпчатая глины, — легко распадающіяся на кусочки.

Какъ третьи, такъ и четвертые являются породами неустойчивыми.

5) Глинистый сланецъ, — болѣе или менѣе плотная порода различныхъ цвѣтовъ: сѣраго, зеленого, желтаго, краснаго и чернаго, — въ зависимости отъ примѣсей, отъ углестыхъ веществъ, или же отъ окисловъ желѣза.

Известняки.

Известнякъ часто окрашенъ въ бѣлый, сѣрый, желтый, голубоватый, черный, зеленоватый цвѣта, что зависитъ отъ примѣсей. Химическій составъ его—углекислая известь. Онъ часто содержитъ механическія или химическія примѣси. Чистые известняки сильно вскипаютъ съ кислотами и совершенно въ нихъ растворяются. Известняки легко чертятся сталью, причемъ всякій известнякъ, каковъ бы ни былъ его цвѣтъ, даетъ неизмѣнно бѣлую черту, если провести по нему концомъ ножа. Чистую кристаллическую разность известняка представляетъ собою мраморъ, землистую—мѣлъ. Обыкновенный или плотный известнякъ содержитъ въ себѣ часто обломки раковинъ. Примѣсь глины обуславливаетъ происхожденіе глинистаго известняка, примѣсь песку—песчанистаго, примѣсь кремневой кислоты—кремнистаго известняка, иногда настолько твердаго, что отъ удара стальной пластинкою онъ даетъ искры.

Мѣлъ состоитъ изъ мельчайшихъ раковинъ корненожекъ. Химическій составъ его—углекислая известь. Въ чистомъ видѣ мягокъ, снѣжно-бѣлаго цвѣта, отъ примѣси глины и желѣза пріобрѣтаетъ сѣрый и желтоватый цвѣтъ. Часто сопровождается окаменѣlostями и включеніями кремня. Рухлякъ или мергель представляетъ собою разнообразныя смѣси глины съ углекислою известью, углекислой магнезіей и пескомъ (отъ 20% — 60% глины). Существуютъ мергели, окра-

шенные въ зеленоватый, желтоватый, буроватый, красноватый, а также малиновый цвѣта съ различною плотностью и вязкостью.

Обломочныя породы.

Обломочныя породы произошли отъ отложенія обломковъ и частицъ болѣе древнихъ породъ, механически измельченныхъ, вывѣтрившихся и разрушившихся.

Изъ нихъ характерны:

а) Рыхлыя породы:

Песокъ. Онъ состоитъ изъ отдѣльных, то округленныхъ, то угловатыхъ зеренъ породъ, большею частью кварца. Пески, по крупности зерна, раздѣляются на мелкозернистые и крупнозернистые. Песокъ, отдѣльные зерна котораго достигаютъ величины горошины, получаетъ названіе гравія, хряща.

б) Цементированныя породы:

Песчаникъ,—состоитъ изъ зеренъ кварца, измѣняющихся по величинѣ въ широкихъ размѣрахъ, достигая иногда величины небольшой горошины. Эти зерна, сцементированныя какимъ-нибудь минеральнымъ веществомъ, даютъ крупно и мелкозернистые песчаники. Смотря по цементу различаютъ: глинистый песчаникъ (при дыханіи на него издающій характерный, глинистый запахъ), мергелистый песчаникъ—съ глинисто-известковымъ цементомъ, известковый песчаникъ—цементомъ служить углекислая известь, желѣзистый песчаникъ—съ цементомъ, состоящимъ изъ окиси желѣза вмѣстѣ съ глиной или известью, кремнистый песчаникъ—съ очень крѣпкимъ цементомъ кремневой кислоты. Зовется онъ кварцевымъ песчаникомъ.

Цвѣтъ и твердость песчаниковъ обусловливается разнообразіемъ связующаго цемента: кремнистый, известковистый и глинистый цементъ даютъ большею частью сѣрые и желтые цвѣта, желѣзистый-желтый, бурый и красный, битуминозный (смолистый)—темносѣрый до чернаго, глауконитовый—зеленый.

Песчаники, за исключеніемъ кремнистаго, чертятся сталью, но въ то же время, царапають стекло.

Кварциты, различнаго цвѣта, отъ бѣлаго до кирпично-краснаго, состоятъ изъ зеренъ кварца, плотно связанныхъ кварцевымъ цементомъ. Они почти не отличаются отъ кварцеваго песчаника, обладая, сравнительно съ нимъ, большей плотностью цемента.

Конгломераты, — состоятъ изъ округленныхъ, размѣромъ отъ горошины и больше, обломковъ горныхъ породъ, соединенныхъ какимъ-либо цементомъ, въ зависимости отъ котораго и раздѣляются на конгломераты: известковые, глинистые, кремнистые, желѣзистые. Они крайне разнообразны, въ зависимости отъ своего минеральнаго происхожденія и величины округленныхъ обломковъ.

Наносы.

Продукты вывѣтриванія первичныхъ породъ могутъ остаться на мѣстѣ своего происхожденія, нося названіе элювія, элювіальныхъ образованій. Во второмъ случаѣ, когда продукты вывѣтриванія опускаются, влѣдствіе своей тяжести, перемѣнъ температуры или отъ дѣйствія дождевыхъ и снѣговыхъ водъ, на склоны той же вывѣтривающейся возвышенности, они носятъ названіе дилювія, дилювіальныхъ образованій. Въ третьемъ случаѣ, когда продукты переносятся постоянными потоками на большія разстоянія, они носятъ названіе аллювія или аллювіальныхъ образованій. Элювіальныя образованія имѣютъ широкое распространеніе во всѣхъ странахъ равниннаго характера, сложенныхъ изъ известняковъ, мергелей и т. п. Въ Россіи, напримѣръ, элювіальныя образованія, представляющія продукты выщелачиванія (химическаго вывѣтриванія) часто покрываютъ известняки. Они обыкновенно имѣютъ неравномѣрную толщину, лишены слоистости, окаменѣлостей и отличаются многочисленными включеніями. Въ однородныхъ породахъ вывѣтриваніе, проникающее равномерно въ глубину породы, образуетъ совершенно правильный элювіальный слой,

верхняя и нижняя границы котораго болѣе или менѣе параллельны между собой. Въ громадномъ же большинствѣ случаевъ вывѣтриваніе проникаетъ въ глубину породы весьма неравномѣрно, вслѣдствіе чего нижняя граница элювіального слоя представляетъ весьма неправильныя очертанія, такъ какъ вывѣтривающаяся порода вклинивается въ свѣжую въ видѣ воронокъ, колодцевъ, языковъ и пр.

Дилювіальныя образованія, розсыпи и осыпи.

Дилювій, представляющій собою продуктъ механическаго разрушенія, залегающій на склонахъ и подошвахъ горъ, рѣзко отличается отъ элювія. Вслѣдствіе передвиженія продуктовъ вывѣтриванія является частое несоотвѣтствіе состава дилювія съ составомъ коренныхъ породъ, на которыхъ онъ лежитъ. Дилювій характеризуется незначительнымъ присутствіемъ окаменѣлостей: онѣ могутъ попадаться въ немъ благодаря перемѣщенію изъ коренныхъ породъ, на ряду съ современными, засыпанными остатками наземныхъ моллюсковъ, костей млекопитающихъ и т. п. Составъ дилювія различенъ, въ зависимости отъ состава породъ, подвергшихся вывѣтриванію. Онъ имѣетъ то глинистый, то песчаный характеръ, являясь или въ формѣ лёссовиднаго суглинка, или въ формѣ грубой обломочной породы, заполняя иногда впадины между горами. Дилювій превращаетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ неровную мѣстность въ ровную, которую въ настоящее время прорѣзываютъ овраги. Такія овражныя обнаженія дилювія часто принимаются за обнаженія коренныхъ породъ и только внимательное изученіе дилювіальныхъ отложений позволяетъ отличить характерныя особенности его: отсутствіе слоистости, включенія болѣе или менѣе окатанныхъ кусковъ мѣстныхъ породъ, частицъ почвы, обиліе обломковъ раковинъ и т. п.

Наносы аллювіальные.

1. Наносы рѣчные.

а) *Довольно крупнозернистые пески*, бѣдные гравіемъ, валунами и органическими остатками, бѣлаго, свѣтло-жел-

таго или сѣроватаго цвѣтовъ. Они являются иногда или окрашенными въ красный цвѣтъ, или сцементированными въ желѣзистый песчаникъ, что объясняется дѣйствіемъ просачивающихся желѣзистыхъ растворовъ.

б) *Аллювіальныя глины*, которыя бываютъ обыкновенно сѣраго или шоколаднаго цвѣта. Сѣрая глина—довольно вязка, переполнена органическими остатками, обуславливающими ея цвѣтъ. Отъ примѣси фосфорнокислаго желѣза и окиси желѣза она получаетъ зеленоватый или красноватый оттѣнокъ,—отъ примѣси песка или извести переходитъ въ песчаникъ или мергель.

II. Наносы морскіе—они характеризуются грубостью матеріала и отсутствіемъ сортировки. Въ составъ этихъ отложений обыкновенно не входятъ иловатыя и глинистыя частицы, зато въ этихъ наносахъ перемѣшаны безъ всякаго порядка и безъ слѣдовъ слоистости малѣйшія зерна песка съ галькой и валунами до 8 и болѣе пудовъ вѣсомъ.

III. Наносы ледниковые—отложения современныхъ и древнихъ ледниковъ.

а) *Ледниковая щебенка*. Ледниковая щебенка есть продуктъ разрушенія почти исключительно кристаллическихъ породъ, и является моренными отложениями верхнихъ частей ледника. Она характеризуется отсутствіемъ слоистости и какихъ-бы то ни было органическихъ остатковъ, состоитъ изъ беспорядочной смѣси крупныхъ валуновъ, гальки, гравія, песка и небольшого количества глинистыхъ частицъ.

б) *Валунная глина*, богатая песчаными частицами и валунами, обыкновенно кирпично-краснаго цвѣта отъ примѣси окисловъ желѣза,—наиболѣе распространенная горная порода. Она достигаетъ значительной мощности (5—10 саж. и болѣе), характеризуясь полнымъ отсутствіемъ сортировки и слоистости. Въ ней изрѣдка попадаются растительные остатки, а также кости мамонта, носорога и другихъ животныхъ. При вывѣтриваніи валунныя глины лишаются валуновъ, разрыхляются, приближаясь по составу къ лёссу. Смываясь на склоны, они даютъ лёссовидный дилувій.

в) *Нижневалунный песокъ* является постелью для валунной глины, отъ которой отдѣляется рѣзкой границей.

Онъ отличается значительной однородностью песчаныхъ частицъ, часто имѣетъ отчетливую слоистость и является результатомъ отложенія крупныхъ и быстрыхъ потоковъ, вытекающихъ изъ подъ наступающаго ледника.

г) *Верхневалунный песокъ*, считающійся продуктомъ вывѣтриванія и выщелачиванія верхнихъ горизонтовъ валунной глины, прикрываетъ ее съ постепеннымъ переходомъ песка къ глинѣ. Онъ характеризуется значительнымъ количествомъ глинистыхъ и мергелистыхъ включеній.

д) *Лѣссъ*. Относительно происхожденія лѣсса, имѣющаго иногда незначительную толщину, а иногда достигающаго мощности въ 400 метровъ (Сѣв. Зап. Китай) существуетъ два мнѣнія. Одни считаютъ лѣссъ тонкою мутью, отложенною выбѣгающими изъ-подъ отступающаго ледника потоками. Другіе относятъ его къ чисто эоловымъ (вѣтровымъ) образованіямъ. Онъ мягокъ, нѣженъ, мучнистъ, легко растирается между пальцами, причемъ глинисто-известковыя частицы втираются въ кожу, а кварцевыя зерна остаются. Материковый лѣссъ характеризуется полнымъ отсутствіемъ слоистости, озерный же, отлагаясь въ водныхъ бассейнахъ, получаетъ не только слоистость, но и другое сложеніе, и даже составъ, заключаая въ себѣ иногда прослойки песка и галекъ. Характерная особенность материковаго лѣсса—сохранять вертикальность стѣнокъ, а потому при проводкѣ въ немъ шахтъ и скважинъ послѣднія можно не крѣпить.

Подземныя воды.

Смотря по мѣсту находженія и количеству содержащихся въ нихъ плотныхъ веществъ, естественныя воды могутъ быть раздѣлены на четыре группы:

1) Метеорная вода (дождь, снѣгъ и пр.). 2) Вода рѣкъ и прѣсныхъ озеръ. 3) Вода источниковъ и колодезевъ. 4) Морская вода.

Количество атмосферныхъ осадковъ, выпадающихъ въ разныхъ мѣстностяхъ и въ разныя времена года, зависитъ отъ

различныхъ условій. Это количество больше: 1) въ странахъ жаркихъ, чѣмъ въ холодныхъ; 2) въ странахъ приморскихъ (въ особенности при существованіи теплыхъ морскихъ вѣтровъ и теченій), чѣмъ въ континентальныхъ, и 3) въ странахъ гористыхъ (въ особенности на скатахъ горъ), чѣмъ въ мѣстностяхъ ровныхъ.

Примѣчаніе. Примѣромъ мѣстности съ крайнимъ изобиліемъ атмосферныхъ осадковъ могутъ служить южные склоны Гималайскихъ горъ, гдѣ высота выпадающаго въ годъ слоя воды достигаетъ 41 фута, а примѣромъ крайней бѣдности атмосферныхъ осадковъ могутъ служить: Сахара, Нубія и Верхній Египетъ, гдѣ иногда 5—6 лѣтъ сряду проходятъ безъ дождя.

Нѣкоторая часть выпавшихъ осадковъ стекаетъ непосредственно по поверхности земли, образуя ручьи, озера, рѣки, ледники и т. п. Другая часть, временно поглощаясь верхними почвенными слоями и подстилающими ее породами, обуславливая ихъ естественную влажность, вскорѣ опять возвращается обратно въ атмосферу, вступая вновь въ общій круговоротъ ея, испараясь частью непосредственно подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей, частью при посредствѣ растительности. Наконецъ, третья часть, наполнивъ сначала поры верхнихъ слоевъ земной коры, въ силу закона тяжести опускается все ниже и ниже по различнымъ напластованіямъ ея, образуя тамъ громадныя запасы подземныхъ водъ и выходя на земную поверхность въ видѣ источниковъ, рѣкъ и озеръ или добывается искусственно при помощи колодцевъ и буровыхъ скважинъ. При соприкосновеніи съ горными породами вода, благодаря содѣйствію воздуха и содержащихся въ ней газовъ, претерпѣваетъ рядъ измѣненій, отражающихся на ея химическомъ составѣ и физическихъ свойствахъ. Съ одной стороны метеорная вода теряетъ при этомъ нѣкоторыя составныя части, унесенныя изъ атмосферы (напр., амміакъ) съ другой же она извлекаетъ изъ горныхъ породъ различныя соли и нерѣдко встрѣчаетъ на своемъ пути условія, благоприятствующія усиленному растворенію горныхъ породъ, въ

особенности подѣ вліяніемъ болѣе высокой температуры и давленія.

Отношеніе количествъ стекающихъ, испаряющихся и поглощаемыхъ почвою атмосферныхъ осадковъ весьма различно для различныхъ мѣстностей и колеблется въ широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ климата, растительности и почвы. Нѣтъ никакой возможности дать какія либо общія цифры зависимости между этими тремя величинами. Прежнее (по Hagen'y) предположеніе, по которому изъ выпадающихъ осадковъ: $\frac{1}{3}$ стекаетъ, $\frac{1}{3}$ испаряется и $\frac{1}{3}$ поглощается, не имѣетъ никакого значенія, такъ какъ въ разныя времена года и въ различныхъ мѣстностяхъ эти отношенія не одинаковы, и для опредѣленія ихъ въ каждомъ данномъ мѣстѣ требуется спеціальныя и систематическія наблюденія втеченіе, по крайней мѣрѣ, цѣлаго года, а иногда и болѣе. Необходимость этого вызывается сложностью и разнообразіемъ факторовъ, вліяющихъ на величину испаренія, стока и поглощенія.

Три эти явленія зависятъ не только отъ количества осадковъ, но также отъ ихъ характера.

Главнымъ источникомъ питанія подземныхъ водъ являются не ливни, совершенно безполезныя, благодаря быстрому стеканію, а мелкіе, но продолжительные дожди, наиболѣе благопріятствующіе просачиванію въ землю. Дожди, выпавшіе въ лѣтнее время, когда вслѣдствіе высокой температуры и дѣятельности растительности происходитъ сильное испареніе, почти совсѣмъ не обогащаютъ подземныхъ водъ, получающихъ запасы влаги только отъ зимнихъ, весеннихъ и осеннихъ осадковъ.

Говоря о поглощеніи и задержаніи воды какою-либо породою, надс различать наименьшую, или абсолютную влагоемкость, представляющую количество влаги, удерживаемое породою при свободномъ стоцѣ, въ силу ея капиллярности и гигроскопическихъ свойствъ и наибольшую, или полную влагоемкость, т. е. количество влаги, насыщающей породу до полного заполненія всѣхъ поръ, всѣхъ трещинъ и пустотъ по всей ея толщинѣ при отсутствіи стока. Эта наибольшая влагоемкость, выражаемая отношеніемъ объема заключающихся въ породѣ всѣхъ трещинъ, щелей, пустотъ

и поръ къ объему самой породы, есть, очевидно, величина постоянная, такъ что терминъ «наибольшая влагоемкость» гораздо рациональнѣе замѣнить выраженіемъ: «пористость породы». Такимъ образомъ, если для полнаго насыщенія водою 1 куб. метра песка требуется 0,3 куб. метра воды, то говорить, что пористость этого песка равна 30%, или, что объемъ промежутковъ между отдѣльными зернами песка = 0,30 полнаго его объема. Способность породъ болѣе или менѣе быстро проникаться водою называется водопроницаемостью, по отношенію къ которой породы раздѣляются на водопроницаемыя и водонепроницаемыя или водупорныя. Послѣдними называются такія, которыя, въ силу своей трудной проницаемости для воды, способны задерживать ее на своей поверхности. Опытомъ установлено, что всѣ горныя породы проницаемы для воды. Справедливость этого уясняется изъ того, что всѣ онѣ, не исключая и самыхъ твердыхъ, не представляютъ изъ себя совершенно однородной массы, но состоятъ изъ отдѣльныхъ частицъ съ нахожденіемъ въ породахъ трещинъ, щелей, пустотъ, какъ капиллярныхъ, такъ и не капиллярныхъ, и кристалловъ болѣе или менѣе прочно сцементированныхъ.

Примѣчаніе. Положивъ кусокъ гранита въ подкисленную кислотою воду, черезъ нѣкоторое время можно обнаружить присутствіе кислоты (лакмусовою бумагою) на внутреннихъ частяхъ камня.

Этотъ фактъ станетъ еще болѣе понятнымъ, если мы припомнимъ, что всѣ породы, за исключеніемъ плутоническихъ, представляютъ нечто иное, какъ затвердѣвшія отложенія на днѣ моря выносовъ рѣкъ. Способность горныхъ породъ свободно пропускать книзу или профильтровывать воду сквозь свои поры сама по себѣ весьма мала и различна для различныхъ породъ. Она опредѣляется временемъ, въ которое вода проходитъ чрезъ опредѣленный слой почвы или породы. Чѣмъ частицы почвы крупнѣе, тѣмъ свободнѣе въ ней движеніе воды. Въ «Курсѣ почвовѣдѣнія» Сибирцева приведены слѣдующія цифры:

Родъ почвы.	Время прохожденія воды черезъ слой почвы въ 18 савт.
Глинистый черноземъ.	2 часа.
Тяжелый перегнойный суглинокъ . . .	3 ч. 5 м.
Сѣрый суглинокъ	2 ч. 30 м.
Мелкій суглинокъ.	1 ч. 6 м.
Супесь	30 м.
Слабоглинистый песокъ	4 м.

Однѣ изъ породъ, напримѣръ, нетрещиноватая стекловатая породы, нѣкоторыя кристаллическія породы не пропускаютъ воды при небольшой высотѣ напора и проникаются ею лишь при большомъ давленіи. Граниты и гнейсы пропускаютъ лишь ничтожное, а известняки и песчаники уже замѣтное количество воды. Породы трещиноватая (известняки), пористая (мѣль), сыпучія и рыхлыя (пески) болѣе или менѣе пропускаютъ черезъ себя воду и, при отсутствіи стока, задерживаютъ ее въ своихъ трещинахъ, порахъ и пустотахъ. Песчаные наносы представляютъ породу весьма легко проникаемую для воды. Выпадающіе непосредственно на ихъ поверхность атмосферные осадки, жадно впитываются ими. Въ случаѣ же залеганія песковъ пластами среди другихъ болѣе плотныхъ породъ, песчаными пластами воспринимаются осадки, вынашіе на прилегающихъ, отдаленныхъ и болѣе возвышенныхъ площадяхъ, гдѣ существуютъ обнаженія этихъ пластовъ. Чистая глина можетъ впитывать и удерживать въ себѣ воду въ количествѣ до 70% по вѣсу (до 87—106% по объему) сухой глины. Свойства чистой плотной глины и чистаго крупнозернистаго песка видоизмѣняются во-1) въ зависимости отъ пропорціи, въ которой смѣшаны эти два матеріала; во-2) въ зависимости отъ большей или меньшей крупности зеренъ песку; въ-3) отъ большаго или меньшаго сплотненія глинистыхъ частицъ и въ-4) подъ вліяніемъ примѣсей извести, чернозема и торфа, обладающихъ значительной поглощательной способностью. Примѣсь песка къ глинѣ уменьшаетъ ея пористость, или ея наибольшую водоемкость: такъ по Шюблеру, глина съ 10%, 24% и 45% содержаніемъ песка удерживаетъ 61%, 50% и 40% по вѣсу воды.

При вѣсовомъ отношеніи глины къ водѣ, какъ 2, или меньше, къ 1, получаемая смѣсь проницаема для воды, при меньшемъ же содержаніи воды (напр., при вѣсовомъ отношеніи глины къ водѣ, какъ 3 или 4 къ 1), получаемая смѣсь водонепроницаема и слой такой глины, толщиною въ 15mm. совершенно не пропускаетъ воду подъ давленіемъ водяного столба въ 1,5 метра, при большемъ же давленіи становится водспроницаемымъ. Очевидно, поэтому, что пески и земли съ значительнымъ содержаніемъ песка составляютъ главные приѣмники для атмосферныхъ водъ, просачивающихся въ глубину почвы, до встрѣчи съ водоупорными пластами.

Менѣе благопріятными въ этомъ отношеніи являются лёссовыя и глинистыя, съ незначительнымъ содержаніемъ песка, отложенія, обыкновенно покрытыя съ поверхности болѣе или менѣе толстымъ слоемъ чернозема. Но трудность прониканія атмосферныхъ осадковъ въ землю значительно уменьшается, благодаря часто встрѣчающимся размывамъ этихъ наносовъ, съ массою овраговъ и рѣчныхъ долинъ. Тогда атмосферныя воды вступаютъ въ непосредственное соприкосновеніе съ коренными горными породами, многія изъ которыхъ обладаютъ легкою водопроницаемостью.

Особыя свойства намокшей глины дѣлаютъ невозможнымъ дальнѣйшее прониканіе воды черезъ ея слои и это обстоятельство дѣлаетъ намокшій сверху пластъ водонепроницаемымъ ложемъ водоноснаго слоя. Глины обладаютъ высокою капиллярною пористостью, образующей какъ бы тончайшую сѣть, которая жадно впитываетъ въ себя воду, но только при условіи, пока такая капиллярная пористость сохраняется ненарушенной. При значительномъ напорѣ и давленіи воды сверху или снизу поверхностные слои глинъ превращаются въ тонкую липкую грязь, частицы глины перемѣщаются, капиллярная сѣть разрушается, и глина перестаетъ проводить влагу въ свои болѣе глубокія или болѣе высокія толщи, остающіяся почти абсолютно сухими. Такое явленіе совершенно невозможно въ пескѣ, въ которомъ промежутки между зернами, лежащими другъ на другѣ, гораздо крупнѣе, чѣмъ въ глинѣ. Масса песку, достигшая подъ вліяніемъ сотрясеній и подъ дѣйствіемъ просачивающейся черезъ нее воды наиболѣе плот-

наго расположенія зеренъ, уже не обладаетъ способностью дальнѣйшаго уплотненія, почему и остается все также водопроницаемою.

Группировка породъ на водопроницаемыя и водонепроницаемыя является болѣе или менѣе условной. Какъ нѣтъ породъ абсолютно водопроницаемыхъ, такъ нѣтъ и абсолютно водонепроницаемыхъ и между этими группами существуютъ разнообразныя переходы. Измельченіе зеренъ песка и большая примѣсь глины обуславливаютъ переходъ породъ полупроницаемыхъ въ водонепроницаемыя, затрудняющія движеніе воды, какъ это бываетъ съ нѣкоторыми видами лёссовыхъ отложеній и, такъ называемыми, песками-плывунами.

Практически водоупорными породами можно считать:

а) среди породъ относительно мягкихъ—глину и мергели, при условіи толщины ихъ не менѣе 1 метра;

б) всѣ твердыя породы, осадочныя и изверженныя, если онѣ не трещиноваты, или если трещины въ нихъ заполнены глиною.

Водопроницаемыя породы можно раздѣлить на а) *относительно-проницаемыя* и б) *однородно-проницаемыя*. Относительно-проницаемыми являются трещиноватые известняки и песчаники, толщи гравія или галечника. Вода въ нихъ движется въ капельно-жидкомъ состояніи, лишь вслѣдствіе силы тяжести, явленія капиллярности отсутствуютъ.

Однородно-проницаемыя породы также образованы водоупорными породами, но такихъ малыхъ размѣровъ и такой формы, что въ пространствахъ между ними вода, въ зависимости отъ степени насыщенія, находится въ состояніяхъ пленочномъ и капиллярномъ; сюда относятся, на примѣръ: песокъ, супесокъ, суглинокъ. При дальнѣйшемъ насыщеніи водой, явленія капиллярности прекращаются, вода переходитъ въ капельно-жидкое состояніе и водоносная порода начинаетъ течь, какъ вода (плывунъ). Болѣе детальное раздѣленіе породъ по водопроницаемости даетъ слѣдующая классификація ихъ типовъ.

I) Водопроницаемыя породы.	Ia) Невлагоемкія (влагоемкость ихъ 25—30% по вѣсу.	а) Зернистыя: песокъ, гравій, щебень, галька, валунъ.
	Iб) Влагоемкія (влагоемкость ихъ 100—1500% по вѣсу).	б) Трещиноватыя: известнякъ и другія породы, разбитыя трещинами.
II) Полупроницаемыя породы.	Лессовыя образования. Песчаноглинистыя и мергелистыя отложенія.	
III) Водонепроницаемыя породы.	IIIa) Невлагоемкія.	а) Лишенные трещинъ кристаллическія породы.
	IIIб) Влагоемкія.	б) Плотные кварцитовые песчаники. в) Мраморовидные и безъ трещинъ известняки и мраморъ.
		Чистыя глины.

Водопоглощеніе.

Мы переходимъ теперь къ важнѣйшему для нашихъ цѣлей отдѣлу воднаго круговорота—къ процессамъ водопоглощенія, стоянія и движенія подземныхъ водъ.

Каждое тѣло, пропускающее въ себя воду силою тяжести или силою волосности, обладаетъ способностью отчасти удерживать въ себѣ, какъ воду, такъ и содержимыя ею примѣси. Способность эта называется способностью поглощенія и проявляется тѣмъ сильнѣе, чѣмъ мельче поры тѣла, а слѣдовательно, чѣмъ медленнѣе происходитъ циркуляція воды и чѣмъ сильнѣе проявляются частичныя силы притяженія между веществомъ тѣла и водою. Глина поэтому обладаетъ наибольшею поглощательною (удерживательною) способностью и наименьшею пропускною. Такъ глина задерживаетъ почти всю массу притекающей въ нее воды и

отнимаетъ отъ нея не только тончайшія механическія примѣси, но даже микроорганизмы и вещества, растворенныя въ водѣ; песокъ же почти вовсе не удерживаетъ проникшей въ него воды и вмѣстѣ съ водою пропускаетъ черезъ себя такія тѣла, какъ разбухшія зерна крахмала, глинистую муть, и отнимаетъ отъ проходящей черезъ него воды лишь болѣе или менѣе крупныя механическія примѣси.

Просачивающаяся въ почву и проникающая въ глубину земной коры часть атмосферныхъ осадковъ образуетъ собою подземныя воды, носящія названіе вадозныхъ. Общее количество этихъ водъ, по подсчету Slichter'a такъ велико, что могло бы покрыть всю поверхность земли слоемъ воды мощностью отъ 3 до $3\frac{1}{2}$ тыс. футовъ, причемъ общій запасъ грунтовыхъ водъ равняется приблизительно одной трети количества воды, заключающейся въ океанахъ.

Такія воды и источники нужно отличать отъ водъ ювенильныхъ, характеризующихся пульсацией, постоянствомъ химическаго состава и постоянною, болѣе или менѣе высокою температурою. Эти послѣднія даютъ воду, образовавшуюся въ нѣдрахъ земли путемъ высушиванія горныхъ породъ внутреннимъ жаромъ земли, вслѣдствіе вулканическихъ процессовъ и лишь впервые появляющуюся на поверхности земли.

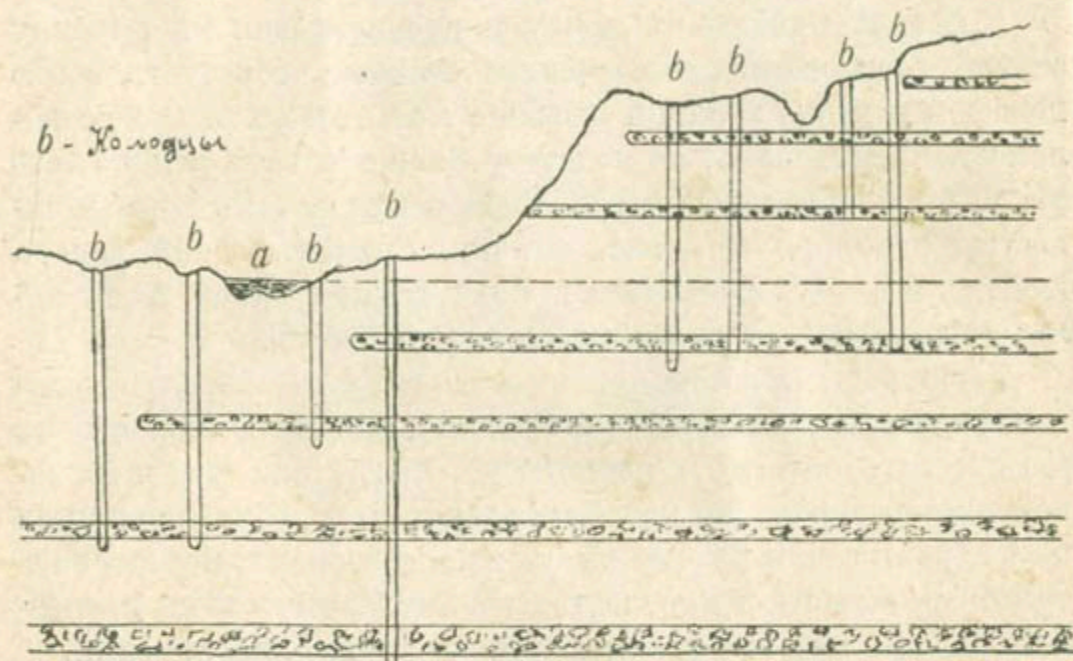
Онѣ даютъ нерѣдко начало теплымъ ключамъ, играютъ важную роль въ образованіи жилъ въ горныхъ породахъ, наполняя трещины осадочными матеріалами *).

Атмосферные осадки, задержанные почвою и подстилающими ее породами, раздѣляются въ нѣдрахъ земли на двѣ существенно различныя по своему значенію части. Одна поглощается почвою и подстилающими породами, обуславливая ихъ естественную влажность, другая, постепенно просачиваясь по пористымъ породамъ, смачиваетъ стѣнки ихъ поръ и каналовъ, всасывается въ болѣе узкія отвлѣтленія этихъ ка-

*) Существуютъ гипотезы о томъ, что подземная влага не имѣетъ ничего общаго съ поверхностными осадками.

Извѣстный геологъ Фольгеръ объясняетъ происхожденіе подземныхъ водъ существованіемъ подземныхъ дождей отъ конденсаціи (сгущенія) паровъ, заключающихся въ воздухѣ, циркулирующемъ въ почвѣ. Но это явленіе, если оно и существуетъ въ дѣйствительности, даетъ малое количество воды, почему теорія эта въ настоящее время почти не имѣетъ послѣдователей.

наловъ и проникаетъ въ нижніе слои породъ, гдѣ болѣе или менѣе скоро достигаетъ такого горизонта, на которомъ породы являются уже вполне насыщенными водою. Поверхность такихъ вполне насыщенныхъ породъ называется уровнемъ грунтовыхъ водъ. Вода, находящаяся въ породахъ, залегающихъ ниже уровня грунтовыхъ водъ, носитъ обычно названіе грунтовой или подземной, въ отличіе отъ



Черт. 21. Разрѣзъ нѣсколькихъ водоносныхъ горизонтовъ у Фюрстенфельда въ Штейермаркѣ. Воды глубокихъ горизонтовъ этой мѣстности по своему происхожденію совершенно чужды нѣдрамъ ея, такъ какъ притекаютъ изъ весьма удаленныхъ мѣстностей, гдѣ эти воды образуютъ первый водный горизонтъ.

водъ почвенныхъ, скопляющихся на глубинѣ, не превышающей зимняго промерзанія грунта.

Кромѣ перваго горизонта грунтовой воды, можетъ быть второй, третій, въ которыхъ вода располагается между водоупорными пластами (черт. 21).

Эти водоносные горизонты, уединенные другъ отъ друга водонепроницаемыми слоями, носятъ названіе глубокихъ водоносныхъ горизонтовъ. Ихъ происхожденіе объясняется тѣмъ, что горныя породы, слагающія водоносный горизонтъ грунтовыхъ водъ данной мѣстности, могутъ въ болѣе или менѣе значительномъ отдаленіи отъ послѣдней покры-

ваться отложеніями болѣе юнаго сравнительно возраста, при чемъ среди этихъ отложеній могутъ находиться и водопроницаемые слои. Тогда въ этой болѣе или менѣе удаленной мѣстности горизонтъ грунтовой воды первой мѣстности окажется подъ мѣстными грунтовыми водами. Такимъ образомъ воды глубокихъ водоносныхъ горизонтовъ по своему происхожденію совершенно чужды нѣдрамъ данной мѣстности: воды эти притекаютъ изъ весьма удаленныхъ обыкновенно отъ данной мѣстности площадей, на которыхъ разсматриваемый глубокій горизонтъ является первымъ. Ясно, что областью питанія верхнихъ грунтовыхъ водъ служить обычно небольшая площадь или рѣчная долина. Область же питанія глубокихъ водоносныхъ горизонтовъ обыкновенно очень велика и залеганіе этихъ горизонтовъ не зависитъ отъ рельефа поверхности, а лишь отъ геологическихъ условій.

Испаряемость воды.

Разсматривая вопросы, связанные съ испареніемъ воды въ природѣ, необходимо существенно различать три вида испаренія: поверхностное испареніе внѣшнихъ водъ и выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ, испареніе грунтовыхъ водъ и внутреннихъ запасовъ почвенной влаги и испареніе той же почвенной влаги черезъ посредство растений.

Поверхностное испареніе внѣшнихъ водъ и выпадающихъ осадковъ находится въ прямой зависимости отъ влажности воздуха, въ которомъ происходитъ испареніе, отъ величины поверхности испаренія, отъ температуры воздуха, отъ продолжительности пребыванія воды на почвѣ и оттого, насколько эта поверхность доступна свободному вліянію вѣтровъ. Если сравнить испаряемость влаги, выпавшей на лѣсъ и на открытое со всѣхъ сторонъ поле, то, несмотря на то, что поверхность листвы деревьевъ увеличиваетъ въ значительной степени поверхность лѣсистаго участка въ сравненіи съ полевымъ участкомъ такого же размѣра, испаряемость влаги послѣдняго будетъ гораздо большей, вслѣдствіе полной доступности его иссушивающему вліянію вѣтровъ.

Что касается непосредственнаго испаренія грунтовыхъ водъ и запасовъ почвенной влаги, то и здѣсь приходится повторять о томъ же различіи между испаряемостью лѣса и открытаго поля. Лѣсъ, вообще, служить неоцѣнимымъ охранителемъ влаги, содержащейся въ почвѣ. Благодаря, такъ называемой, лѣсной подстилкѣ, состоящей изъ опавшихъ, полусгнившихъ листьевъ и другихъ растительныхъ остатковъ, прекращается непосредственное сообщеніе почвы съ воздухомъ, что влечетъ за собою значительное ослабленіе испаренія почвенной влаги въ лѣсу.

Испареніе почвенной влаги черезъ посредство растеній, является слѣдствіемъ значительнаго и постояннаго питанія растеній водою и содержащимися въ ней растворенными веществами. Связанное съ этимъ питаніемъ испареніе воды листвою, неодинаковое для различныхъ растеній (наименьшее для хвойныхъ) происходитъ, конечно, только въ періодъ полнаго развитія растеній, который продолжается у насъ въ Россіи, въ среднемъ, около 4—6 мѣсяцевъ въ году.

Испареніе воды съ земной поверхности измѣняется въ зависимости отъ температуры, вѣтра и давленія воздуха, почему сила испаренія или испаряемость обнаруживаетъ значительныя колебанія даже въ предѣлахъ одной и той же области. Напримѣръ, въ Европейской Россіи она рѣзко измѣняется по направленію съ с.-з. на ю.-в., напримѣръ, въ Петербургѣ, Вышнемъ-Волочкѣ, Пинскѣ, Москвѣ, Кіевѣ и Харьковѣ годовая испаряемость воды меньше количества годовыхъ осадковъ, выпадающихъ въ этихъ мѣстностяхъ: въ С.-Петербургѣ и Вышнемъ Волочкѣ почти на 40% количества осадковъ. Во Франціи около 57% всего годового количества осадковъ поглощается процессомъ испаренія. На юго-востокѣ Россіи, въ Самарскихъ и Астраханскихъ степяхъ, испаряемость достигаетъ огромныхъ размѣровъ, превышая нерѣдко въ пять разъ годовое количество осадковъ, а еще дальше къ ю.-в., напримѣръ, въ Нукусѣ на Аму-Дарьѣ, она въ десятки разъ превышаетъ количество осадковъ. Само собою разумѣется, что въ связи съ ходомъ испаренія измѣняются количества надземныхъ и подземныхъ водъ, которыя на крайнемъ юго-востокѣ достигаютъ такого минимума, что

поверхность превращается въ пустыню, а моря Каспійское и Аральское постепенно усыхаютъ.

Стокъ воды.

Стокъ воды атмосферныхъ осадковъ съ поверхности земли зависитъ также отъ разнообразныхъ условій. Прежде всего—отъ водопроницаемости почвы и подпочвы; затѣмъ отъ характера поверхности, уклона ея, отъ количества и характера овраговъ, отъ паденія рѣчекъ и ручьевъ, отъ положенія бассейна, съ котораго собираются воды, относительно странъ свѣта, отъ направленія господствующихъ вѣтровъ, отъ состава растительнаго покрова и условій выпаденія осадковъ.

Многочисленными опытами выяснено, что изъ общаго количества осадковъ весны и лѣта значительная доля (до 90%) не попадаетъ въ почву и установлено, какъ законъ, старое агрономическое правило, что зимніе осадки и есть та влага, которою пропитывается почва и количествомъ которой опредѣляется урожай.

Относительно этихъ осадковъ нужно замѣтить, что въ явленіи стеканія воды играетъ роль не только величина запаса воды въ снѣжномъ покровѣ, но также характеръ таянія, зависящій въ свою очередь, какъ отъ мѣстныхъ условій: температуры, абсолютной высоты надъ уровнемъ моря, защищенности отъ солнечныхъ лучей и вѣтровъ, такъ и отъ накопленія снѣга и его плотности. При дружномъ и быстромъ таяніи снѣга въ почву проникаетъ воды меньше, чѣмъ при медленномъ и постепенномъ; послѣ сухой осени при снѣгѣ, выпавшемъ на незамерзшую землю, почва поглощаетъ весеннихъ водъ гораздо болѣе, чѣмъ послѣ осени дождливой, когда земля замерзла задолго до выпаденія снѣга. Просачиваніе въ почву происходитъ тѣмъ медленнѣе, чѣмъ меньше водопропускная способность почвы и чѣмъ круче склоны; поэтому на крутыхъ склонахъ больше стекаетъ, чѣмъ просачивается, точно также на глинистыхъ склонахъ стокъ больше, чѣмъ на песчаныхъ. Современная техника хозяйства, плохая обработка земли и нерѣдко даже отсутствіе всякой обработки,

какъ при посѣвѣ наволокомъ, мало еще распространенная вспашка земли подъ зябь, ведутъ къ тому, что зимняя влага скатывается съ полей по плотной поверхности почвы въ овраги и рѣвки, и богатства почвы, могущія проявиться лишь при достаточной влажности, остаются неиспользованными.

Овраги оказываютъ на стокъ различное и часто противоположное вліяніе, въ зависимости отъ породъ, которыя они прорѣзаютъ, вообще же система развитыхъ овраговъ увеличиваетъ бесполезный стокъ и быстроту схода весеннихъ водъ.

Движеніе водъ по поверхности земли съ почвою, водопроницаемой и водонепроницаемой.

При незначительныхъ препятствіяхъ къ поверхностному стоку и большихъ къ проникновенію воды въ почву выпавшіе осадки быстро достигаютъ открытыхъ водотоковъ, особенно во время дождей. Увлажненіе, испытываемое почвою непосредственно послѣ дождя, незначительно, вслѣдствіе малой проницаемости верхняго слоя почвы. При рыхломъ или очень пористомъ почвенномъ покровѣ, при вышедшихъ на земную поверхность трещинахъ и разсѣлинахъ горныхъ породъ, выпадающіе осадки легче проникаютъ въ породу. Въ такомъ случаѣ въ открытые водотеки попадаетъ гораздо меньшая часть выпавшихъ осадковъ, чѣмъ при почвѣ перваго рода. Въ извѣстныхъ случаяхъ водопроницаемую и водонепроницаемую почву можно легко узнать по результатамъ дѣйствія на нихъ атмосферныхъ осадковъ. При продолжительныхъ дождяхъ и непроницаемой почвѣ вода стекаетъ въ видѣ быстро образующихся стремительныхъ ручьевъ, сильнымъ своимъ теченіемъ размывающихъ почву и уносящихъ со склоновъ горъ большія массы размытаго матеріала. По прекращеніи дождя начинается очень медленный стокъ воды съ поверхности мѣстности и незадолго передъ тѣмъ бурный потокъ превращается скоро въ маленькій ручеекъ, высыхающій при сколько-нибудь продолжительной засухѣ.

Растительность на непроницаемой почвѣ вообще роскошна, что особенно замѣтно на лугахъ, отличающихся богатствомъ

растительности не только на днѣ долины, но и на склонахъ ея, гдѣ задержанная смытою водонепроницаемою почвою вода не можетъ проникнуть глубже. Само собою понятно, что въ мѣстности съ непроницаемою почвой сильно затрудняется образование подпочвенныхъ водъ и, слѣдовательно, источниковъ, вотъ почему въ такихъ мѣстахъ подпочвенныя воды никогда не встрѣчаются въ сколько-нибудь значительныхъ количествахъ, настолько же рѣдки и ключи.

Совершенно иначе обстоитъ дѣло въ мѣстностяхъ съ почвою водонепроницаемою. Значительная часть атмосферныхъ осадковъ проникаетъ сквозь почвенный покровъ на различную глубину и вода, наполняя поры, разщелины и трещины, напитываетъ собою водонепроницаемую породу до полного насыщенья. Это прониканіе происходитъ тѣмъ легче и глубже, чѣмъ больше неволосяныхъ поръ въ породѣ и наоборотъ. Вообще же оно подчиняется общему закону движенія грунтовыхъ водъ, а именно: количество воды, просачивающейся въ данное время, при данной поверхности просачиванія, уменьшается съ уменьшеніемъ величины частицъ или зеренъ почвы. При водонепроницаемой почвѣ, особенно при маломъ уклонѣ мѣстности, поверхностный стокъ выпавшихъ въ видѣ дождя атмосферныхъ осадковъ — незначителенъ, вслѣдствіе чего размывы мѣстностей съ водонепроницаемою почвою не такъ велики, но зато послѣ прекращенія дождя въ водотекахъ продолжается теченіе воды, пополняемой запасами подпочвенныхъ водъ. Для стока своего вода нуждается въ значительно меньшемъ числѣ руселъ. Благодаря притоку воды изъ ключей, водотеки рѣдко высыхаютъ и до нѣкоторой степени играютъ роль дренажа для выпележащихъ частей мѣстности, вслѣдствіе чего во всякомъ пунктѣ тальвега можно констатировать существованіе потока почвенной воды, направленного обыкновенно съ обѣихъ сторонъ къ главному руслу и въ него вливающегося. Въ водонепроницаемой мѣстности мы не встрѣчаемъ ни глубокихъ ущелій, ни выступовъ горъ, лишенныхъ смытаго почвеннаго покрова, долины чаще всего широки и ровны.

Поверхность почвы подъ вліяніемъ дождей не измѣняется, луга находятся лишь у подошвы долинъ.

Изъ даннаго правила бываютъ впрочемъ исключенія.

Въ мѣстностяхъ съ непроницаемой почвой, характеръ которой въ существенныхъ чертахъ остается неизмѣненнымъ, встрѣчаются источники иногда весьма значительной мощности; возможенъ, наоборотъ, случай, когда ни на днѣ долины, ни гдѣ-либо въ другомъ мѣстѣ совершенно проницаемой мѣстности нельзя найти ни источниковъ, ни почвенныхъ водъ въ значительномъ количествѣ, даже въ случаѣ выпаденія необходимыхъ для ихъ образованія атмосферныхъ осадковъ. Въ первомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ водою отдаленныхъ областей осажденія осадковъ, а во второмъ выпадающіе осадки уходятъ по подземнымъ путямъ изъ предѣловъ данной мѣстности.

Высота уровня грунтовыхъ водъ подвержена постояннымъ колебаніямъ. Положеніе его въ каждый данный моментъ зависитъ отъ измѣняющагося соотношенія между выпаденіемъ атмосферныхъ осадковъ и испаряемостью. Вліяніе этихъ факторовъ на положеніе уровня грунтовыхъ водъ легко можетъ быть обнаружено непосредственными измѣреніями. При этомъ можно констатировать измѣняемость не только въ зависимости отъ крупныхъ ливней, но и измѣненія, соответствующія болѣе дождливымъ и засушливымъ мѣсяцамъ и годамъ и т. д.

Глубина залеганія грунтовыхъ водъ.

Наибольшею глубиною, на которой возможно существованіе грунтовыхъ водъ, теоретически является та, на которой обусловливаемое вѣсомъ вышележащихъ породъ давленіе настолько велико, что въ горныхъ породахъ не можетъ быть никакихъ трещинъ и пустотъ. По проф. Van Hise'у эта граница находится на разстояніи около 10.000 метровъ отъ земной поверхности. Поясъ земной коры, лежащій выше этой границы, Van Hise назвалъ «зоной разлома» ввиду того, что горныя породы, слагающія эту часть земной коры, отличаются обиліемъ трещинъ и пустотъ, происшедшихъ подъ вліяніемъ сдвигиванія и другихъ разламывающихъ силъ. Поясъ, лежащій ниже зоны разлома, Van Hise назвалъ зоною пластич-

ною, такъ какъ, благодаря громадному давленію, здѣсь невозможно существованіе трещинъ и пустотъ, а кромѣ того, породы этого пояса обнаруживаютъ пластичное состояніе, подобно глинѣ, если ее сдавить рукою. Achille Delesse опредѣляетъ глубину залеганія грунтовыхъ водъ въ 18,500 метровъ, предѣлъ, опредѣляемый глубиною залеганія геотермы кипѣнія воды, гдѣ вслѣдствіе высокой температуры (600° C.) и высокаго давленія, вода не можетъ быть въ жидкомъ состояніи. Однако, теорія Delesse'a должна быть оставлена послѣ установленія Van Hise'омъ невозможности существованія трещинъ на глубинѣ, большей 10,000 метровъ.

Движеніе подземныхъ водъ и водоносныя породы.

Грунтовая вода находится въ покоѣ лишь въ томъ случаѣ, когда горизонтъ ея замкнутъ,—не имѣетъ стока. Вода въ этомъ горизонтѣ имѣетъ горизонтальную поверхность и при встрѣчѣ содержащей воду мульды или котловины буровыми скважинами или колодцами, уровень воды въ нихъ остается въ одной и той же горизонтальной плоскости встрѣчи. Обыкновенно же вода, заключающаяся въ почвѣ и горныхъ породахъ, движется, вслѣдствіе силы тяжести, въ ту или другую сторону. Это движеніе, хотя и крайне медленное, поддается, однако, или прямому наблюденію, или косвенному, на основаніи геологическихъ изслѣдованій. Последнія съ полной очевидностью указываютъ на то, что почти всѣ породы подвергаются измѣненію подѣ дѣйствіемъ подземныхъ водъ. Почти каждый образчикъ любой горной породы, въ особенности при изслѣдованіи его микроскопомъ, покажетъ явственныя слѣды измѣненій, произведенныхъ движеніемъ подземныхъ водъ. Несомнѣнно морского происхожденія, известняки, напримѣръ, не содержатъ въ своемъ составѣ каменной соли, несмотря на то, что отложеніе ихъ происходило въ морской водѣ. Громадныя толщи ихъ такъ хорошо промыты водою, что совершенно освободились отъ хлористаго натрія. Въ тоже время въ порахъ неплотныхъ известняковъ медленно отлагаются дѣйствіемъ подземныхъ водъ громадныя количества по-

стороннихъ матеріаловъ, пока известняки эти не превратятся въ плотныя и почти водонепроницаемыя породы.

Породы, въ которыхъ происходятъ накопленіе и передвиженіе подземныхъ водъ, носятъ названіе водоносныхъ, и, очевидно, это тѣ-же самыя, что выше назывались водопроницаемыми.

Къ водоноснымъ породамъ мы можемъ причислить: 1) породы рыхлыя, сыпучія (пески); 2) породы пористыя: нѣкоторые песчаники, мѣль, нѣкоторые третичные известняки юга Россіи и пр. и 3) толщи породъ, самихъ по себѣ водонепроницаемыхъ, но скопляющихъ воду въ пронизывающихъ ихъ трещинахъ и щеляхъ. При этомъ надо замѣтить, что въ растрескавшихся полупроницаемыхъ породахъ наибольшее количество подземныхъ водъ заключается не въ трещинахъ и расщелинахъ породъ, но въ мельчайшихъ порахъ и пустотахъ между частицами самыхъ породъ.

Въ зависимости отъ характера водоносной породы не одинаково и движеніе подземныхъ водъ.

При водоносномъ горизонтѣ, образованномъ пескомъ или пористой породой, вода просачивается по всей массѣ породы (фильтруется), подчиняясь законамъ движенія воды въ капиллярныхъ каналахъ, со скоростью весьма незначительной и пропорціональной уклону поверхности воды или напору.

Въ болѣе или менѣе случайныхъ и потому распределенныхъ весьма неравномѣрно трещинахъ и щеляхъ трещиноватой породы, образующей водоносный горизонтъ, скопляющаяся вода направляется по трещинамъ, размѣры которыхъ, не подчиненные какимъ-бы то ни было законамъ, весьма трудно оцѣнить и учесть.

Эти трещины и щели, уподобляясь сѣти водопроводныхъ трубъ, группируются иногда въ одну общую сѣть, а иногда представляютъ рядъ самостоятельныхъ системъ, иногда на столько обширныхъ, что извѣстно существованіе крупныхъ подземныхъ потоковъ, имѣющихъ десятки футовъ мощности и мили ширины.

Въ зависимости отъ характера системъ трещинъ и площади поперечнаго сѣченія пласта, занятой трещинами, скорость движенія воды въ трещиноватыхъ породахъ очень различна

и можетъ достигать весьма значительной величины. Можно указать на то, что при буреніи въ известнякѣ весьма часто буръ встрѣчаетъ обширныя размытыя подземными водами полости («пустоты» подмосковнаго каменноугольнаго известняка, напримѣръ). Полости эти бываютъ порою такъ велики, что иногда цѣлыя, довольно обильныя водою, рѣки скрываются въ трещиноватые известняки на значительной части своего теченія. Однѣ изъ подземныхъ рѣкъ выходятъ на поверхность земли, подобно рѣкѣ Соргъ-Воклюзъ*), другія не появляются на поверхности суши, изливаясь иногда на значительной глубинѣ моря (напр. у мыса Св. Мартина, на глубинѣ 700 метровъ).

Область залеганія подземныхъ водъ, положеніе которыхъ обусловливается положеніемъ водоносныхъ слоевъ, можетъ быть раздѣлена на три зоны по вертикальному направленію:

- 1) ненасыщенную зону;
- 2) поверхностную насыщенную зону и
- 3) глубокія зоны.

Движеніе воды въ ненасыщенной зонѣ направлено сверху внизъ; эта вода питаетъ лежащую подъ нею поверхностную насыщенную зону, во время выпаденія атмосферныхъ осадковъ. Съ другой стороны движеніе воды въ ней направляется и снизу вверхъ, подъ вліяніемъ испаренія и потребностей растеній, всасывающихъ воду въ періоды бездождія.

Поверхностная или верхняя зона подземныхъ водъ простирается отъ уровня грунтовыхъ водъ до перваго водонепроницаемаго пласта, т. е. до естественной границы проникновенія подземныхъ водъ въ глубь.

Глубокія зоны, прикрытыя и сверху, и снизу водонепроницаемыми пластами (чѣмъ онѣ и отличаются отъ зоны верхнихъ грунтовыхъ водъ), расположены ниже перваго водонепроницаемаго слоя. Ихъ встрѣчается иногда нѣсколько.

Въ этомъ отношеніи интересный примѣръ представляетъ районъ г. Фюрстенфельда (о которомъ говорилось выше, см.

*) Р. Сорга (Sorgue) при Авиньонѣ (Южная Франція) даетъ въ весенніе мѣсяцы 30 — 60, лѣтомъ и осенью 8 — 10 кубическихъ метровъ воды въ секунду.

черт. 21) въ Штейермаркѣ, гдѣ среди водонепроницаемой мощной глинистой породы до 100 метр. толщиною, залегаетъ нѣсколько слоевъ наноснаго песка, различной мощности: отъ 2 сант. до 20 сант., питающихъ колодцы разнообразной глубины.

Глубокіе водные горизонты отличаются отъ горизонтовъ верхнихъ грунтовыхъ водъ, слѣдующими признаками:

1) Верхнія грунтовые воды имѣютъ свободную, ничѣмъ неограниченную верхнюю поверхность (уровень грунтовыхъ водъ) и водонепроницаемое ложе. Глубокіе горизонты прикрыты и сверху и снизу водонепроницаемыми пластами, своею формою опредѣляющими поверхность воды.

2) Областью питанія грунтовыхъ водъ служить обычно небольшая площадь или рѣчная долина. Область питанія глубокихъ водоносныхъ горизонтовъ обыкновенно очень велика, завися отъ геологическихъ условій и не завися отъ рельефа поверхности.

Геологическое строеніе часто является настолько рѣшающимъ факторомъ поверхностнаго дренажа, что вода въ глубокихъ водоносныхъ горизонтахъ течетъ иногда въ направленіи обратномъ теченію поверхностныхъ потоковъ.

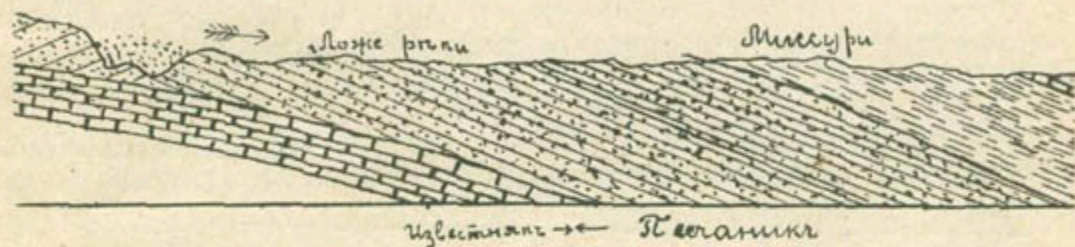
3) Грунтовые воды зависятъ отъ атмосферныхъ осадковъ данной мѣстности, тогда какъ глубокіе горизонты получаютъ воду изъ сравнительно отдаленныхъ мѣстностей. Здѣсь умѣстно упомянуть, что атмосферные осадки находятъ себѣ путь въ глубокіе горизонты, какъ непосредственно черезъ инфильтрацію въ выходящія на поверхность верхнія части пластовъ водопроницаемыхъ породъ, такъ и косвенно, черезъ просачиваніе изъ потоковъ и рѣкъ, прорѣзавшихъ себѣ долину въ водопроницаемыхъ породахъ. Черт. 22.

При нѣкоторыхъ условіяхъ это просачиваніе со временемъ можетъ прекратиться. Во многихъ случаяхъ отлагающійся на днѣ рѣки иль можетъ образовать столь водонепроницаемую толщу, что на значительныхъ пространствахъ обмѣнъ подземныхъ и рѣчныхъ водъ можетъ совершаться лишь въ крайне ничтожныхъ размѣрахъ.

Часто замѣчался фактъ неодинаковаго стоянія уровня воды въ рѣкѣ и въ скважинѣ, устроенной у самой рѣки, который и

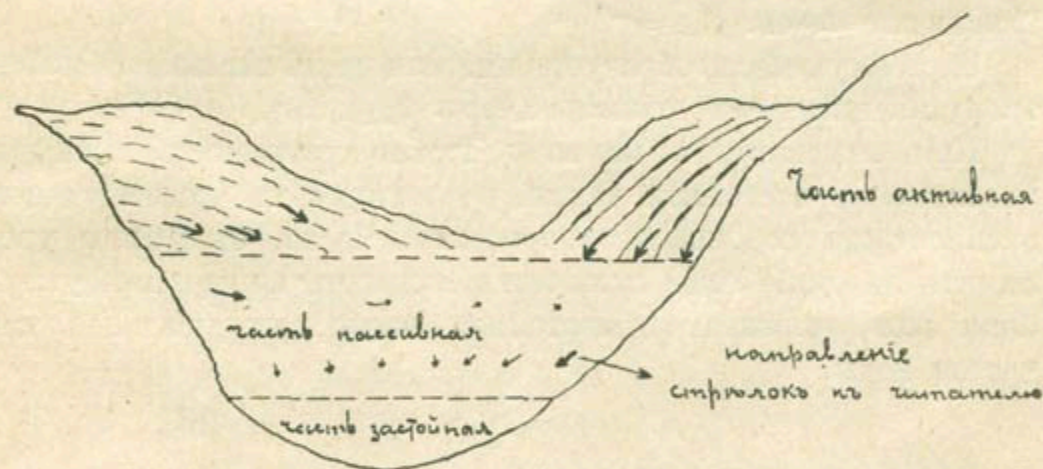
можно только объяснить существованіемъ раздѣляющаго водопорнаго слоя.

4) Въ химическомъ составѣ грунтовыхъ водъ и водъ глубокихъ горизонтовъ наблюдается значительная разница. Можно сказать, что обычно грунтовые воды менѣе минерализованы, чѣмъ воды глубокихъ горизонтовъ, но въ сухихъ мѣстностяхъ часто бываетъ наоборотъ. Углекислые соли наи-



Черт. 22. Разрѣзъ мѣстности вдоль рѣки Миссури (близъ Great Falls) изъ котораго видно что р. Миссури въ своемъ теченіи встрѣчаетъ область залеганія песчаника, въ которомъ она, какъ предполагаютъ, теряетъ значительныя количества воды.

званы, чѣмъ воды глубокихъ горизонтовъ, но въ сухихъ мѣстностяхъ часто бываетъ наоборотъ. Углекислые соли наи-

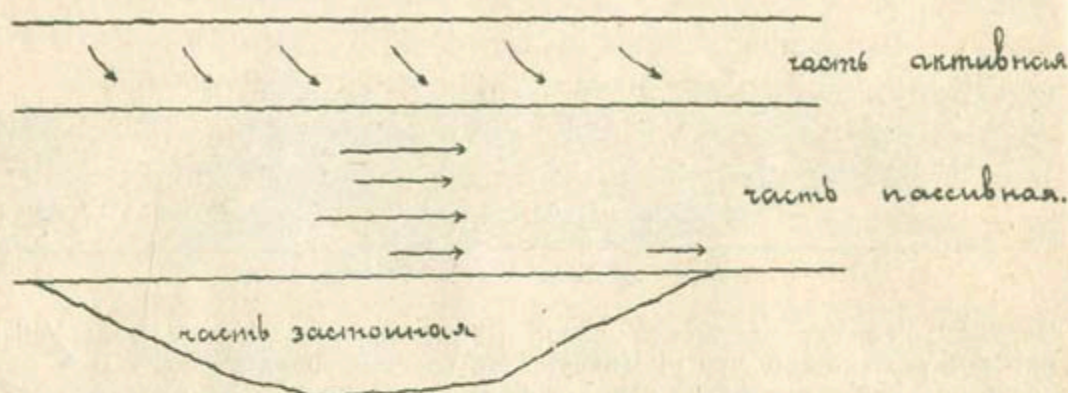


Черт. 23. Поперечный разрѣзъ верхняго водоноснаго горизонта съ показаніемъ застойной, активной и пассивной частей горизонта.

болѣе часто встрѣчаются въ грунтовыхъ водахъ. Глубокія воды обычно характеризуются болѣе значительными количествами хлористыхъ солей. Воды грунтовые содержатъ растворенный кислородъ, совершенно отсутствующій въ водахъ глубокихъ горизонтовъ.

Въ системѣ напластованій, образующихъ верхній водоносный горизонтъ, слѣдуетъ различать три части: активную, пассивную и застойную.

Активная часть (выше горизонтальной плоскости, проведенной черезъ нижнюю точку дренажа) даетъ движеніе (на-



Черт. 24. Продольный разрѣзъ верхняго водоноснаго горизонта съ указаніемъ направленія движенія воды въ активной и пассивной частяхъ горизонта.

поръ), подъ вліяніемъ котораго приводится въ движеніе и пассивная часть.

Застойную часть образуетъ нижняя часть пассивной, не затронутая вліяніемъ дренажа (черт. 23 и 24).

При изысканіяхъ на воду важно установить границы пассивной и застойной частей въ интересахъ послѣдующей эксплуатаціи водоноснаго горизонта. Часто, съ цѣлью увеличить въ сухіе годы количество воды въ колодцахъ, углубляя ихъ, достигаютъ застойной части, ухудшающей качество воды.

Скорость теченія подземныхъ водъ и способы ея опредѣленія.

Для оцѣнки качества воды, даваемой источникомъ, мало знать ея составъ, выясняемый анализомъ, мало знать мѣсто-рожденіе источника, выясняемое геологическими изысканіями. Необходимо прослѣдить, такъ сказать, жизнь источника, всѣ его связи съ нѣдрами земли, необходимо уловить и оцѣнить связь его съ поверхностными и атмосферными водами, съ

источниками загрязненія и прослѣдить тѣ невѣдомые пути, по которымъ происходитъ фильтрація и распространеніе водъ. Все это необходимо учитывать вмѣстѣ съ величиною скорости распространенія водъ, играющей большую роль въ оцѣнкѣ производительности источника. Эта скорость зависитъ отъ многихъ весьма важныхъ причинъ, а именно: отъ средняго уклона водоноснаго слоя, отъ мощности, ширины и состава его; отъ величины пустотъ фильтрующихъ породъ, такъ какъ водопроводящая способность у породъ съ крупными пустотами гораздо выше, чѣмъ у породъ съ пустотами незначительныхъ размѣровъ; отъ пористости породы, такъ какъ при одинаковыхъ условіяхъ вода движется гораздо быстрее по породѣ, отличающейся большею пористостью, отъ крупности зеренъ матеріала, слагающаго породу.

Скорость движенія воды въ песчаномъ и пористомъ грунтѣ приблизительно пропорціональна уклону; при движеніи воды по трещинистымъ породамъ, подобному движенію по трубамъ и каналамъ, скорость движенія пропорціональна не уклону, а корню квадратному уклона.

Скорость движенія воды въ водоносномъ грунтѣ, сравнительно, напримѣръ, со скоростью стока по поверхности земли, очень незначительна и по Дарси, Гагену и др., въ песчаномъ и мелкогравелистомъ грунтѣ приблизительно пропорціональна квадрату діаметра зеренъ. При уклонѣ—0,0019 вода въ грунтѣ проходитъ въ теченіе года слѣдующіе пути: (Краснопольскій):

Мелкій песокъ —0,2 m/m. діам. 53 фѳут.

Крупный песокъ—0,8 m/m » 845 »

Средній песокъ—0,4 m/m. » 216 »

Мелкій гравій —2 m/m. » 5386 »

При уклонѣ въ 0,001 и скважности грунта въ 25% по объему скорость грунтовой воды въ сутки слѣдующая:

Средній песокъ съ діаметромъ частицъ 0,5 m/m. 0,109 саж.

Мелкій песокъ, діам. 0,25 m/m. 0,0237 саж.

Мелкій глинистый песокъ 0,00675 с. *).

*) Подробнѣе съ этимъ вопросомъ можно ознакомиться въ книгѣ: Спарро—Дубахъ. Осушеніе болотъ открытыми канавами. Москва. 1912.

Практически скорость движенія находится путемъ непосредственныхъ наблюдений, замѣчая время, необходимое для прохожденія какой-либо примѣси къ водѣ отъ одной буровой скважины или колодца къ другимъ, при чемъ эта примѣсь должна легко опредѣляться по цвѣту или чувствительной реакціи.

Для этого опредѣленія въ разное время были предложены цѣлый рядъ веществъ, которыя можно разбить на слѣдующія четыре группы:

1) вещества растворимыя въ водѣ, присутствіе которыхъ въ послѣдней опредѣляется химическими или физическими способами: хлористый натрій, хлористый кальцій, хлористый аммоній, азотно-кислый калий, соли литія и желѣза.

2) Вещества, растворяемые въ водѣ и сообщающія ей окраску: марганцово-кислый калий, краски (расположенные въ рядъ по силѣ интенсивности и постоянства): флуоресцинъ, vert malaquite, bleu métylène, violet de Paris, шафранъ, фуксинъ, конго, ураминъ.

3) Вещества, взвѣшенные въ водѣ и открываемыя помощью микроскопа: крахмалъ, мука, дрожжи.

Примѣчаніе. Разведенныя въ водѣ дрожжи вливаются въ источникъ, струйками воды увлекаются въ другой, имѣющій сообщеніе съ первымъ. Конечно, это можетъ имѣть мѣсто только тогда, когда поры породы будутъ большихъ размѣровъ, чѣмъ клѣточки дрожжей. Спустя нѣкоторое время въ изслѣдуемомъ пунктѣ берутся пробы воды, дѣлается разводка дрожжей въ бульонъ, содержащемъ сахаръ. При возникновеніи спиртового броженія мы имѣемъ доказательство сообщенія источниковъ, проверяемое микроскопическимъ анализомъ.

4) Культура бактерій, присутствіе которыхъ опредѣляется способами бактериологическаго анализа: *Bacillus prodigiosus*, *B. subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Mycoderma cerevisiae aceti*.

Главныя требованія, которыя необходимо предъявлять при выборѣ веществъ, служащихъ «индикаторами движенія» сводятся къ слѣдующему:

1) Они должны входить въ водоносный пластъ и двигаться въ немъ съ тою же скоростью, съ которою движется и вода;

2) они должны быть легко и быстро обнаруживаемы въ образцахъ воды;

3) они не должны разлагаться или вообще приходить во взаимодействіе съ тѣми веществами, которыя содержатся въ водѣ или въ водоносномъ пластѣ.

Trillat, изслѣдовавшій проницаемость красокъ въ почву, нашелъ, что вышеупомянутыя краски, измельченныя предварительно въ порошокъ, видимы были въ дистиллированной водѣ въ растворѣ отъ 1 : 1.000.000 до 1 : 5.000.000.

Въ водѣ, содержащей известь, окраска держалась хорошо при жесткости 15^0 , при жесткости 40^0 , фуксинъ, *vert malaquite* и *violet de Paris* совершенно обезцвѣчивались, другія же краски частью теряли интенсивность окраски. При пропускании растворовъ черезъ слои различныхъ земель, толщиною въ 30 сант. оказалось, что песокъ мало обезцвѣчиваетъ, известковые грунты совершенно обезцвѣчиваютъ растворы въ 1 : 1.000.000, глинистые же занимаютъ среднее мѣсто. Въ торфяникахъ всѣ краски исчезали. Самымъ устойчивымъ, а потому и наиболѣе распространеннымъ веществомъ для данной цѣли оказался флуоресцеинъ, опыты съ которымъ производились въ большомъ масштабѣ и приводили къ весьма важнымъ результатамъ.

Копъ установилъ при помощи флуоресцеина соединеніе между бассейномъ Рейна и частью водъ Дуная, скрывающихся при Зигмарингенѣ въ трещинѣ Юрскихъ известняковъ. Опыты съ флуоресцеиномъ примѣнялись также при изысканіяхъ ключевой воды для водоснабженія Петербурга, при чемъ скорость движенія воды въ трещиноватыхъ глинистыхъ известнякахъ оказалась равною 21—26 метровъ въ часъ. Особенно большого масштаба опыты производились во Франціи, при чемъ изслѣдованіями была опредѣлена скорость движенія подземныхъ водъ отъ 6 до 1000 метровъ въ часъ. Насколько интенсивна травяно-зеленая окраска воды, въ которой растворенъ флуоресцеинъ, видно изъ того, что глазомъ можно было открыть эту окраску въ водѣ р. Сены, когда одна

вѣс. часть флуоресцеина была растворена въ 200.000,000 частяхъ воды, а при помощи особаго прибора—флуороскопа—при растворѣ 1 : 2,000,000,000 (одной двухъ милліардной).

Слѣдуетъ замѣтить, что нѣкоторые изъ продажныхъ сортовъ флуоресцина совершенно не годны для опытовъ, и что лучший сортъ имѣетъ видъ аморфной массы, коричнево-краснаго цвѣта.

Изъ другихъ веществъ, при веденіи сколько-нибудь значительныхъ наблюденій, должно быть отдано предпочтеніе нашатырю. Употребленіе его, при электрическомъ способѣ Шлихтера, даетъ хорошіе результаты, особенно при изслѣдованіи теченія грунтовыхъ водъ подъ рѣчными руслами.

Мы опишемъ методъ опредѣленія скорости движенія подземныхъ водъ при помощи флуоресцеина, предложенный французскимъ ученымъ Феликсомъ Марбутеномъ и методъ электролитическій англійскаго ученаго Шлихтера (Charles S. Slichter'a). Методъ Марбутена былъ впервые примѣненъ въ замѣчательныхъ изслѣдованіяхъ водъ, питающихъ Парижъ.

Методъ Марбутена.

Онъ распадается на двѣ части:

1) Вводятъ окрашивающее вещество въ избранныя точки поверхности водоноснаго слоя и наблюдаютъ за появленіемъ окрашиванія во всѣхъ источникахъ намѣченнаго района, или же, вводя краску въ самый источникъ, ищутъ ея появленія въ другихъ источникахъ. Наблюдая время, втеченіе котораго распространяется окрашиваніе, возможно построить изохроматическія кривыя, указывающія какъ направленіе фильтраціи, такъ и скорость ея распространенія.

Беря вмѣсто окрашивающаго вещества извѣстныя органическія клѣтки, какъ, напримѣръ, пивныя дрожжи, продолжая аналогичные опыты, получаемъ возможность судить объ очищающемъ и фильтрующемъ дѣйствіи почвы.

1) Вливаніе флуоресцеина должно продолжаться нѣсколь-

ко часовъ, а количество его должно находиться въ зависимости отъ мощности подземныхъ водъ и района испытаній.

2) При введеніи красящаго вещества вливаютъ въ приемникъ нѣкоторое количество воды для полученія напора, достаточнаго для вызыванія проникновенія флуоресцеина въ изслѣдуемый водоносный слой.

Опыты, производившіеся раньше, требовали большого количества флуоресцеина и представляли громадное затрудненіе, производя видимое на глазъ окрашиваніе воды въ источникахъ, вызывавшее естественный ропотъ и негодованіе населенія. Путемъ опыта можно достигнуть употребленія такого количества флуоресцеина, которое какъ разъ достаточно для обнаруживанія окрашиванія воды только флуороскопомъ и совершенно не замѣчается населеніемъ. Усовершенствованный Марбутеномъ флуороскопъ обнаруживаетъ флуоресцинъ въ растворѣ 1 : 10,000,000,000 (одной десяти-милліардной). Флуороскопъ Марбутена состоитъ изъ 12 установленныхъ въ рамѣ хрустальныхъ, возможной бѣлизны и чистоты, трубокъ одной и той же отливки, высотой 95 сантиметровъ, діаметра 16—17 мм., закрытыхъ снизу каучуковыми пробками, натертыми порошкообразнымъ графитомъ. Употребленіе каучуковыхъ, натертыхъ порошкообразнымъ графитомъ, пробокъ, замѣнившихъ обыкновенныя пробки, покрытыя чернымъ лакомъ и есть усовершенствованіе Марбутеномъ флуороскопа Trillat'a, благодаря чему чувствительность прибора увеличилась въ 5 разъ. Наблюдатели у колодцевъ изслѣдуемаго района разливаютъ отбираемая, время отъ времени, пробы воды въ эти трубки и замѣчаютъ время появленія флуоресцирующаго характернаго зеленого окрашиванія, вызываемаго проникновеніемъ флуоресцеина.

Испытаніе должно производиться днемъ, при хорошемъ освѣщеніи, вблизи стѣны или экрана, окрашенныхъ въ бѣлый цвѣтъ. Слѣдуетъ тщательно избѣгать зеленого фона.

Полезно замѣтить, что иногда зеленоватый оттѣнокъ, присущій испытываемой водѣ, можетъ ввести въ заблужденіе неопытнаго наблюдателя. Во избѣжаніе этого, весьма полезно заготовить заранее въ другомъ приборѣ растворы испытываемой

мыхъ образцовъ воды съ флуоресценномъ, для того, чтобы имѣть передъ глазами шкалу послѣдовательныхъ окрашиваній. При разстояніяхъ между изслѣдуемыми источниками до 5 километровъ Марбутеномъ бралось отъ 300 до 700 граммовъ флуоресцеина, причемъ, конечно, въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ количество его зависело, какъ отъ мощности подземнаго бассейна, такъ и отъ скорости существовавшего въ немъ теченія.

Способъ Шлихтера.

Онъ основанъ на повышеніи электропроводности воды, вслѣдствіе прибавленія къ ней электролита. Электролиты должны обладать слѣдующими свойствами: 1) должны легко растворяться въ водѣ, 2) не должны вступать въ химическую реакцію ни съ веществами, содержащимися въ растворенномъ видѣ въ водѣ, ни съ веществами, слагающими водоносный пластъ, 3) должны обладать малымъ коэффициентомъ диффузіи, 4) должны обладать высокою электропроводностью и 5) стоимость ихъ должна быть невысока. Изъ многочисленныхъ, испробованныхъ Шлихтеромъ для этой цѣли солей, хлористый аммоній (нашатырь) далъ наилучшіе результаты. При употребленіи его получается достаточнаго напряженія токъ уже при незначительномъ числѣ сухихъ элементовъ.

Производство опредѣленія скорости по способу Шлихтера.

Обсадныя съ продыравленными стѣнками трубы двухъ буровыхъ скважинъ соединяются обыкновеннымъ проводникомъ съ полюсами небольшой гальванической батареи, причемъ въ цѣпь вводятъ амперметръ. Отъ проводника, идущаго отъ верхней скважины, дѣлаютъ отвлѣтвленіе, къ которому присоединяютъ латунный стержень, опускаемый въ воду нижней скважины, и тщательно изолированный каучуковыми кольцами отъ непосредственнаго соприкосновенія со

стѣнками трубы скважины. Въ воду верхней скважины вводятъ нашатырь, по мѣрѣ распространенія его по грунтовой водѣ будетъ постепенно увеличиваться электропроводимость грунтовой воды и амперметръ будетъ давать постепенно увеличивающіяся показанія. Въ тотъ моментъ, когда нашатырь дойдетъ до нижней скважины и, слѣдовательно, находящаяся въ трубѣ послѣдней вода станетъ хорошимъ проводникомъ электричества, амперметръ, рѣзкимъ отклоненіемъ стрѣлки, сразу покажетъ быстрое возрастаніе силы тока.

При способѣ Шлихтера не только избѣгается кропотливое производство химическихъ анализовъ, требующее соотвѣтствующей обстановки, но и съ самаго начала опыта выясняется дѣйствительное движеніе подземной воды, что невозможно при примѣненіи другихъ способовъ.

Источники.

Геологическое строеніе мѣстности, какъ уже неоднократно объ этомъ упоминалось, опредѣляетъ какъ характеръ циркуляціи подземныхъ водъ, такъ и условія выхода этихъ водъ на поверхность земли. Потокъ подземной воды, выходящій на поверхность земли при естественныхъ условіяхъ, безъ участія человѣка, называется источникомъ (ключемъ, родникомъ); искусственно же открытые источники носятъ названіе колодцевъ.

Смотря по мощности водоносныхъ слоевъ и уклону ихъ, подземная вода выходитъ на поверхность однимъ или нѣсколькими ключами; при незначительной же мощности, или извѣстныхъ геологическихъ условіяхъ происходитъ не образованіе ключа, а только увлажненіе почвы (сырость, потныя мѣста), часто ограничивающееся небольшимъ пространствомъ. Такое увлажненіе почвы имѣетъ иногда постоянный характеръ, иногда же исчезаетъ во время засухъ.

Мѣста выхода источниковъ на поверхность земли не остаются постоянными. Съ теченіемъ времени положеніе ихъ можетъ значительно измѣниться. Это объясняется какъ подземною работою протекающей воды, влекущей за собою измѣне-

нія русла, такъ и тѣмъ, что приносимыя водою минеральныя соли отчасти выдѣляются при выходѣ ея на поверхность.

Выходящіе на земную поверхность на различной высотѣ по склонамъ горъ, долинъ или овраговъ, а иногда изливающиеся въ равнинахъ, озерахъ, болотахъ и даже на днѣ морей, источники отличаются безконечнымъ разнообразіемъ, въ зависимости отъ геологическаго строенія мѣстности. Безъ преувеличенія можно сказать, что каждая мѣстность имѣетъ свои особые типы источниковъ.

Однако, несмотря на все это разнообразіе, можно раздѣлить источники на двѣ группы, согласно характера выхода ихъ на земную поверхность:—на источники нисходящіе и источники восходящіе.

Нисходящіе источники.

Отличающіеся большимъ распространеніемъ и залегающіе среди пластовыхъ породъ, нисходящіе источники представляютъ собою выходъ подземныхъ водъ по уклону водо-

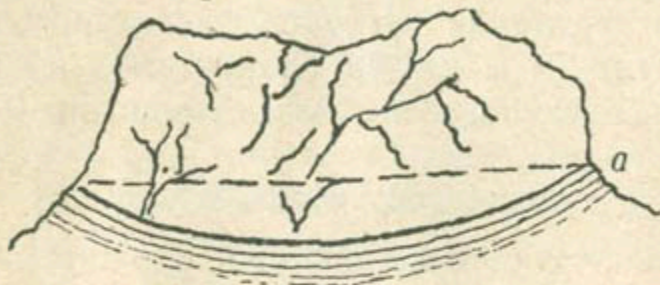


Черт. 25. Выходъ нисходящаго источника по уклону водонепроницаемаго слоя.

непроницаемаго ложа въ мѣстахъ обнаженія водоносныхъ слоевъ и вытекаютъ изъ породы спокойно, съ небольшимъ напоромъ или вовсе безъ него (черт. 25).

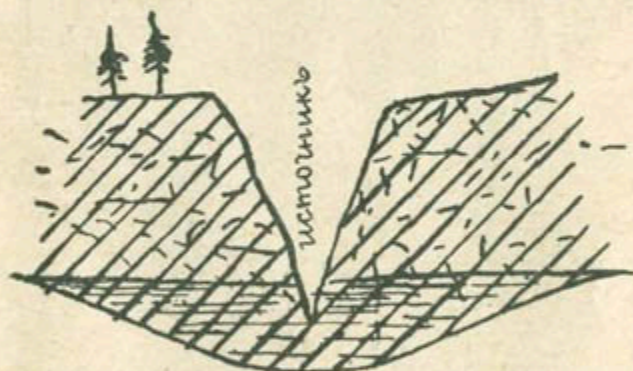
На высокихъ плоскогоріяхъ изъ горизонтальныхъ пластовъ безъ мощныхъ слоевъ наноса, нисходящихъ источниковъ почти совсѣмъ не бываетъ. Рѣдки они и въ верхнихъ горизонтахъ мѣстности, проницаемой для воды. Они часто

встрѣчаются по склонамъ долинъ и овраговъ и сравнительно рѣдко на пологихъ склонахъ какихъ-либо возвышенностей, въ рѣчныхъ долинъ. Въ послѣднемъ случаѣ выходы эти обозначаются нѣкоторымъ заболачиваніемъ и особою пышною растительностью съ преобладаніемъ осокъ, ситовниковъ, хво-



Черт. 26. Котловинный или переливающийся источникъ;
a—выходъ источника.

щей. Эта растительность, рѣзко выдѣляющаяся среди выжженной поверхности земли во второй половинѣ лѣта, служить для практиковъ надежнымъ признакомъ для отысканія грунтовыхъ источниковъ. Источники нисходящіе представляютъ собою часто сливные ключи верхнихъ частей грунтового потока, идущаго водоноснымъ слоемъ ниже выходя-



Черт. 27. Щелевой или переливающийся источникъ (Zapf—oder Talquelle).

щихъ на поверхность земли ключей. Таково, напримѣръ, истеканіе ключей при изогнутомъ, въ видѣ мульды или котловины, водонепроницаемомъ ложѣ по окраинамъ его, дающее такого рода ключамъ названіе котловинныхъ или переливающихъ (черт. 26).

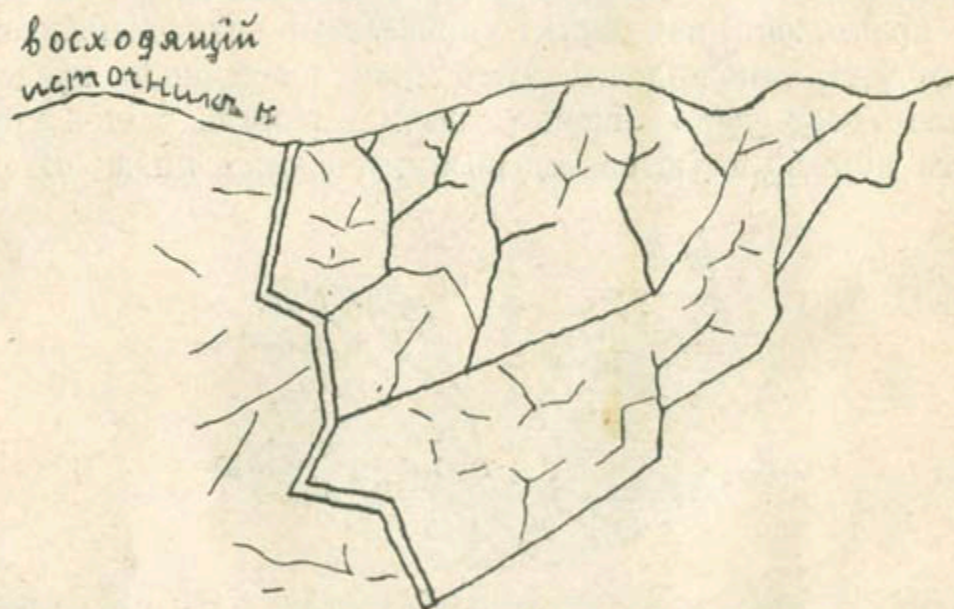
Если источники выходятъ по трещинѣ или щели, разсѣкающей водоносныя породы, то они называются трещинными или щелевыми (черт. 27).

Въ большинствѣ случаевъ нисходящіе источники предетавляютъ собою цѣлый рядъ мелкихъ струекъ, соотвѣтствующихъ простиранію обнаженія водоноснаго слоя. При неровности водонепроницаемаго ложа, или неравномѣрности состава водоносной породы, источники выступаютъ въ видѣ сильныхъ обособленныхъ струй или потоковъ, иногда разбивающихся на мелкія струи. Когда наносы прикрываютъ мѣста выхода источниковъ, послѣдніе носятъ названіе источниковъ осыпей.

Восходящіе источники.

Восходящіе источники встрѣчаются сравнительно рѣдко, образуются искусственно и въ естественномъ видѣ свойственны преимущественно массивнымъ, но трещиноватымъ породамъ, напримѣръ, порфирамъ и др.

Вода, циркулирующая по многочисленнымъ трещинамъ



Черт. 28. Естественный восходящій источникъ, встрѣчающійся преимущественно въ массивныхъ, но трещиноватыхъ породахъ.

этихъ породъ собирается въ одной главной, изъ устья которой вытекаетъ на поверхность въ видѣ бьющаго или восходящаго источника, но лишь въ томъ случаѣ, когда устье ея будетъ лежать ниже входовъ атмосферныхъ водъ (черт. 28).

Нѣкоторые изъ восходящихъ источниковъ поднимаются подъ вліяніемъ напора выделяющихся газовъ или паровъ

воды, дѣйствующихъ или постоянно, или только временами, производя періодическія изверженія. Такіе источники называются гейзерами. Нѣчто среднее между восходящими и нисходящими источниками представляютъ собою источники перемежающіеся (черт. 29). Дѣйствіе ихъ основано на свойствѣ сифона. Источникъ дѣйствуетъ, когда уровень воды въ пещерѣ *a* выше точки загиба *b*, и изсякаетъ, когда уровень воды станетъ ниже этой точки.

Въ осадочныхъ, пластовыхъ породахъ восходящіе источники въ естественномъ видѣ встрѣчаются рѣдко, появляясь изъ трещинъ различныхъ породъ, изъ трещинъ сбросовъ



Черт. 29. Перемежающійся источникъ, функціонированіе котораго находится въ зависимости отъ уровня воды въ пещерѣ *a*.

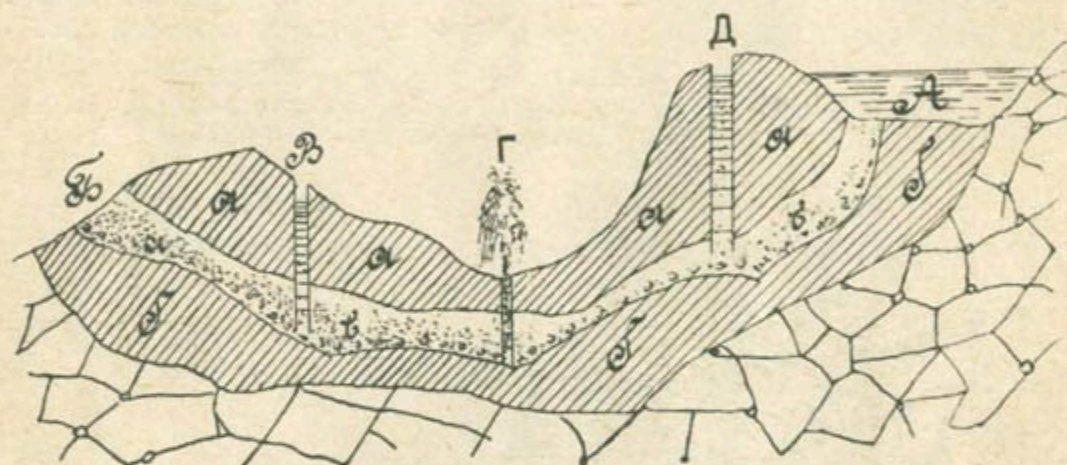
или въ мѣстахъ соприкосновенія пластовыхъ породъ съ массивными; искусственные же встрѣчаются чаще, чѣмъ въ породахъ массивныхъ. Эти искусственные восходящіе источники называются артезианскими колодцами, по имени французской провинціи Артуа, гдѣ они устраивались еще въ XII вѣкѣ. Первый артезианскій колодезь былъ вырытъ въ 1126 г. Китайцы нѣсколько тысячъ лѣтъ тому назадъ устраивали при помощи простаго канатнаго буренія очень глубокіе артезианскіе колодцы. Артезианскіе колодцы извѣстны были и древнимъ египтянамъ.

Основные условия, от которых зависят образование артезианскаго бассейна таковы:

1) Необходима наличность водопроницаемаго пласта, допускающаго проникновение и циркулирование воды по нему.

2) Водопроницаемый пластъ долженъ подстилаться водонепроницаемымъ, чтобы не было стока воды внизъ.

3) Водопроницаемый пластъ долженъ быть покрытъ сверху водонепроницаемымъ, такъ какъ при невыполненіи этого условія, вода, находящаяся подъ напоромъ, можетъ уходить вверхъ, иными словами необходимо, чтобы водопроницаемый пластъ лежалъ между двумя водонепроницаемыми.



Черт. 30. Артезианскій фонтанирующій колодезь (Г.); а и б—водонепроницаемыя породы; в—водопроницаемая порода, Д—колодезь обыкновенный, уровень воды въ немъ одинаковъ съ уровнемъ питающаго колодцы водоема, колодезь В—артезианскій нефонтанирующій; Б—выходъ переливающегося источника.

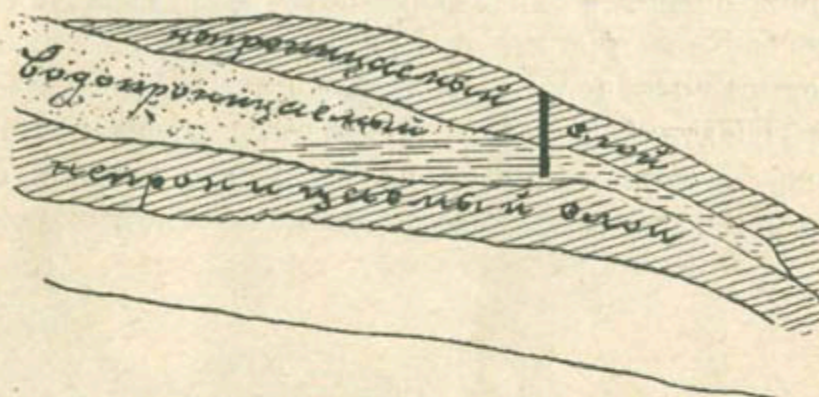
4) Входъ атмосферныхъ водъ въ свиту пластовъ долженъ быть выше устьевъ скважинъ.

5) Необходимо надлежащее расположеніе выходовъ водопроницаемаго пласта, для достаточнаго его питанія, достаточное количество осадковъ для питанія водоноснаго слоя и отсутствіе какихъ бы то ни было (свободныхъ) выходовъ для водъ, находящихся на болѣе низкомъ уровнѣ, чѣмъ устья скважинъ (черт. 30).

При такихъ условіяхъ восходящій, часто фонтанирующій источникъ, открывается всякою буровою скважиною, проведенною въ пониженныхъ частяхъ муьды до водоноснаго

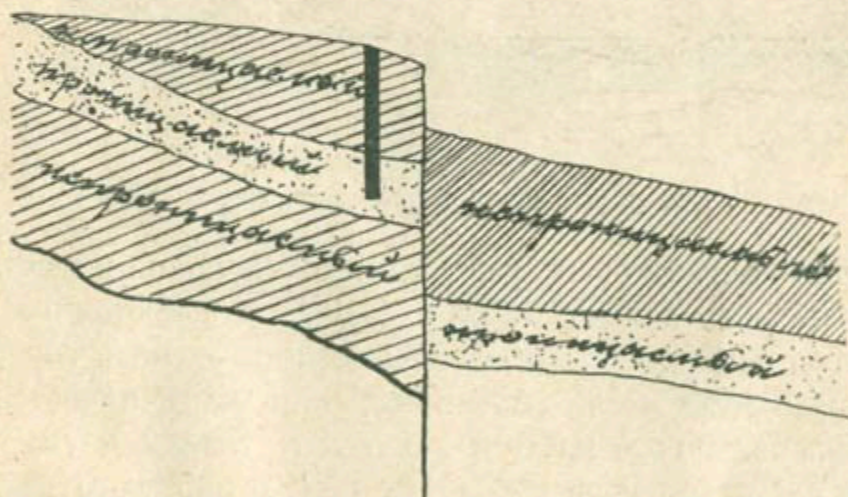
горизонта. Съ послѣднимъ скважина составляетъ два сообщающихся сосуда, въ которыхъ вода стремится стать на одномъ и томъ же уровнѣ.

Открытый буровою скважиною искусственный источникъ



Черт. 31. Артезианскій колодезь, питаемый водоносною породою, выклинивающеюся между двумя водонепроницаемыми породами.

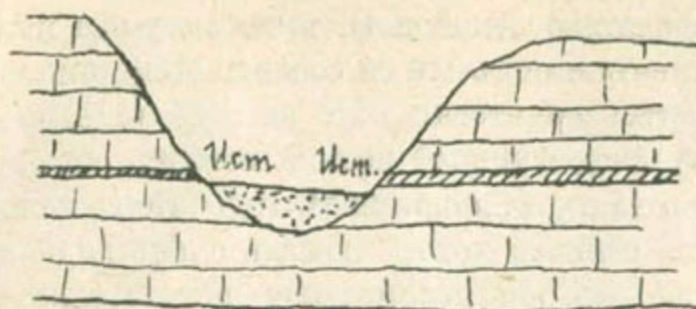
называется артезианскимъ колодцемъ, и мы видимъ, что онъ соотвѣтствуетъ восходящимъ естественнымъ источникамъ,



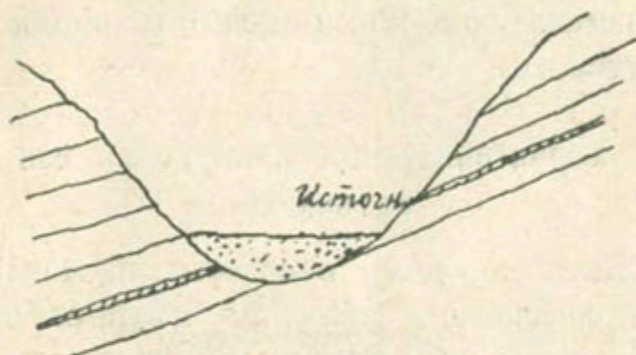
Черт. 32. Артезианскій колодезь, питаемый водоносною породою, выходъ воды изъ которой закрытъ сбросомъ.

въ то время, какъ простые колодцы соотвѣтствуютъ нисходящимъ.

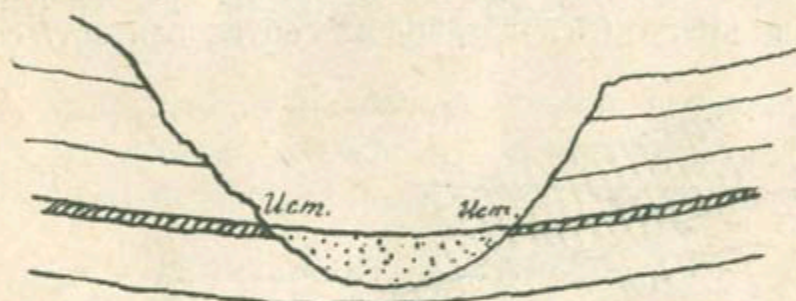
Пологопадающіе водопроницаемые пласты, выклинивающіеся на известной глубинѣ, или закрытые тамъ сбросомъ, оказываются нерѣдко заключенными между породами водонепроницаемыми (черт. 31 и 32). Порода насыщается атмо-



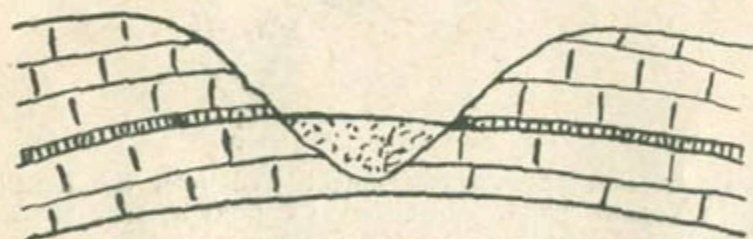
Черт. 34.



Черт. 35.



Черт. 36.



Черт. 37

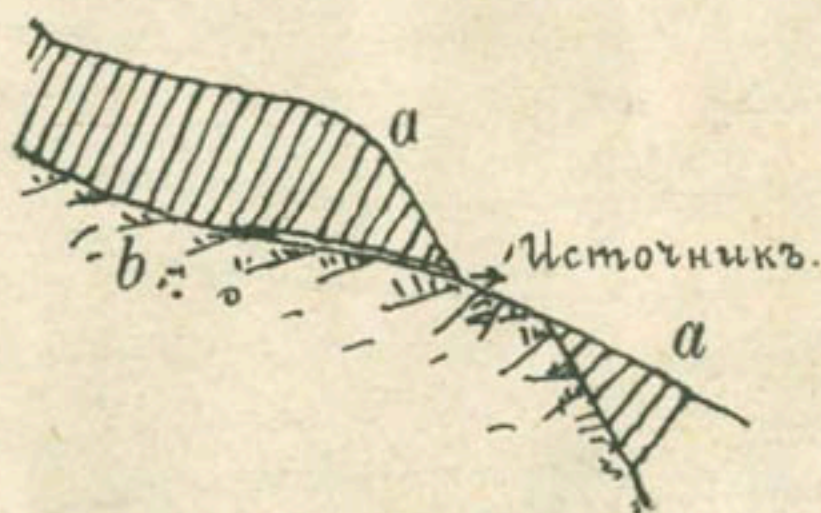


Черт. 38.

до устья трубчатого колодца В, такъ какъ она не находится подъ давлѣніемъ, и подъемъ ея совершается помощью насоса. Такъ какъ здѣсь грунтовая вода лежитъ подъ поверхностью земли на глубинѣ, большей восьми метровъ, то всасывающій насосъ непригоденъ, становится въ трубчатомъ колодцѣ штанговый насосъ, если не хотятъ дѣлать очень глубокую шахту и ставить на днѣ ея всасывающе-нагнетательный насосъ. Въ Б мы имѣемъ дѣло съ трещиннымъ источникомъ, въ Г съ переливающимся.

Признаки, характеризующіе присутствіе или отсутствіе источниковъ.

Въ слоистыхъ породахъ плоскости наслоненій и легко-проницаемыя образованія являются мѣстами для удобнаго проникновенія воды изъ толщи пластовъ на поверхность земли. То или другое расположеніе ихъ обуславливаетъ самый



Черт. 39. Пластовой источникъ (Schicht- Erd- oder Rasenquelle).

Вода проникаетъ черезъ водопроницаемую породу *a*, стекаетъ по уклону водонепроницаемой породы *b* и даетъ начало источнику при выходѣ водонепроницаемой породы на поверхность земли, вслѣдствіе сдвига водопроницаемой породы.

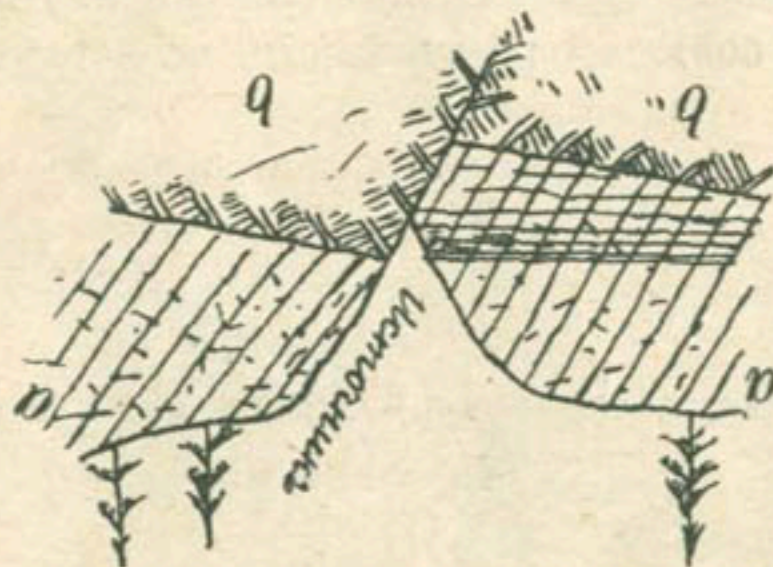
фактъ существованія ключей, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ примѣровъ.

1) Въ долинахъ, прорѣзывающихъ слоистыя породы, возможны четыре случая:

а) долина прорѣзывается въ горизонтальныхъ пластахъ (черт. 34). Если система пластовъ заключаетъ и непроницаемыя породы, то надъ ними возможно ожидать выхода многочисленныхъ источниковъ.

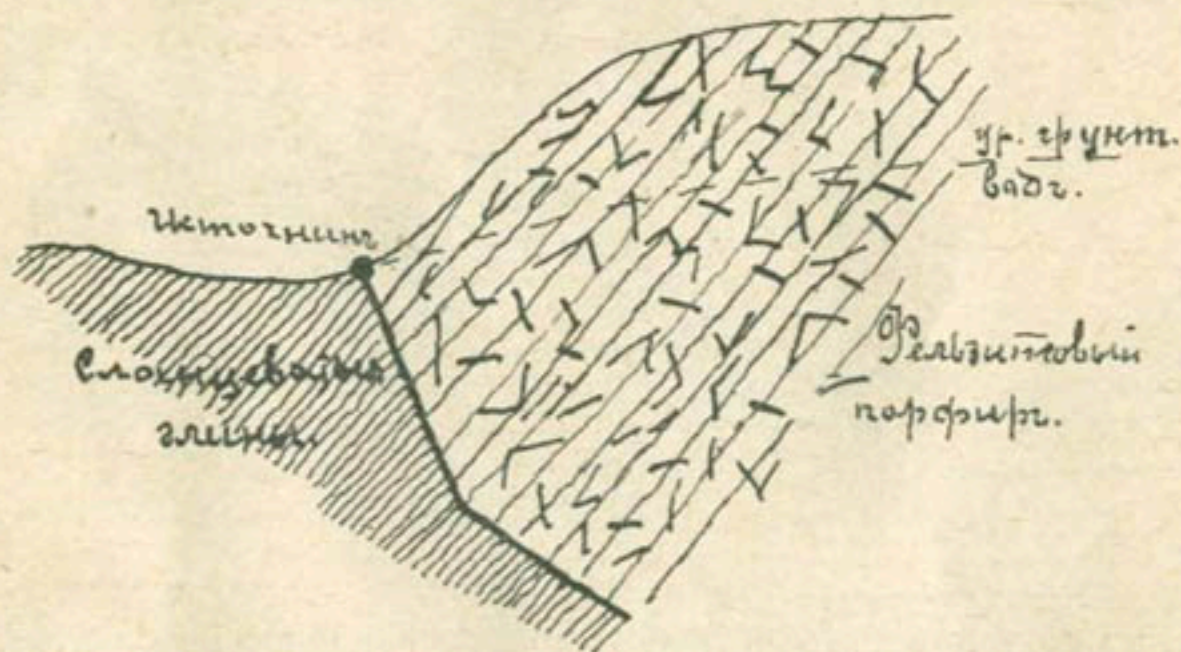
б) Долина прорѣзана въ наклоненныхъ въ одну сторону пластахъ (черт. 35).

Одна сторона совершенно лишена источниковъ; другая,



Черт 40 Сбросовый источникъ (Spalt, Klutt- oder Verwerfungsquelle); а—водопроницаемая порода, б—водонепроницаемая порода. Водонесная порода въ нижнемъ концѣ своемъ закрыта водонепроницаемою породою б, вслѣдствіе происшедшаго взброса.

въ сторону которой наклонены пласты, можетъ быть богата ключами, особенно при слабомъ уклонѣ слоевъ, облегчающемъ проникновеніе воды въ породы.



Черт. 41. Переливающийся источникъ на границѣ между трещиноватыми изверженными породами и малопроницаемыми породами.

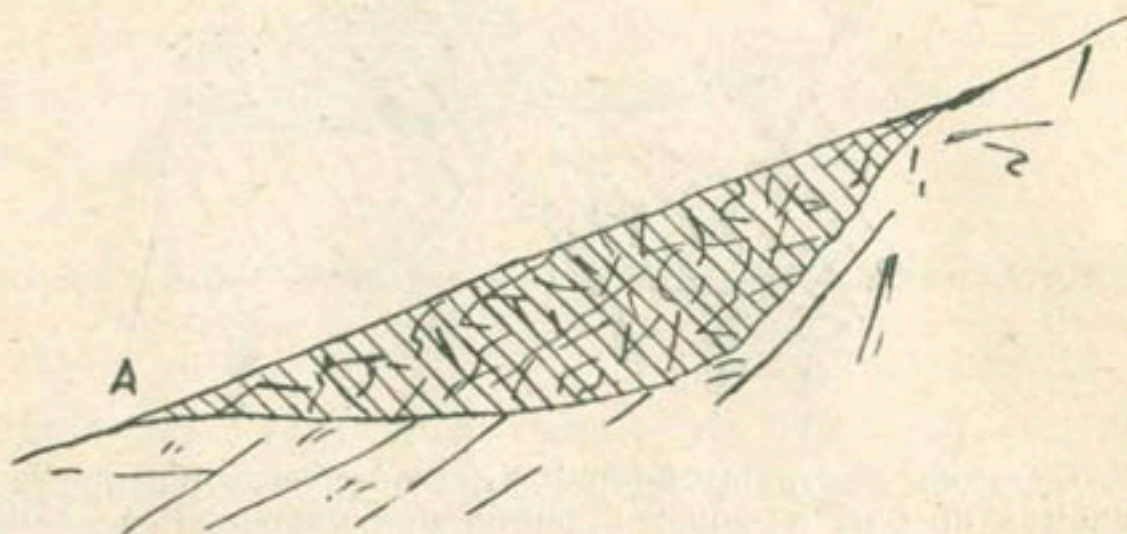
в) Долина прорѣзываетъ мульдѣ (синклиналичная долина) (черт. 36).

Оба склона долины представляютъ благопріятныя условія для выхода источниковъ.

(Черт. 37).

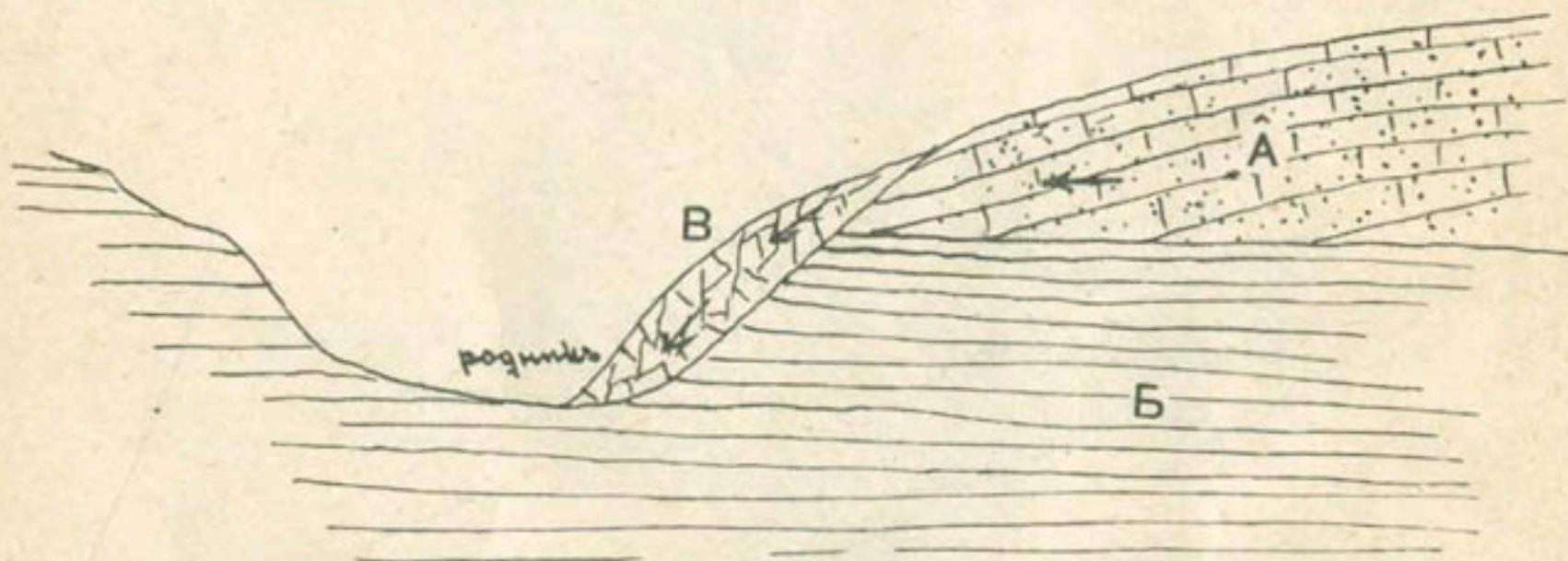
г) Долина прорѣзываетъ сѣдло (антиклинальная долина) (черт. 37).

Надежда на выходъ источниковъ слаба. Въ такой долине можно, самое большее, рассчитывать на встрѣчу небольшихъ



Черт. 42. Источникъ А истекаетъ изъ-подъ обломковъ породы, лежащихъ на малопроницаемой той же, но неразрушенной породѣ, или изъ-подъ трещиноватой породы, лежащей на другой непроницаемой.

количество почвенной воды, скопившейся между обломками породъ, наполняющими дно долины.



Черт. 43. Источникъ подъ ополземъ водопроницаемой породы, лежащимъ на водонепроницаемой породѣ. А—водоносный пластъ, Б—плотная каменная постель, В—оползень.

2) Растрескавшіяся или проницаемыя породы окружены покровомъ непроницаемыхъ или малопроницаемыхъ породъ. (черт. 38).

При извѣстной мощности своей, покровъ можетъ задержать

въ проницаемой породѣ массы подземной воды. Последняя въ такихъ случаяхъ можетъ выйти въ мѣстахъ (напр. А, черт. 38), гдѣ, вслѣдствіе вывѣтриванія или размыванія,

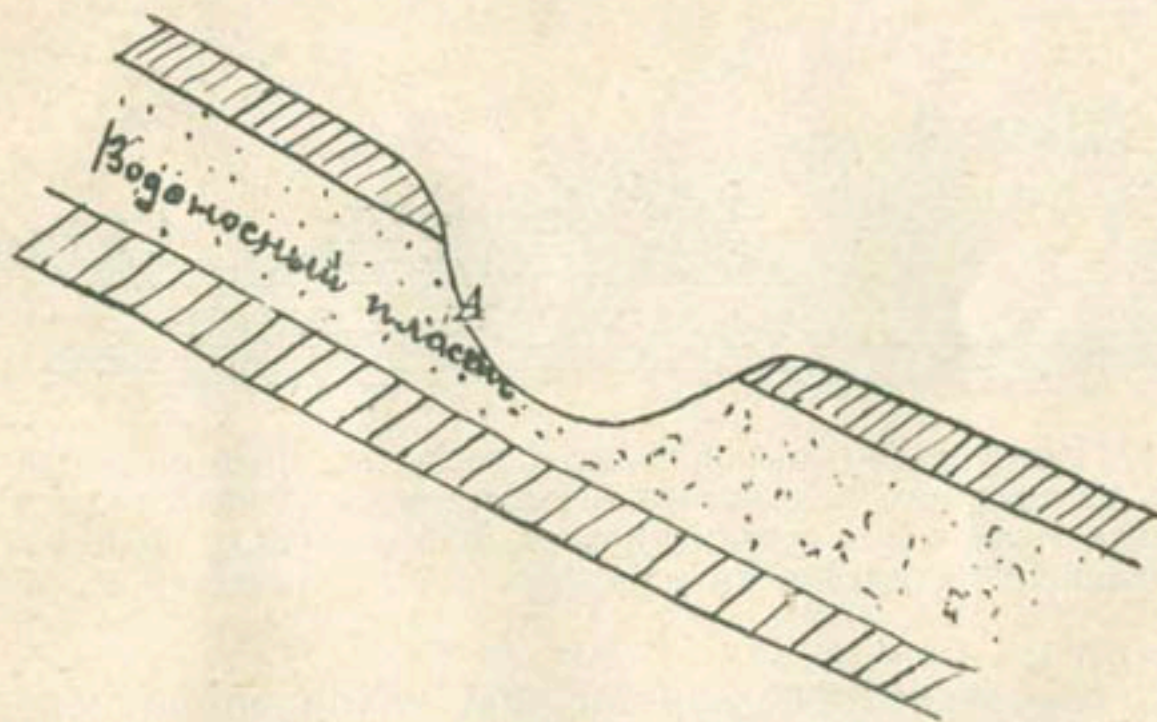


Черт. 44. Источникъ воды, содержащей углекислую известь и соли закиси желѣза, выходитъ у нижняго края туфовыхъ отложеній, образовавшихся отъ осаждевія выдѣляющихся изъ воды химическихъ соединений.

непроницаемый слой или совершенно устранился, или сдѣлался болѣе проницаемымъ.

3) Въ слоистыхъ породахъ происходили значительныя перемѣщенія отдѣльных частей: сбросы (черт. 39 и 40).

Сбросовыя трещины въ большинствѣ случаевъ содержатъ большія массы воды, особенно если трещина отрѣзала водопроницаемыя породы отъ водонепроницаемыхъ.



Черт. 45. Источникъ водоноснаго пласта, пересѣченнаго долиною подл угломъ къ направленію паденія пласта. А—выходъ источника.

4) Сильно потрескавшіяся и потому водопроницаемыя образованія изверженныхъ породъ граничатъ съ малопроницае-

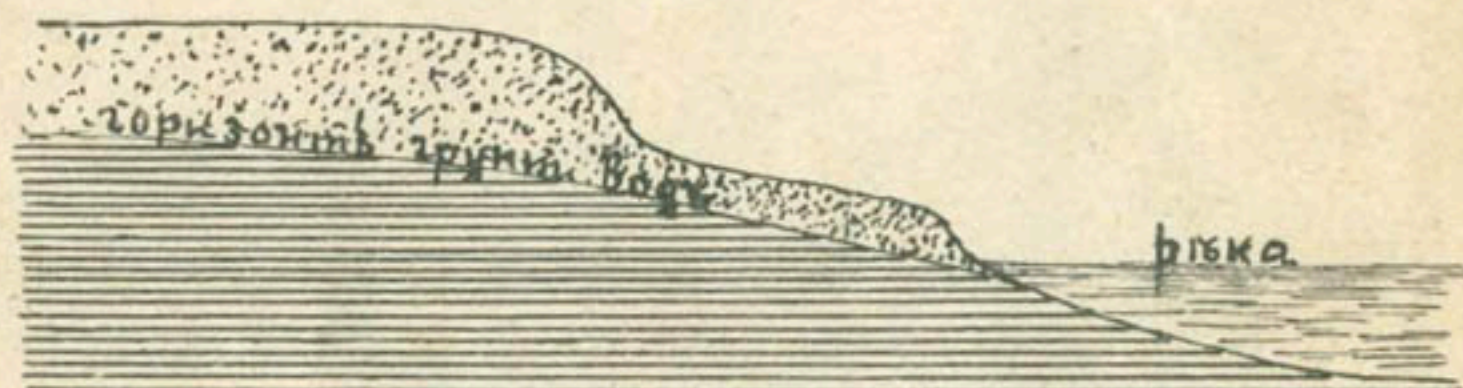
мыми слоистыми породами, напр., съ глинистымъ сланцемъ (черт. 41).

Сланцеватая глина сильно противодѣйствуютъ движенію воды и вызываютъ образованіе переливающихся источниковъ.



Черт. 46. Источникъ на подошвѣ склона съ террасами въ мѣстѣ касанія *a*—горизонта грунтовыхъ водъ съ поверхностью земли, *b*—мѣсто касанія на берегу рѣки.

5) Плотная малопроницаемая порода покрыта большими массами обломковъ ея, пропускающими воду или рыхлая и изобилующая трещинами порода лежитъ на другой малопроницаемой породѣ (черт. 42).



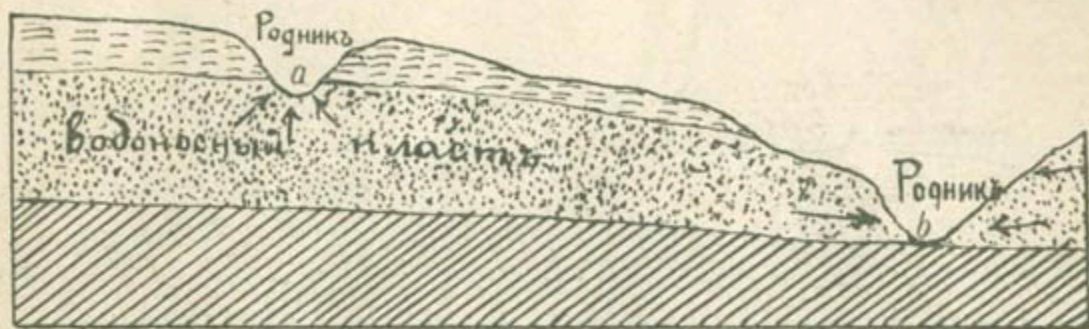
Черт. 47. Разрѣзъ водоносной породы подъ склономъ съ террасами въ случаѣ маловоднаго подземнаго теченія, когда не происходитъ касанія горизонта грунтовыхъ водъ съ поверхностью земли, и вода безъ образованія источниковъ на террасахъ прямо вливается въ рѣку.

На поверхности неразрушенной малопроницаемой породы образуется скопленіе подпочвенной воды, почему и можно надѣяться найти источникъ на границѣ между обломками невывѣтрившейся породы.

6) Въ случаѣ оползня или обвала (черт. 43) родникъ выходитъ ниже постели водопроницаемаго слоя подъ ополз-

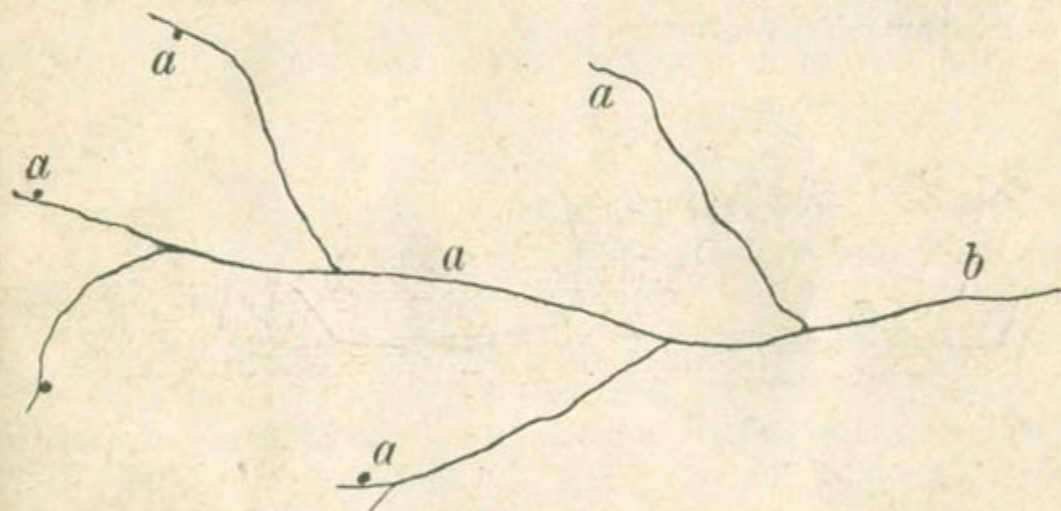
немъ, а его дѣйствительный выходъ находится выше, на границѣ пластовъ.

7) На склонахъ замѣчаются пористые, ячеистые, отвердѣвшіе на воздухѣ известняки, извѣстные подъ названіемъ



Черт. 48. Источники верхней и нижней воды одного и того-же водоноснаго слоя: *a*—родникъ верхней воды, *b*—родникъ нижней воды.

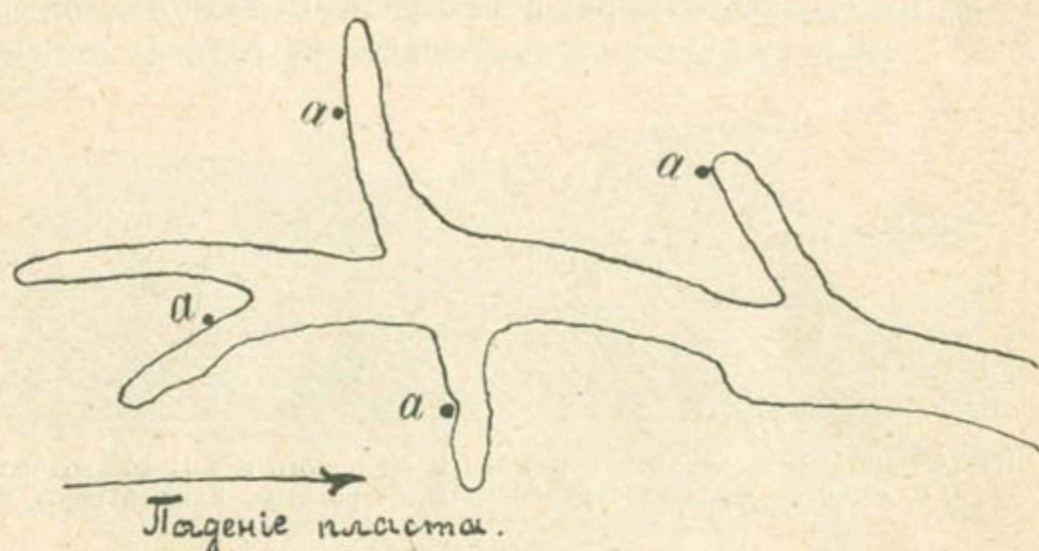
известковыхъ туфовъ (черт. 44). Тамъ, гдѣ эта порода встрѣчается, есть увѣренность въ присутствіи или выходящихъ на земную поверхность, или находящихся на незначительной глубинѣ источниковъ, вода которыхъ содержитъ углекислую



Черт. 49. Выходы родниковъ въ оврагѣ, прорѣзывающемъ водоносный слой: *a*—родники въ отрогахъ оврага съ верхней водой, *b*—родникъ въ главномъ оврагѣ съ нижней водой.

известъ и соли закиси желѣза. Вода эта въ соприкосновеніи съ воздухомъ, теряетъ часть растворенной въ ней углекислоты и, вмѣстѣ съ тѣмъ, способность удерживать въ растворѣ вышеупомянутыя соли.

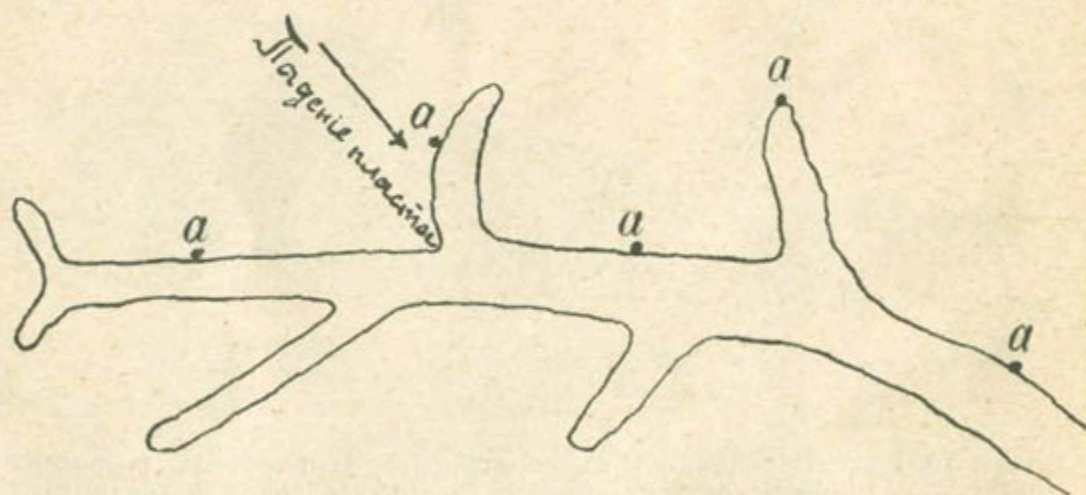
Если распространение туфа замѣчается на одной сторонѣ склона долины, то выходы источниковъ легко замѣтить у



Черт. 50. Выходы источниковъ въ отрогахъ оврага, направленіе котораго совпадаетъ съ направленіемъ паденія водоноснаго слоя; *a*—родники.

нижняго края туфовыхъ отложеній или въ прорытыхъ въ туфѣ руслахъ.

При выходѣ источниковъ съ обоихъ склоновъ долины отло-



Черт. 51. Выходы источниковъ въ отрогахъ оврага, направленіе котораго не совпадаетъ съ направленіемъ паденія водоноснаго слоя; *a*—родники.

женія туфа могутъ такъ разростись, что заполнять средину долины пластомъ съ горизонтальнымъ покрытіемъ. Въ такомъ случаѣ, сдѣлавъ соответствующую скважину, можно найти сильный источникъ во днѣ долины.

8) Долина врѣзывается въ наклонную возвышенность перпендикулярно къ направленію ея паденія (черт. 45).

Очевидно, что источники скорѣе всего можно встрѣтить у склона А.

9) Въ широкой долині имѣется двѣ или болѣе лежащихъ одна надъ другой террасы, сложенныхъ изъ водопроницаемыхъ слоевъ. Послѣдніе являются носителями подземныхъ водъ, изливающихся въ рѣку, какъ въ свой естественный пріемникъ (черт. 46).

Если горизонтъ грунтовыхъ водъ касается гдѣ-нибудь поверхности земли (это происходитъ обыкновенно у подошвы склона при переходѣ отъ одной террасы къ другой), то въ мѣстѣ касанія появляются источники. Они постоянны, если уровень грунтовыхъ водъ не понижается, и перемежаются при повышеніяхъ или пониженіяхъ этого уровня. Эти источники служатъ причиною заболачиванія у склона, и, при многоводности, могутъ углубить свое русло до уровня грунтовыхъ водъ.

При маловодныхъ подземныхъ водахъ не происходитъ касанія и воды проникаютъ въ рѣку въ видѣ подземныхъ притоковъ рѣки (черт. 47).

10) Водоносный слой обнажается въ двухъ мѣстахъ, одно изъ которыхъ лежитъ на склонѣ, а другое у подошвы склона. Родники, соотвѣтствующіе верхнему обнаженію, называются родниками верхней воды, а соотвѣтствующіе нижнему — родниками нижней воды (черт. 48).

Въ верхнихъ частяхъ оврага, прорѣзывающаго водоносный слой (вдоль паденія), могутъ выходить родники верхней воды, а въ нижнихъ частяхъ, гдѣ оврагъ прорѣзываетъ пластъ до непроницаемой постели, выходятъ родники нижней воды (черт. 49).

11) Оврагъ совпадаетъ съ направленіемъ паденія водоноснаго пласта и имѣетъ отроги (черт. 50).

Родники лежатъ по обѣ стороны главнаго русла и находятся на сторонѣ вышележащаго берега отроговъ.

12) Оврагъ не совпадаетъ съ направленіемъ паденія водоноснаго пласта (черт. 51).

Выходы родниковъ располагаются исключительно всѣ

подъ однимъ берегомъ и могутъ быть лишь въ тѣхъ отрогахъ, которые прорѣзываютъ именно этотъ берегъ.

Больше всего шансовъ найти въ значительномъ количествѣ почвенную воду представляютъ ровныя долины современныхъ водоемовъ и обширныя аллювіальныя низменности. Количество находимой воды тѣмъ значительнѣе, чѣмъ ближе подходимъ къ открытому водотеку или къ самой низкой части долины или низменности.

Изученіе и отыскиваніе подземныхъ водъ.

Правила отыскиванія существующихъ въ данной мѣстности подземныхъ водъ вытекаютъ сами собою изъ изученія вышеприведенныхъ признаковъ присутствія или отсутствія источниковъ, представляющихъ въ большинствѣ случаевъ выдѣленія поверхностныхъ частей слоя подземныхъ водъ, пересѣкающаго земную поверхность. Такимъ образомъ, всегда можно увѣренно производить развѣдочныя на воду буренія и шурфованія въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ внѣшніе признаки заставляютъ ожидать появленія источниковъ при отсутствіи ихъ.

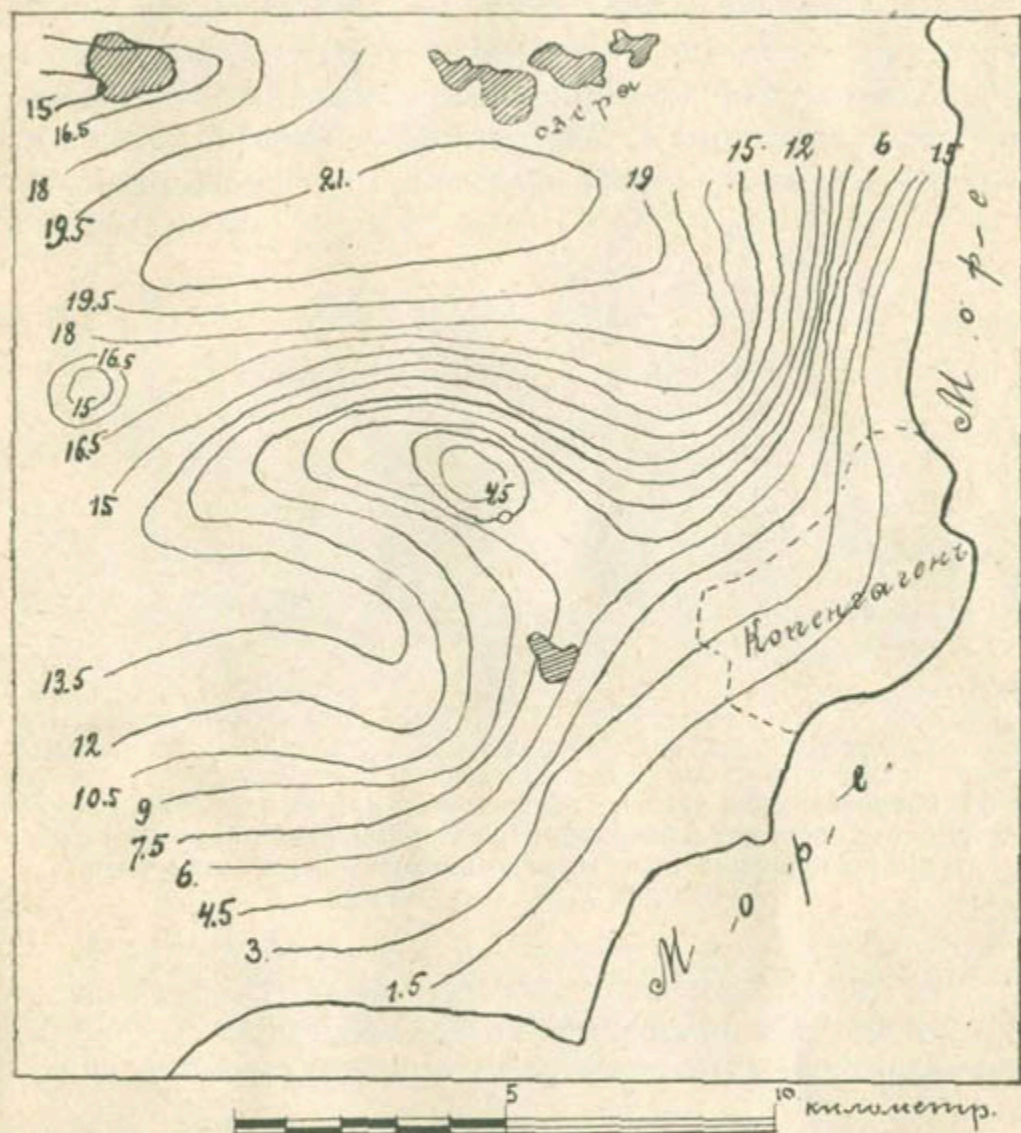
Подготовительныя работы при изысканіяхъ и опредѣленіяхъ грунтовой воды въ соответствующихъ водоносныхъ слояхъ состоятъ въ слѣдующемъ:

- 1) въ составленіи плана отмѣтокъ горизонта грунтовыхъ водъ и правильныхъ наблюденіяхъ за ними,
- 2) въ общемъ систематическомъ изслѣдованіи подпочвы,
- 3) въ устройствѣ и наблюденіи за пробнымъ колодцемъ или скважиной.

Работа 1-я даетъ намъ общую картину теченія, находящейся наиболѣе близко къ земной поверхности грунтовой воды. Изслѣдованіе 2-е, помощію буренія и ряда наблюденій, показываютъ намъ, существуютъ ли на болѣе или менѣе значительной глубинѣ какія-либо другія движенія воды, отличныя отъ замѣчаемыхъ вблизи земной поверхности, а также указываетъ намъ и на измѣненіе матеріала водоноснаго слоя и другія особенности. Изслѣдованія 3-и, главнымъ образомъ, даютъ намъ понятія о постоянствѣ, качествѣ и температурѣ

имѣющейся въ распоряженіи воды и, произведенныя правильно, они удостовѣряютъ вѣроятность постояннаго полученія въ данномъ мѣстѣ требуемаго количества воды.

При изученіи условій залеганія подземныхъ водъ необхо-



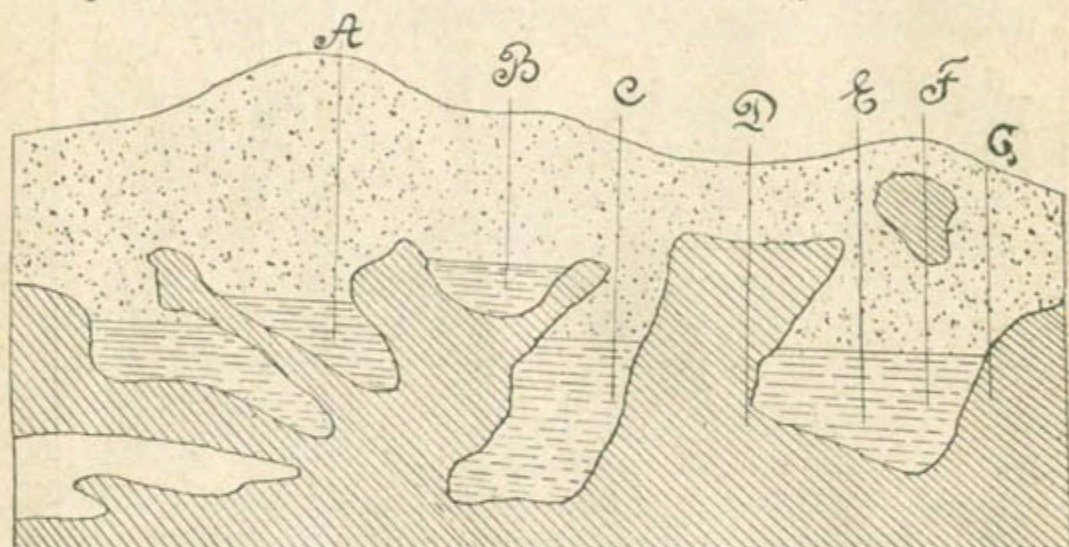
Черт. 52. Графическое изображеніе (въ горизонталяхъ) высоты подпочвенныхъ водъ. Кривыя линіи соединяютъ мѣста съ одинаковой высотой уровня подпочвенныхъ водъ надъ уровнемъ моря.

димо тщательное собраніе всѣхъ данныхъ, относящихся къ этому вопросу: геологическое положеніе выходовъ естественныхъ источниковъ, высоту источниковъ, предѣлы колебанія уровня воды въ оврагахъ, колодцахъ, буровыхъ скважинахъ,

прудахъ, озерахъ и рѣкахъ въ возможно болѣе обширномъ районѣ.

Имѣющіеся колодцы много помогаютъ при установленіи характера пройденныхъ породъ и водоноснаго слоя. Опредѣленіе толщины слоя воды, напора ея, притокъ въ 1 часъ, качество воды, нивелировочная связь уровней воды колодцевъ съ уровнями естественныхъ водоемовъ, — суть условія, иногда вполне достаточныя для выясненія положенія подземныхъ водъ, почему колодцы и должны быть тщательно изучены.

При достаточномъ числѣ наблюденій, или при возможности



Черт. 53. Разнообразныя условія, въ которыхъ могутъ находиться недалеко другъ отъ друга расположенныя колодцы, благодаря характеру залеганія водоупорной породы, подстилающей водоносный слой.

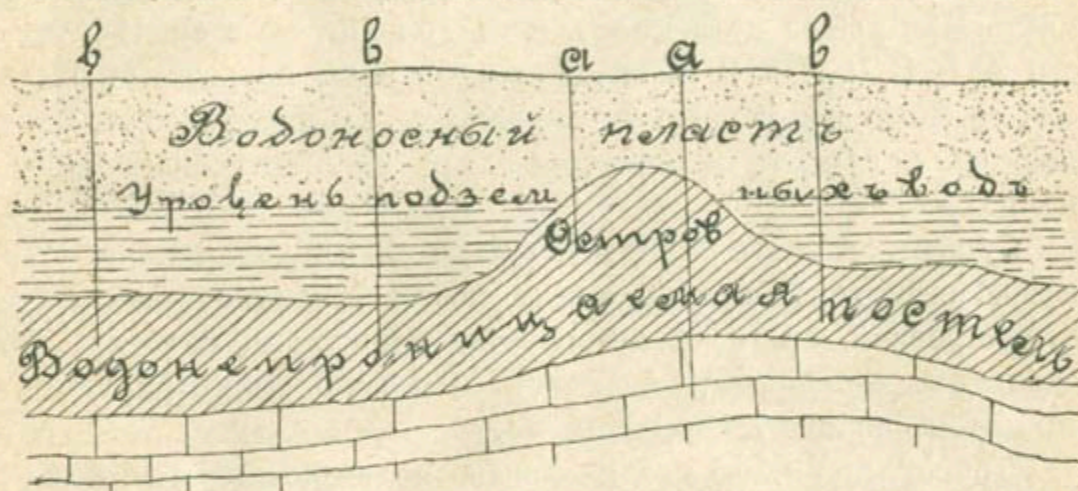
A, B, C, D, E, F, G—колодцы.

систематически изслѣдовать характеръ почвенныхъ водъ помощію ряда планомѣрно заложенныхъ буровыхъ скважинъ можно характеризовать водоносный слой слѣдующимъ образомъ:

а) закрытый или открытый горизонтъ, точки истеченія въ послѣднемъ случаѣ, б) сѣченіе воднаго горизонта по взаимно-перпендикулярнымъ направленіямъ, в) распространеніе (въ планѣ) водоноснаго пласта, форма его и условія залеганія, г) мощность и строеніе водоноснаго слоя, д) притокъ воды изъ водоноснаго слоя въ часъ при данной глубинѣ, е) запасъ воды, ж) качество воды.

Результаты наблюденій можно изобразить графически слѣдующимъ образомъ:

Вычисляютъ для отдѣльныхъ пунктовъ высоту уровня почвенной воды (отнесенную къ уровню воды въ океанѣ), и затѣмъ соединяютъ пункты съ одинаковой вертикальною отмѣткою линіями, причемъ вертикальное разстояніе горизонталей берется одинаковое, напр., 1—5 метровъ. Этотъ планъ въ горизонталяхъ даетъ намъ для данной мѣстности поверхность и степень наклона водоноснаго слоя почвенной воды. Гдѣ кривыя близко подходятъ другъ къ другу, тамъ мы имѣемъ указаніе на прохожденіе значительныхъ массъ воды



Черт. 54. Водонепроницаемая порода образуетъ холмообразное возвышеніе какъ разъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ устроены двѣ скважины *a*. При низкомъ уровнѣ подземныхъ водъ скважины *a*—безводны, скважины *b*—водны.

съ болѣе увеличеннымъ уклономъ и на особенно хорошія условія даннаго пункта для полученія воды. (Черт. 52).

На черт. № 52 данъ примѣръ подобной карты почвенныхъ водъ: она представляетъ собою окрестности г. Копенгагена и даетъ горизонталіи подземныхъ водъ отъ 1,5 до 1,5 метра.

Здѣсь умѣстно замѣтить, что довольно часто замѣчается отсутствіе подземныхъ водъ на очень близкомъ разстояніи отъ прекраснаго колодца. Такое явленіе всегда требуетъ объясненія, совершенно излишняго при стояніи воды сосѣднихъ колодцевъ на одномъ и томъ же уровнѣ. Чаще всего это явленіе объясняется неправильностью напластованій и особенно часто отложеніями глины среди ледниковыхъ наносовъ.

На чертежѣ 53 изображена крайне неправильная поверхность уровня грунтовыхъ водъ въ восточной части Шлезвигъ-Гольштейна. Отъ дѣйствія льда и наносовъ въ ледниковую эпоху поверхность водонепроницаемаго валуннаго мергеля подвергалась такимъ измѣненіямъ, что образовалось значительное количество корытообразныхъ складокъ, занесенныхъ въ послѣдствіи ледниковыми песками.

Въ эти складки или углубленія собираются просачившіеся атмосферные осадки, образуя отдѣльные бассейны, общающіеся лишь при извѣстныхъ условіяхъ скопленія подземныхъ водъ, а именно въ періодѣ высокаго стоянія послѣднихъ. При убыли подземныхъ водъ колодцы въ этой мѣстности А, В, С, D, Е, F, G имѣютъ уровень воды на разныхъ высотахъ. Колодезь D совсѣмъ неудаченъ—не имѣетъ воды, колодезь G получаетъ питаніе только при значительномъ подъемѣ воды.

Существованіемъ такихъ неравностей или холмовидныхъ возвышеній водонепроницаемыхъ постелей можно объяснить существованіе среди цѣлой группы водныхъ пунктовъ нѣсколькихъ безводныхъ скважинъ. Это ясно иллюстрируется вышепомѣщеннымъ чертежемъ 54.

Другую причину неодинаковаго положенія уровня воды въ колодцахъ и различія качествъ водъ служитъ существованіе песчаныхъ руселъ рѣкъ или береговъ исчезнувшихъ озеръ подъ позднѣйшими отложеніями. Въ первомъ случаѣ песчанія отложенія тянутся извилистой полосой иногда на оченъ большія разстоянія, во второмъ изображаютъ собою слегка выгнутую фигуру.

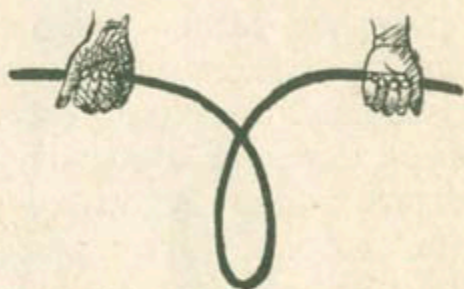
Способъ нахожденія подпочвенныхъ водъ при помощи „водоуказателя“.

Нельзя обойти молчаніемъ способъ нахожденія подпочвенной воды при помощи «водоуказателя» (Wünschelrute), опубликованный въ 1906 г. директоромъ морскихъ гаваней въ г. Килѣ, Г. Франціусомъ. Нельзя потому, что этотъ способъ возбудилъ самыя противоположныя мнѣнія, насмѣшки, а подчасъ и откровенныя признанія, что такого рода «водоискательство» вмѣстѣ съ «указателемъ» есть ни что иное, какъ простое шарлатанство.

Способъ этотъ примѣняется для опредѣленія мѣста нахожденія протоковъ подземныхъ водъ и основанъ на особомъ воздѣйствіи текущей подземной воды перваго горизонта на организацію нѣкоторыхъ людей: «водоискателей» (Rutengaenger). Это воздѣйствіе происходитъ при посредствѣ особаго «указателя».

Послѣдній представляетъ собою проволочную вилку или Y-образную, а также полукругомъ согнутую вѣтку какого нибудь дерева (черт. 55) *).

О размѣрахъ металлическихъ проволочныхъ указателей и вѣтокъ (прутиковъ) дерева можно судить по тому, что они укладываются въ боковой карманъ сюртука.



Черт. 55. Проволочный „указатель“ и способъ держанія его.

Если такой «указатель» держать горизонтально за оба конца «водоискатель» (Rutengaenger), то, по приближеніи послѣдняго къ потоку подземной воды, конецъ «указателя» поднимается и опускается при выходѣ «водоискателя» изъ полосы, занятой протокомъ. Достовернаго объясненія дѣйствія «указателя» еще не найдено, но такъ какъ имъ опредѣляется положеніе лишь текущей, а не находящейся въ покоѣ подземной воды, то предполагаютъ, что при движеніи воды въ нѣдрахъ земли возникаютъ слабые электрическіе токи (электричество тренія), которые передаются черезъ посредство водоискателя «указателю».

«Указатель» приходитъ въ движеніе, если идти противъ теченія воды и остается неподвижнымъ при передвиженіи

*) Франціузъ утверждаетъ, что порода дерева играетъ извѣстную роль и предпочитаетъ имѣть дѣло съ ивою, тѣмъ болѣе, что употребляя ее, почти всегда удается подобрать очень правильную вилку, вѣтви которой будутъ одинаковой толщины, (одно изъ необходимыхъ условій, чтобы «указатель» не сгибался при опытахъ въ одну какую-нибудь сторону).

Г. ф. Усларъ въ качествѣ указателя „ради простоты“ употребляетъ согнутую въ видѣ петли цинковую проволоку, утверждая, что по существу матеріалъ не играетъ ни малѣйшей роли. Каждая вѣтка, имѣющая видъ вилки, независимо отъ породы дерева, служитъ ему въ качествѣ „указателя“ одинаково хорошо.

внизъ по теченію. Опытный «водоискатель» имѣетъ благодаря этому возможность немедленно опредѣлить направленіе теченія воды: для этого ему стоитъ только пройти по кругу, описанному около той точки, гдѣ имъ была найдена вода,—и вопросъ рѣшенъ.

Путемъ навыка и повѣрочныхъ буреній опытный «водоискатель» можетъ опредѣлить и разстояніе протока отъ поверхности земли.

Прутикъ (указатель) держится настолько крѣпко, чтобы повернуть его въ рукахъ можно было бы лишь примѣняя достаточное усиліе. Однако, если вліяніе на нервы «водоискателя» дѣйствующей изъ земли на «указатель» силы недостаточно интенсивно, слабо воспріимчивый человѣкъ, благодаря сильному сжиманію прутика, ошибочно можетъ причислить себя къ лицамъ совершенно непригоднымъ для подобныхъ опытовъ. Прутикъ можно держать въ рукахъ обращенныхъ ладонями къ землѣ, а также въ рукахъ съ ладонями кверху. Послѣдній способъ держанія при достаточно чуткомъ человѣкѣ вызываетъ отскакиваніе указателя вверхъ, подобно пружинѣ. Г. Франціусъ думаетъ, что этотъ пріемъ имѣетъ для неособенно чуткихъ лицъ то преимущество, что при немъ локти «водоискателя» плотно приближаются къ его корпусу, что, по мнѣнію Франціуса, влечетъ за собою болѣе непосредственное вліяніе дѣйствующаго изъ земли возбuditеля нервнаго раздраженія. Такимъ образомъ, мы видимъ, что отыскиваніе этимъ способомъ воды не такъ просто, какъ кажется, такъ какъ только немногіе обладаютъ способностью воспринимать дѣйствіе грунтовыхъ водъ на организмъ человѣка.

Вопросъ объ отыскиваніи воды «указателемъ» естественно можетъ заинтересовать многихъ и потому вполне понятно, что сообщенія объ удачныхъ опытахъ попадаютъ даже въ неспеціальныя органы. Вспомнимъ телеграмму, помѣщенную въ газ. «Новое Время» отъ 7 (20) сентября 1912 г., изъ Старобѣльска объ успѣшныхъ опытахъ гидротехника Отдѣла Земельныхъ улучшеній Горнаго Инженера Георгіева по изслѣдованію съ прутикомъ направленія и глубины залеганія водныхъ протоковъ, давшихъ 97% (?) вѣрныхъ указаній, а также иллюстраціи въ журналѣ «Искры».

Вопросъ этотъ былъ предметомъ обсужденія на засѣданіи въ Императорскомъ Техническомъ Обществѣ (СПБ) 1 ноября 1912 г., при чемъ докладчикомъ инженеромъ А. Н. Ефремовымъ были приведены примѣры успѣшнаго примѣненія указателя на практикѣ за послѣдніе годы за границею и въ Россіи.

Какъ на Западѣ, такъ отчасти у насъ методъ «безошибочнаго» нахожденія подземной воды при помощи указателя создалъ самую беззаастѣнчивую эксплоатацію доверчивыхъ людей, нуждающихся въ водѣ и лишенныхъ возможности производить дорогія предварительныя изысканія. Появились въ продажѣ куски самой обыкновенной стальной проволоки, согнутые въ видѣ петли, иногда вдѣланные въ деревянные ручки, цѣною чуть ни въ 10 рублей, соотвѣтственныя наставленія, какъ пользоваться такими указателями, конечно безъ упоминанія, что всякій ивовый прутикъ съ такимъ же успѣхомъ могъ быть примѣненъ для той же цѣли.

Многочисленные примѣры, приводимые сторонниками водоисканія при помощи указателя и практиковъ, спеціально (за очень высокую плату, судя по проспектамъ Инженера Путей Сообщенія А. Л. Монвижъ-Монтвида), занимающихся этимъ дѣломъ, не даютъ однако возможности высказаться сколько-нибудь опредѣленно о рациональности широкаго примѣненія такого способа на практикѣ, благодаря его обоснованію исключительно на индивидуальныхъ свойствахъ наблюдателя.

По этой причинѣ изслѣдованіе при помощи буренія есть самое вѣрное, хотя и дорогое, разрѣшеніе вопроса о водоснабженіи *).

*) Желаящимъ подробнѣе ознакомиться съ вопросомъ о способахъ нахожденія воды при помощи указателя, авторъ можетъ указать на брошюру: Г. Франціусъ, „Способъ нахожденія подпочвенной воды.“ Переводъ Петрункевича, цѣна 60 коп.,—рекламныя брошюры и проспекты инженера Путей Сообщенія Монвижъ-Монтвида. Стенографическій отчетъ засѣданія Императорскаго Техническаго Общества по поводу доклада А. Н. Ефремова помѣщенъ полностью на страницахъ издаваемого Обществомъ журнала „Желѣзнодорожное дѣло“ 1913 г. №№ 3—4 подъ заглавіемъ „Указатель воды“ и его примѣненіе къ отысканію источниковъ подземныхъ водъ“. Въ этихъ же №№ имѣется описаніе электромагнитнаго водоискателя Мансфильда въ Ливерпуль. Въ № 2 того же журнала имѣется статья „Водоисканіе или искусство нахожденія источ-

Въ заключеніе нужно упомянуть объ автоматическомъ указателѣ подземныхъ водъ, о которомъ мы находимъ нѣсколько строкъ въ книжкѣ: К. Opitz. Brunnenhygiene. Berlin, 1910. «Подъ этимъ названіемъ извѣстенъ очень чувствительный аппаратъ, который указываетъ на существованіе дѣйствующихъ на «указатель» электрическихъ токовъ безъ посредства «водоискателя». Такіе аппараты изготовляются Адольфомъ Шмидтъ въ Бернѣ (Adolf Schmidt in Bern, Murtenstrasse). О ихъ пригодности авторъ (К. Opitz) еще не можетъ ничего сказать».

Свойства воды, опредѣляющія ея пригодность.

Воды, встрѣчающіяся въ природѣ, обладаютъ очень различнымъ составомъ и, слѣдовательно, опредѣленіе свойствъ, которыми должна обладать вода, годная для того или другого употребленія, является вопросомъ первой важности.

Пригодность или непригодность воды для нуждъ населенія опредѣляется большимъ или меньшимъ присутствіемъ въ водѣ газовъ, частью механически взвѣшенныхъ, частью растворенныхъ, частицъ минераловъ и органическихъ веществъ.

1) Подъ чистою водою разумѣется вода, не содержащая веществъ органическаго происхожденія и продукта распада ихъ.

2) Загрязненной водою считается вода, заключающая въ себѣ вещества органическаго происхожденія и продукты распада ихъ.

3) Минерализованною водою называется вода, заключающая въ растворенномъ видѣ значительное количество солей, что выражается большимъ количествомъ плотнаго осадка при выпариваніи, большой жесткостью, вкусомъ и способностью воды производить послабляющее дѣйствіе.

Изъ различныхъ свойствъ воды вытекаетъ различіе при-

никовъ подземныхъ водъ „(пер. съ франц.), въ которой интересующійся этимъ вопросомъ найдетъ простой способъ (съ часовой цѣпочкой) выясненія, обладаетъ ли онъ даромъ водоисканія. Инженеръ Георгіевъ указываетъ, что „указатель“ изъ никеля цѣною съ наложеннымъ платжемъ въ 2 рубля можно купить у Торг. Дома Бр. Петрокино, Одесса, соб. д.

годности ея для тѣхъ или другихъ цѣлей. Вода, пригодная для орошенія и даже полезная для культуръ, можетъ быть совершенно непригодна и даже вредна для питья, какъ, на-примѣръ, воды содержащія азотистыя вещества. Наоборотъ, воды, полезныя для человѣческаго организма, на-примѣръ, сильно минерализованныя, не пригодны для орошенія.

Свойства, которыми должна обладать вода годная для питья, не опредѣлены съ достаточною точностью, и при оцѣнкѣ воды, годной для этой цѣли, въ большинствѣ случаевъ руководствовались раньше едва ли не исключительно вкусомъ, который много зависитъ отъ привычки, воспитанія, культурности и т. п. Одни лица предпочитаютъ употребленіе мягкой воды, многія же находятъ весьма пріятною для питья жесткую воду, даже съ содержаніемъ азотнокислыхъ и сѣрно-кислыхъ солей (иногда содержаніе органическихъ веществъ придаетъ водѣ особый вкусъ, благодаря которому эта вода предпочитается чистой), и увѣрены, что будутъ не въ состояніи продолжительное время употреблять мягкую, почти химически чистую воду.

Въ настоящее время вопросъ о годности воды разрабатывается научно и на основаніи имѣющихся данныхъ отъ питьевой воды, а также отъ воды, употребляемой для водопоя скота, нужно требовать прежде всего, чтобы она была свободна отъ всякаго запаха и посторонняго привкуса отъ вредныхъ минеральныхъ примѣсей, отъ присутствія органическихъ примѣсей, отъ болѣзнетворныхъ бактерій, была прозрачна и безцвѣтна.

Она должна содержать извѣстное количество плотныхъ веществъ, но не болѣе, чѣмъ 0,1 до 0,5 грам. на литръ. Эти плотныя вещества (соли щелочныхъ земель) придаютъ водѣ особыя свойства, которыя обозначаются названіемъ жесткости. При большомъ содержаніи этихъ веществъ (при большой жесткости) вода при выпариваніи даетъ большой осадокъ (накипь), при мытьѣ требуется большее количество мыла, чѣмъ при водѣ съ меньшимъ содержаніемъ этихъ веществъ (болѣе мягкой), при варкѣ овощей, послѣднія размягчаются только съ трудомъ, или даже становятся тверже.

Химическій составъ и температура воды должна оста-

ваться въ теченіе всего года, по возможности постоянными, причемъ температура воды не должна быть ни слишкомъ низкая, ни слишкомъ высокая, а именно между $+6^{\circ}$ и $+12^{\circ}$ С.

Вода должна быть достаточно насыщена газами (углекислотою и кислородомъ), такъ какъ вода, лишенная ихъ, безвкусна. Вода, пригодная для питья, не должна содержать менѣе 30 куб. сант. газовъ на литръ.

Спеціалистами по водоснабженію часто даются признаки для отличія различныхъ качествъ воды, часто влекуція однако къ крупнымъ ошибкамъ. Таково мнѣніе, что на первомъ мѣстѣ, по годности для питья, стоитъ ключевая вода, такъ какъ она въ большинствѣ случаевъ безцвѣтна, прозрачна, содержитъ мало органическихъ веществъ и составъ и температура ея мало измѣняются втеченіе года. Затѣмъ по порядку слѣдуетъ вода изъ глубокихъ колодцевъ и вообще изъ глубокихъ слоевъ почвы, надземная вода гористыхъ мѣстностей, вода озерная, рѣчная и т. д. Дождевую и надземную воду воздѣланныхъ мѣстностей слѣдуетъ считать сомнительной годности, а воду рѣкъ, загрязненныхъ сточными водами городовъ, и воду неглубокихъ колодцевъ слѣдуетъ даже считать опасными для питья.

Второе, часто выказываемое, мнѣніе, что получаемая изъ достаточныхъ глубинъ (отъ 30 метровъ) грунтовая вода является безукоризненной во всѣхъ случаяхъ. Съ этимъ мнѣніемъ связано дѣлаемое въ послѣднее время нѣкоторыми лицами различіе между качествами воды первого и второго грунтового горизонта.

Подобныя опредѣленія не могутъ имѣть общаго характера, такъ какъ обстоятельства складываются весьма различно въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Между сотнями ключей или грунтовыхъ потоковъ едва ли насчитывается два или три, которые находятся при одинаковыхъ условіяхъ. Физическія и химическія свойства источниковъ поэтому различны въ большинствѣ случаевъ. Часто при одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ вода одного источника совершенно непригодна къ употребленію, тогда какъ другая, послѣ надлежащаго фильтрованія, можетъ дать отличную питьевую воду.

Испытанію воды должно предшествовать обследованіе

мѣстныхъ условій даннаго водоема, имѣющее цѣлью установить источники возможнаго загрязненія его воды въ настоящемъ и даже будущемъ времени, изслѣдовать пути, по которымъ загрязненія проникаютъ или могутъ проникнуть въ водоемъ, и т. п.

Мѣстный осмотръ и изученіе мѣстныхъ условій имѣютъ прежде всего чрезвычайно важное значеніе для санитарной оцѣнки даннаго водоема въ качествѣ источника водоснабженія. Самые результаты какъ химическаго, такъ и бактериологическаго изслѣдованій воды, предназначенной для цѣлей водоснабженія, приобрѣтаютъ въ большинствѣ случаевъ опредѣленную цѣнность и получаютъ смыслъ лишь на ряду съ данными обслѣдованія мѣстныхъ условій того источника, изъ котораго была взята вода для изслѣдованія.

Для общаго руководства при систематическомъ описаніи мѣстныхъ условій источниковъ водоснабженія могутъ быть предложены двѣ слѣдующія примѣрные программы-схемы *).

Схема обслѣдованія колодцевъ.

а) Глубина уровня воды въ колодцѣ отъ поверхности почвы: остается ли уровень воды въ колодцѣ постояннымъ втеченіе года или онъ подверженъ колебаніямъ; не наблюдается ли колебанія уровня воды въ колодцѣ въ періодъ дождей и паводковъ?

б) составъ, геологическое строеніе почвенныхъ слоевъ, какъ тѣхъ, въ которыхъ лежитъ уровень воды, такъ и вышележащихъ, черезъ которые, при извѣстныхъ условіяхъ, можетъ проникать (фильтроваться) вода съ поверхности почвы въ колодезь;

в) родъ колодца (обыкновенный, шахтный или трубчатый): если колодезь обыкновеннаго типа, необходимо отмѣтить матеріалъ, изъ котораго выложены его стѣнки (дерево—какое именно,—кирпичъ, камень, цементъ, известка и т. д.) и способъ полученія воды (багоръ, журавль, валь, ручной насосъ и т. п.);

*) Dost u. Hilgermann.

г) мѣстоположеніе колодца и покрытіе его: находится ли колодець въ низинѣ, на скатѣ холма и т. д., въ полѣ, на лугу, въ лѣсу, во дворѣ усадьбы и т. д.; имѣется ли покрытіе, которое гарантировало бы колодезь отъ проникновенія въ него воды непосредственно съ поверхности почвы; устроенъ ли срубъ (высота его надъ поверхностью почвы, есть ли слой глины между срубомъ и материкомъ, есть ли скатъ отъ сруба во всѣ стороны)?

д) количество ежедневно расходуемой воды колодца; не наблюдается ли пониженія уровня воды въ колодцѣ въ зависимости отъ количества добываемой ежедневно воды;

е) качество воды въ колодцѣ; внѣшній видъ, вкусъ, запахъ, температура; не замѣчается ли измѣненіе физическихъ свойствъ воды втеченіе года (въ особенности рѣзкія измѣненія прозрачности ея и температуры)?

ж) окружающая колодезь мѣстность: не имѣется ли по близости отъ колодца отхожихъ мѣстъ, выгребныхъ ямъ, поглощающихъ колодцевъ, канавъ для стоковъ, навозныхъ кучъ, стойлъ для скота, фабрикъ, заводовъ и другихъ аналогичныхъ источниковъ возможнаго загрязненія его воды?

Чтобы установить непосредственную связь даннаго колодца съ предполагаемымъ источникомъ загрязненія, обычно прибѣгаютъ къ помощи подробнаго физико-химическаго изслѣдованія воды колодца, а иногда также и самой почвы, при чемъ пробы послѣдней отбираются съ различной глубины.

При испытаніи возможности сообщенія водъ помощью флуоресцеина, удобно производить изслѣдованіе по способу Майерхофера, позволяющему обнаруживать присутствіе флуоресцеина въ значительномъ разведеніи (одна часть на 4,000,000,000 частей воды).

По этому способу къ 4 литрамъ испытуемой воды, въ которой ожидается появленіе флуоресцеина, прибавляютъ около 0,1—0,2 граммовъ мельчайшаго порошка костяного угля, воду взбалтываютъ втеченіе $\frac{1}{4}$ часа, и, давъ порошку осѣсть на дно, собираютъ его на небольшомъ бумажномъ фильтрѣ. Высушивъ фильтръ, извлекаютъ изъ него алкоголемъ флуо-

ресцеинъ и къ полученной алкогольной вытяжкѣ прибавляютъ нѣсколько капель щелочи. Присутствіе въ жидкости флуоресцирующаго зеленаго окрашиванія, наблюдаемаго съ помощью обыкновенной луны, указываетъ на присутствіе въ ней флуоресцеина.

Схема обслѣдованія родниковъ.

а) Мѣстоположеніе родника и характеръ окружающей его мѣстности; лѣсъ, поле, лугъ, разстояніе отъ ближайшей рѣки и т. п.;

б) имѣется ли каптажъ, какъ и изъ какого матеріала онъ построенъ;

в) геологическое строеніе почвенныхъ слоевъ, питающихъ родникъ;

г) дебетъ воды въ родникѣ: остается ли количество воды въ родникѣ постояннымъ или оно колеблется по временамъ года, въ зависимости отъ атмосферныхъ осадковъ и т. п.;

д) качество воды: прозрачность, вкусъ, запахъ, температура; не наблюдается ли по временамъ появленія въ водѣ (обычно совершенно прозрачной) мути?

Изслѣдованіе воды на основаніи ея физическихъ свойствъ.

Испытаніе воды на вкусъ производится при температурѣ воды 15—20° С., такъ какъ при низшей температурѣ возможна ошибка. Это испытаніе доставляетъ вообще мало данныхъ, за исключеніемъ развѣ тѣхъ случаевъ, когда имѣемъ дѣло съ солеными или сходными съ ними водами, съ водами сильно желѣзистыми или такими, которыя содержатъ посторонніе газы. Вода, бѣдная углекислотой, обладаетъ въ большинствѣ случаевъ непріятнымъ вкусомъ.

Прозрачность и безцвѣтность воды опредѣляется сравненіемъ цвѣта столбовъ воды въ двухъ пробиркахъ. Въ одну изъ нихъ наливается дистиллированная вода, а въ другую

изслѣдуемая. Подкладывая подъ пробирки бѣлую бумагу наблюдаютъ сверху оттѣнокъ мениска воды въ пробиркахъ. Вода считается совершенно прозрачною, если въ пробиркѣ, длиною въ 30 сант., не будетъ замѣтно простымъ глазомъ никакой примѣси.

При видимомъ присутствіи взвѣшенныхъ веществъ, характеръ ихъ опредѣляется при отстаиваніи въ бутылкѣ, при чемъ замѣчается, какъ характеръ осадка, такъ и скорость его осѣданія.

Присутствіе въ водѣ нѣкоторыхъ растворенныхъ газовъ, а также органическихъ веществъ, возможно часто обнаружить при помощи обонянія, чувства настолько развито у человѣка, что по запаху воды возможно опредѣленіе летучихъ веществъ съ большею достовѣрностію, чѣмъ то въ состояніи сдѣлать химическій анализъ. При испытаніи воду подогрѣваютъ отъ 40°—60° въ склянкѣ съ широкимъ горломъ и взбалтываютъ, гнилостный запахъ указываетъ на присутствіе амміачныхъ солей.

Запахъ тухлыхъ яицъ указываетъ на присутствіе сѣроводорода. Такая вода, при храненіи ея въ водоемахъ, въ значительной степени теряетъ этотъ газъ въ воздухъ и можетъ сдѣлаться пригодною для питья. Если вода пахнетъ сѣроводородомъ и желаютъ узнать, не содержитъ ли она какого либо другого запаха, для устраненія сѣроводорода прибавляютъ къ водѣ растворъ сѣрнокислой мѣди (мѣдный купоросъ). Вышеупомянутое явленіе улучшенія качества можетъ быть также съ водою, богатою желѣзомъ, выдѣляющимся при стояніи воды.

Во многихъ же случаяхъ, наоборотъ, первоначально чистая вода, по истеченіи нѣкотораго времени дѣйствія колодца измѣняется къ худшему, такъ какъ пониженіе уровня воды въ водоносномъ слоѣ образуетъ такія теченія, которыя не могли образоваться въ водоносномъ слоѣ до нарушенія равновѣсія эксплуатаціей колодца.

Вопросъ о химическомъ анализѣ воды нами не затрагивается.

Опредѣленіе притока воды.

Послѣ опредѣленія пригодности воды, возникаетъ вопросъ о томъ, доставить ли найденный источникъ необходимое количество воды. При рѣшеніи этого вопроса нужна большая осторожность, такъ какъ часто точныя данныя о производительности могутъ быть получены только послѣ устройства всего сборнаго сооруженія, тѣмъ болѣе, что количество воды въ источникахъ подвержено значительнымъ колебаніямъ. Нѣтъ ни одного источника, который бы въ этомъ отношеніи отличался совершеннымъ постоянствомъ. Постоянство ихъ обуславливается областью осадковъ, питающихъ источникъ, мощностью и глубиною залеганія водоноснаго пласта, которыя регулируютъ притокъ воды къ источнику, главнымъ же образомъ—величиною приводящихъ воду каналовъ. Если эти каналы слишкомъ велики, то поглощенная почвою вода быстро подводится къ источнику, а подземный резервуаръ его или остается безъ запаса или запасы получаемые имъ ничтожны. Въ такихъ случаяхъ при продолжительной засухѣ производительность ключа можетъ уменьшиться до нуля.

Примѣчаніе. Многочисленныя наблюденія показываютъ, что производительность источниковъ, а также уровень воды грунтовыхъ колодцевъ измѣняется въ зависимости отъ измѣненія давленія атмосферы. При быстромъ и сильномъ пониженіи барометрическаго давленія количество воды въ источникахъ и колодцахъ увеличивается. Это явленіе замѣчено уже давно, такъ что первыя подробныя описанія его были даны еще въ XVIII столѣтіи. Оно объясняется весьма медленнымъ уравниваніемъ давленія подпочвенной влаги съ давленіемъ внѣшней атмосферы. Это происходитъ вслѣдствіе значительнаго сопротивленія движенію воздуха, содержащагося въ пористыхъ породахъ по близости грунтовыхъ водъ и сопротивленія воздуха, раствореннаго въ самой водѣ. Поэтому, когда надъ выходнымъ отверстіемъ источника или колодца пони-

жается давленіе, въ тоже самое время внутри пѣчвы остается еще прежнее, болѣе высокое давленіе, которое и вызываетъ увеличеніе притока. При повышеніи барометрическаго давленія происходитъ обратное явленіе, т. е. уменьшеніе притока источника. Измѣненіе высоты ртутнаго барометра въ 1 дюймъ соотвѣтствуетъ приблизительно одному футу водяного столба. Очевидно, что такая величина вполне достаточна для замѣтнаго вліянія на производительность колодцевъ и источниковъ.

Надо замѣтить, что принятое обыкновенно правило опредѣленія притока воды, проектируемаго колодца умноженіемъ количества ведеръ, полученнаго при откачкѣ воды изъ скважины, на геометрическое отношеніе площадей сѣченія колодца и скважины, — ошибочно, такъ какъ этотъ притокъ зависитъ главнымъ образомъ отъ области питанія даннаго колодца, почти одинаковой и у колодца и у скважины, и съ увеличеніемъ площади колодца мало измѣняющейся. Слѣдуетъ замѣтить, что совершенно напрасно рытье двухъ близколежащихъ колодцевъ для увеличенія притока воды. Въ этомъ случаѣ увеличивается лишь общій запасъ воды въ колодцахъ, но не ихъ годовая продуктивность, зависящая только отъ сферы дѣйствія колодца.

Практическое опредѣленіе притока воды.

Оно производится пробною откачкою изъ буровой скважины, по которой судятъ о будущей производительности колодца. Опытомъ установлено, что состояніе равновѣсія при расходѣ воды наступаетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ крупнѣе матеріаль водоноснаго слоя и обратно. Поэтому при опредѣленіи производительности грунтоваго потока откачиваніе должно производиться тѣмъ продолжительнѣе, чѣмъ мельче матеріаль водоноснаго слоя и обратно.

При этомъ рѣдко можно рассчитывать на продолжительное полученіе воды въ количествѣ, соотвѣтствующемъ результатамъ сравнительно кратковременныхъ испытаній, когда

не можетъ еще установиться извѣстное состояніе равновѣсія. При такихъ испытаніяхъ вѣрнѣе принимать постоянную производительность только въ $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{4}$ полученной, если, конечно, мы не имѣемъ дѣла съ неисчерпаемыми, до нѣкоторой степени, запасами воды, вродѣ запаса въ большихъ рѣчныхъ долинахъ. Здѣсь надо упомянуть о томъ, что откачку удобнѣе всего производить въ февралѣ или мартѣ, такъ какъ въ эти мѣсяца количество воды водоноснаго горизонта наименьшее. Конечно это относится къ горизонтамъ съ близкою областью питанія. При отдаленной области питанія наибольшее количество воды можетъ быть наоборотъ у испытываемаго пункта въ февралѣ и мартѣ.

Притокъ воды въ скважинѣ пропорціоналенъ глубинѣ откачки, считая ее отъ установившагося уровня, почему, говоря о количествѣ воды, которое можетъ дать скважина, надо всегда указывать, на какой глубинѣ производится откачиваніе. Откачка воды производится при помощи желонки. На веревкѣ, къ которой привязана послѣдняя, дѣлается мѣтка: между прядями закладывается пруть или тряпка, до которыхъ должна опускаться веревка съ желонкою. При такихъ условіяхъ откачиваніе происходитъ съ одной и той же глубины, мѣнять которую во время откачки недопустимо. Глубина откачки равна разстоянію дна желонки до мѣтки, уменьшенному на нѣкоторую величину. Эта величина равна высотѣ кольцевого столба воды въ скважинѣ, окружающаго желонку до окошечка. Дно желонки замазывается глиною и погружаютъ ее въ воду. Вода черезъ верхнее окошечко вливается въ желонку, которую вынимаютъ, повторяя это нѣсколько разъ. Затѣмъ опускаютъ веревку до мѣтки. Если притокъ значителенъ, то желонка быстро наполняется, при слабомъ же притокѣ погруженную желонку приходится держать болѣе или менѣе продолжительное время, втеченіе котораго протекающая въ скважину вода, булькая, вливается въ желонку. Послѣ наполненія желонки водою, что узнается по замирающему характерному звуку, вынимаютъ ее, замѣчая точно моментъ наполненія.

Вынутую желонку опоражниваютъ и вновь опускаютъ до мѣтки. Накопившаяся за это время въ скважинѣ вода вто-

рично наполняет желонку, причемъ моментъ наполненія также замѣчается. При хорошо произведенныхъ измѣреніяхъ промежутки между двумя моментами наполненія желонки оказываются всегда равными.

При слабомъ притока воды къ скважинѣ желонка можетъ быть вынута раньше времени, такъ какъ въ этомъ случаѣ замѣчается болѣе слабое бульканье. Тогда опускаютъ желонку обратно въ скважину, повторяя эту операцію до тѣхъ поръ, пока желонка не наполнится. Притокъ воды въ желонкахъ въ 1 минуту мы получимъ, раздѣливъ 60 на время наполненія одной желонки, выраженное въ секундахъ.

При опредѣленіи притока помощью откачиванія воды особымъ насосомъ, измѣряютъ ведромъ выкаченную воду и опредѣляютъ въ какое время поднимается вода до первоначальнаго уровня. Такъ, если взято изъ скважины 3 ведра, а черезъ 30 минутъ вода стала на прежнемъ уровнѣ, притокъ воды въ часъ равенъ $3 \times 60 : 30 = 6$ вед.

Опредѣленіе это дѣлается аккуратно и производится нѣсколько разъ, причемъ потомъ берется средній результатъ.

Кромѣ этихъ двухъ способовъ существуетъ еще слѣдующіе:

1) въ скважину наливается опредѣленное количество воды А и замѣчается число минутъ В, до того момента, когда повысившійся уровень воды упадетъ до первоначальнаго, вслѣдствіе поглощенія прилитой воды водоноснымъ слоемъ.

Тогда притокъ въ часъ: $M = (A : B) \times 60$.

Способъ этотъ точно также требуетъ аккуратности, неоднократнаго опредѣленія количества вливаемой воды и необходимаго для поглощенія ея времени.

2) Пройдя водоносный горизонтъ осаживаютъ трубы вплоть до подстилающаго водоупornaго пласта. Откачиваютъ всю воду, заключающуюся въ трубахъ, а затѣмъ приподнимаютъ трубы, и опредѣляютъ, въ какое время грунтовая вода поднимается до постояннаго уровня.

3) Въмѣсто измѣренія количества воды ведрами, опредѣляютъ объемъ по столбу воды въ скважинѣ (по разности горизонтовъ и площади отверстія трубы).

Дополненіе.

Спеціальныя изслѣдованія мѣстностей (участковъ).

Эти изысканія имѣютъ цѣлью опредѣленіе водообеспеченности участковъ, намѣченныхъ для заселенія, или выясненіе воднаго хозяйства участковъ уже заселенныхъ. Площадь, избираемая подъ поселокъ, должна, съ точки зрѣнія лучшей водообеспеченности, удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1) Если на участкѣ имѣются открытыя, годныя для водопоя, воды или оврагъ, который въ будущемъ можетъ быть использованъ для водохранилища, то площадь подъ поселокъ намѣчается вблизи этихъ мѣстъ, но не у самыхъ водоемовъ, во избѣжаніе будущаго загрязненія послѣднихъ.

2) Подземныя воды должны залегать на доступной глубинѣ, но по санитарнымъ соображеніямъ, не слишкомъ близко (не менѣе 1 саж.) отъ поверхности земли.

3) Площадь не должна затопляться весенними и дождевыми водами.

Для изысканій необходимъ плановой матеріалъ и опредѣленные указанія: о предполагаемыхъ размѣрахъ участковъ, числѣ душъ (дворовъ) и о желательныхъ вариантахъ пунктовъ поселеній. Для опредѣленія количества необходимой для поселка воды, можно руководствоваться слѣдующими нормами суточнаго расхода воды на одинъ дворъ.

1) Для семьи изъ 6 человѣкъ, считая на каждого	
2 ведра	12 вед,
2) для десяти головъ лошадей и крупнаго рогатаго скота по 3 ведра	30 вед,
3) для десяти головъ мелкаго скота по 0,8 вед.	8 вед.
4) Для поливки огородовъ (10 кв. с.).	10 вед.
Всего на одинъ дворъ.	60 вед.

Если имѣющіеся на участкѣ естественные водоемы не могутъ, по тѣмъ или инымъ соображеніямъ, обезпечить будущаго поселенія питьевой водой и водопоемъ, а существующіе колодцы (копани) недостаточно выясняютъ условія водоснабженія поселка колодцами, приступаютъ къ буровому изслѣдованію намѣченной площади. При этомъ въ планъ изслѣдованія вводятся всѣ ближайшіе естественные и искусственные (колодцы) выходы подземныхъ водъ.

Планъ мелкобуровыхъ изысканій складывается въ зависимости отъ рельефа площади, предназначенной подъ участки и поселки. Эти площади можно по рельефу раздѣлить на два типа. I типъ представляетъ гладкія или пересѣченные невысокими гривками равнины. Эти лишеныя вѣшнихъ стоковъ равнины имѣютъ мелкія впадины, съ небольшими водосборами; впадины эти заняты озерами или сѣнокосными угодіями. Въ годы съ малымъ количествомъ осадковъ равнины сухи. Этотъ типъ встрѣчается на водораздѣльныхъ пространствахъ. II типъ представляетъ плато со скатомъ къ какому нибудь крупному пониженію (долина, рѣки, озера), къ которому направляются балки и овраги прорѣзающіе плато.

На участкахъ обоихъ типовъ, предварительныя постановки детальной буровой развѣдки, необходимо проведеніе рекогносцировочныхъ скважинъ въ тѣхъ пунктахъ, которые по комбинаціи благоприятныхъ условій, наиболѣе останавливаютъ вниманіе гидротехника. Рекогносцировочныя скважины должны быть приурочены къ возможно пониженнымъ пунктамъ и доведены до предѣльной (для даннаго бура) глубины. Буреніе не прекращается и въ случаѣ нахожденія водъ удовлетворительнаго качества на глубинѣ менѣе предѣльной. При благоприятныхъ результатахъ рекогносцировочнаго буренія оно вводится въ сѣть развѣдочнаго буренія необходимой подъ поселокъ площади. При этомъ на площади 1-го типа контуры расположенія пунктовъ поселенія могутъ быть легко измѣнены, въ зависимости отъ результатовъ буренія (въ случаѣ, напр., пестроты водъ).

На площади 2-го типа пунктъ для поселенія приходится обыкновенно вытягивать вдоль рѣчной долины, балки, оврага, озера, чтобы не слишкомъ затруднять верхнія усадьбы въ

пользованіи колодезными водами. Такимъ образомъ развѣдка на участкахъ 2-го типа ведется съѣтъю на наиболѣе пониженной площади параллельно и перпендикулярно оврагу, по обѣ стороны его.

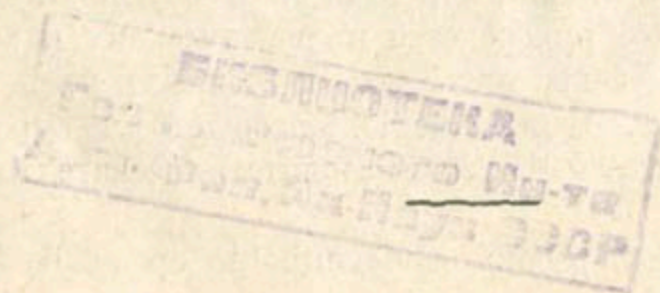
Въ случаѣ полученія однообразныхъ данныхъ, развѣдочное буреніе должно являться окончательнымъ, въ противномъ случаѣ, между основными, развѣдочными, задаются промежуточные скважины.

При развѣдочномъ буреніи необходимо прежде всего выясненіе горизонтальнаго распространенія, характера залеганія и мощности водоноснаго горизонта. Поэтому при однообразныхъ условіяхъ залеганія по крайней мѣрѣ 3 скважины должны быть опущены до предѣльной длины бура. Прочія могутъ быть доведены до погруженія въ водоносный горизонтъ на 1 метръ. Число же скважинъ должно опредѣляться необходимостью, не быть чрезмѣрнымъ, но вполнѣ достаточнымъ для полнаго выясненія заданныхъ вопросовъ водоснабженія.

Источники, которыми пользовался авторъ.

1. Проф. Бунге. Химическая технологія воды.
2. Бѣльскій. Сельско-хозяйственная гидротехника.
3. И. Н. Глушковъ. Руководство къ буренію скважинъ.
4. П. К. Граціановъ, агрономъ. О значеніи и мѣрахъ накопленія снѣга на поляхъ и задержанія зимнихъ осадковъ.
5. Г. У. З. и З. Инструкція для производства гидротехническихъ работъ.
6. Проф. Dost u. Hilgermann, переводъ Андреева, инж. химика. Практическое руководство къ физическому и химическому изслѣдованію питьевыхъ и сточныхъ водъ.
7. Проф. А. К. Еншъ. Водоснабженіе. Матеріалы для курса, читаннаго студентамъ Рижскаго Политехническаго Института.
8. Жилинскій. Очеркъ работъ экспедиціи по орошенію на югѣ Россіи и Кавказѣ.

9. Инженеръ Ф. Г. Зброжекъ. Осушеніе и орошеніе земель.
10. Иванчинъ-Писаревъ. Какъ находить воду и устраивать колодцы.
11. Кейльгакъ. Практическая геологія.
12. Горн. инж. И. А. Корзухинъ. Мѣсторожденія и развѣдка полезныхъ ископаемыхъ.
13. Горн. инж. Краснопольскій. Грунтовые и артезіанскіе колодцы.
14. І. Д. Лукашевичъ. Неорганическая жизнь земли.
15. Проф. Люгеръ. Водоснабженіе городовъ.
16. Проф. Мушкетовъ. Физическая геологія.
17. Инж. А. Э. Маттисенъ. Рукопись. Инструкція для буровыхъ мастеровъ Саратовскаго Отдѣленія Крестьянскаго Поземельнаго Банка.
18. Старшій геологъ С. Н. Никитинъ. Грунтовые и артезіанскія воды русской равнины (4 лекціи).
19. Докторъ Ольмюллеръ. Анализъ воды.
20. Понсетъ-де-Сандонъ. Круговоротъ воды въ природѣ и водное хозяйство.
21. Инж. Спарро и инж. Дубахъ. Осушеніе болотъ открытыми канавами.
22. Инж. Спарро. Пособіе для сельскаго водоснабженія.
23. Charles S. Slichter. Переводъ Стопневича. Подземныя воды.
24. Инж. Пут. Сообщ. и Инж. Технологъ Л. Л. Элькинъ. Загрязненіе источниковъ воды.
25. Г. Франціусъ. Директоръ морскихъ гаваней въ г. Килѣ. Способы нахожденія подпочвенной воды. Переводъ И. М. Петрункевича. СПБ. 1910 г.
26. Dr. med. Karl Opitz. Brunnenhygiene. Anleitung zum Bau gesundheitlich einwandfreier Brunnen. 1910 г. Berlin.



ОГЛАВЛЕНИЕ.

ПРЕДИСЛОВІЕ	СТР. II
ВВЕДЕНІЕ	
Вода въ природѣ. Круговоротъ ея. Метеорологія, гидрологія, гидрогеологія	
СТРОЕНІЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ.	
Горныя породы: простыя, сложныя, вулканическія и не- туническія	
Залеганіе породъ.	3
Характеръ залеганія породъ осадочныхъ и извержен- ныхъ. Согласное и несогласное напластованіе горныхъ по- родъ. Дислокація свиты пластовъ. Обросы и взбросы. На- пластованія волнистыя, синклинальныя, антиклинальныя, вѣрообразныя и обратновѣрообразныя. Простираніе и па- деніе пластовъ	
	4
Опредѣленіе геологическихъ границъ.	
Изученіе обнаженій естественныхъ и искусственныхъ. Заложеніе пробныхъ колодезѣй и скважинъ. Осложненіе буро- вого изслѣдованія	
	11
Осадочныя и обломочныя породы.	
Вывѣтриваніе. Представители осадочныхъ породъ. Гли- нистыя породы, известняки. Представители обломочныхъ породъ: рыхлыя и цементированныя породы. Насосы. Дилю- віальныя и аллювіальныя образованія	
	16
ПОДЗЕМНЫЯ ВОДЫ	23
Атмосферныя осадки.	
Стокъ, испаренія и поглощеніе воды атмосферныхъ осад- ковъ. Источники питанія подземныхъ водъ	
	24
Влажность породъ.	
Пористость породъ. Водопроницаемость. Водопроницаемыя и водонепроницаемыя породы. Высокая капиллярная пори- стость глины. Породы относительно проницаемыя и одно- родно-проницаемыя	
	25

Классификація породъ по водопроницаемости ихъ	
Водопоглощеніе.	
Воды вадозныя и ювенильныя. Гипотеза Фольгера. Уровень грунтовыхъ водъ. Глубокіе водоносные горизонты . .	
Испаряемость воды.	
Испареніе черезъ посредство растений, испареніе воды съ земной поверхности	
Стокъ воды.	
Движеніе воды по поверхности земли съ почвою водопроницаемой и водонепроницаемой	
Глубина залеганія грунтовыхъ водъ	
Движеніе подземныхъ водъ и водоносныя породы.	
Зоны залеганія грунтовыхъ водъ: свойства глубокихъ водныхъ горизонтовъ. Активная, пассивная и застойная части верхняго водоноснаго горизонта	
Скорость теченія подземныхъ водъ и способы ея опредѣленія.	
Индикаторы движенія подземныхъ водъ	
Методъ Марбутена	
Способъ Шлихтера.	
Опредѣленіе скорости движенія грунтовыхъ водъ по способу Шлихтера	
Источники (ключи, родники, колодцы). Нисходящіе источники. Восходящіе источники. Гейзеры, перемежающіе и артезіанскіе источники. Условія отъ которыхъ зависитъ образованіе артезіанскаго бассейна. Схематическое изображеніе различныхъ условій залеганія грунтовыхъ водъ. Признаки, характеризующіе присутствіе или отсутствіе источниковъ .	
Изученіе и отыскиваніе подземныхъ водъ.	
Графическое изображеніе результатовъ наблюденія при помощи гидроизогипсѣ (линій, соединяющихъ пункты съ одинаковою высотой уровня подпочвенныхъ водъ). Неправильности въ залеганіи горизонта грунтовыхъ водъ . . .	
Способъ нахожденія подпочвенныхъ водъ при помощи „водоуказателя“ (прутика).	
Автоматическій указатель	
Свойства воды, опредѣляющія ея пригодность	
Схема обслѣдованія колодцевъ. Схема обслѣдованія родниковъ .	
Изслѣдованіе воды на основаніи ея физическихъ свойствъ . . .	
Опредѣленіе протока воды	
Дополненіе. Специальное изслѣдованіе мѣстностей (участковъ) . .	
Источники, которыми пользовался авторъ	

- Атласъ по лѣсной статистикѣ.** Н. Кармисса, 1
Спб. 1885 г. Ц. 2 р.
- Лѣсная таксація.** Пособіе для лѣсничихъ, лѣсовлад-
сопромышленниковъ. Сост. А. Р.
соръ Спб. Лѣсного института. 4-е изд., посмертное, сопр. второе
и дополненіе ное десятию таблицами и указаніемъ способа произ-
водства анализа древеснаго ствола, ревизіон. Лѣсоустройства
В. И. Станк. нчемъ съ 7-ю рисунками. Спб. 1909 г. Ц. 3 р. въ
перепл. 3 р. 75 к. (Новое изданіе печатается и выйдетъ въ 1914 г.).
- Двадцать пять формулъ Прессле-ра** для вычисленія древе-
снаго прироста и лѣсной
прир. бур. Пев. съ нѣм. В. Ольшескій Спб. 1875 г. Ц. 75 к.
- Оцѣнка дѣйствующихъ въ лѣсахъ капиталовъ и дѣсти-
тельныхъ ими результатовъ.** О. А. Арнольда (был. ди-
ректоръ Петрозек. Землед. и
Лѣс. Академія). Спб. 1884 г. Ц. 3 р., въ перепл. 3 р. 75 к.
- Изъ русскихъ лѣсовъ.** В. Добровольскаго. Спб. 1888 г. Ц. 1 р.
- Краткій очеркъ лѣсной промышленности и торговли
лѣсомъ** въ Россіи и въ важнѣйш. иностран. госуд. Сост. Б. Мор-
зовскій. Спб. 1900 г. Ц. 2 р. 50 к.
- Руководство къ устройству русскихъ лѣсовъ.** Сост. А.
Рудк.
Изд. 3-е, посмертное. Съ 12 рис. планомъ лѣсонасажденій лѣсной
дачи и портретомъ. Дополненное изд. дѣйств. нчими нстру-
ціями, съ соответствующимъ измѣненіемъ примѣрнаго план-
хозяйства. ассистентомъ Лѣсного института, В. И. Сиданкевичъ
Спб. 1906 г. Ц. 3 р. 50 к., въ пер. 4 р. 25 к.
- Хвойныя древесныя породы** съ болѣе подробнѣе обзоромъ
видовъ, зимующихъ въ грунтъ въ
среда в Европѣ. Введеніе къ познанію хвойныхъ древесныхъ по-
родъ для лѣсничихъ, обитателей лѣсныхъ хозяйствъ и
лѣсовъ. Съ 169 рис. Проф. д-ра С. фонъ Тюбига. Пер. съ
разрѣш. автор. Г. Коркушко. и М. И. Погова, общ. ред. проф.
В. Хмельевскаго. Спб. 1902 г. Ц. 3 р.
- Горныя лѣса Туркестана** и значеніе ихъ для воднаго хозяйства
края. Работы по облѣсненію горныхъ
склоновъ: цѣлью прекращенія силевыхъ потоповъ. Сост. С. Фа-
неръ. Съ 10 фототипіями и приложеніемъ опытныхъ урочныхъ
нормъ на лѣсокультурныя работы. Спб. 1901 г. Ц. 2 р.
- Краткое руководство по лѣсной технологіи.** Сост. А. Мах-
мулинъ, пре-
подаватель Черномѣрской лѣсн. школы. Съ 76 рис. въ текстѣ Спб.
1911 г. Ц. 1 р. 20 к.
- Практическій опредѣлитель породъ** главнѣйшихъ древес-
ныхъ породъ Евро-
пейской Россіи (за исключеніемъ Крыма и Кавказа). Пособіе для
студентовъ и лѣсниковъ. Сост. П. Спесивцевъ, ассистентъ по каз.
зоологіи при Имѣ Лѣсн. Инст. Спб. 1912 г. Ц. 1 р. 40 к.
- Курсъ русскаго лѣсного законодательства.** Сост. М. Рома-
новскій. Спб.
1881 г. Ц. 2 р. 50 к., въ перепл. 3 р. 25 к.